

# **PROPOSTA DE SOLUÇÕES PARA COMBATER A POBREZA ENERGÉTICA EM PORTUGAL**

**CRISTIANNA TENÓRIO MAGALHÃES CARNAÚBA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM MESTRADO EM PROJETO  
INTEGRADO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

---

Orientadora: Professora Doutora Ana Sofia Moreira dos Santos  
Guimarães Teixeira

JULHO DE 2023

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Ao meu pai, com todo o meu amor.



## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe, meus irmãos Marianna e Yonas Jr. e minha sobrinha Liz, por todo amor e apoio. Obrigada por sempre me incentivarem a ir em busca dos meus sonhos.

À minha querida cunhada Yanne, sempre atenciosa. Ao meu cunhado Rafael e minha doce Mamá.

À minha família, por todo o carinho.

À minha orientadora, Professora Ana Sofia Guimarães, pela generosidade, confiança e disponibilidade na construção deste trabalho. E ao Professor Antônio Eduardo Costa, pela cooperação com os sensores.

Aos amigos Lavínia Vasconcelos e Luiz Felipe Brandão, que sempre me apoiam e encorajam.

À amiga Vanessa Nascimento, que esteve comigo nesta jornada nem sempre fácil da vida longe de casa.

Aos queridos Fernando Giovanini, pela ajuda e incentivo, e Pedro Holanda, pela parceria durante todo o curso.

Ao apoio dado pela Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia (subsídio PTDC/EME-REN/3460/2021).

Por fim, agradeço imensamente pela disponibilidade e acolhida da família (sugiro colocar o sobrenome da família caso não seja, por algum motivo, confidencial) que abriu sua casa para a realização deste estudo.



## **RESUMO**

O clima ameno e ensolarado de Portugal não impede que a população sinta desconforto térmico no interior de suas casas. Os baixos rendimentos médios e os altos índices da população que vivem com rendimentos mínimos mensais deixam os gastos com melhorias habitacionais em segundo plano. Casas despreparadas para o frio ou calor precisam de compensações com equipamentos elétricos, mas a situação de vulnerabilidade econômica não permite gastos com as faturas de eletricidade. Além da deterioração do parque construído, também há piora na qualidade da saúde e bem-estar dos portugueses, o que caracteriza a realidade da população como situação de Pobreza Energética.

A crise climática e a meta de descarbonização no continente europeu resultaram em leis e regulamentos em nível da União Europeia e países-membros. Até 2050, há muito o que se alcançar em termos de requalificação do parque habitacional. Dessa forma, este trabalho observou que intervenções construtivas podem e devem ser realizadas, mas existe também a possibilidade de melhorar as condições de morar ao se ajustar alguns hábitos rotineiros que diminuirão patologias nas construções e trarão -mais bem-estar sem aumento da fatura nem custos com reformas.

O trabalho verificou que o desenvolvimento de uma metodologia que permita a aferição dos índices interiores de conforto térmico, caracterização social e econômica, estudo dos hábitos domésticos e da construção propriamente dita pode resultar em propostas mais viáveis sob o ponto de vista econômico e adequadas à realidade para que as famílias tenham resultados satisfatórios em curto, médio e longo prazo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pobreza Energética, Eficiência Energética, Reabilitação de Edifícios, Regulamentos Térmicos, Conforto Térmico.



## **ABSTRACT**

Portugal's moderate and sunny climate does not prevent the population from feeling thermal discomfort inside their homes. Low average incomes and high rates of population living on minimum monthly incomes -make spending on housing improvements out of priority. Houses unprepared for cold or heat need to be compensated with electrical equipment, but the situation of economic vulnerability does not allow spending on electricity bills. In addition to the deterioration of the built environment, there is also a worsening in the quality of health and well-being of the Portuguese, which is the reality of the population in a situation of Energy Poverty.

The climate crisis and the goal of decarbonization on the European continent have resulted in laws and regulations at the level of the European Union and member countries. Until 2050 there is much to be achieved in terms of requalification of the housing stock. Thus, the present work observed that constructive interventions can and should be carried out, but there is also the possibility of improving living conditions by adjusting some routine habits that will reduce pathologies in buildings and bring better well-being without increasing the bill or costs with renovations.

The work verified that the development of a methodology that allows the measurement of the interior indices of thermal comfort, social and economic characterization, study of domestic habits and the construction itself can result in more viable proposals from the economic point of view and adequate to the reality of the families that can have satisfactory results in the short, medium, and long term.

**KEYWORDS:** Energy Poverty, Energy Efficiency, Building Rehabilitation, Thermal Regulations, Thermal Comfort.



## ÍNDICE GERAL

|                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| AGRADECIMENTOS .....                                                                        | I         |
| RESUMO .....                                                                                | III       |
| ABSTRACT .....                                                                              | V         |
| <br>                                                                                        |           |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                                  | <b>1</b>  |
| 1.1. ENQUADRAMENTO .....                                                                    | 1         |
| 1.2. PROJETO NÃO MORRER DE FRIO .....                                                       | 4         |
| 1.3. OBJETIVOS .....                                                                        | 5         |
| 1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO .....                                                            | 5         |
| <br>                                                                                        |           |
| <b>2. ESTADO DA ARTE.....</b>                                                               | <b>7</b>  |
| 2.1. ENQUADRAMENTO .....                                                                    | 7         |
| 2.2. FONTES DE ENERGIA E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA .....                                         | 7         |
| 2.3. CONFORTO TÉRMICO E ESTRESSE TÉRMICO .....                                              | 10        |
| 2.4. REGULAMENTOS TÉRMICOS A NÍVEL HABITACIONAL EM PORTUGAL .....                           | 11        |
| 2.5. O SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA NOS EDIFÍCIOS HABITACIONAIS EM PORTUGAL .....     | 16        |
| <br>                                                                                        |           |
| <b>3. POBREZA ENERGÉTICA .....</b>                                                          | <b>21</b> |
| 3.1. HISTORICIDADE NO ÂMBITO EUROPEU.....                                                   | 21        |
| 3.2. POBREZA ENERGÉTICA NO ÂMBITO DA LEGISLAÇÃO EM PORTUGAL .....                           | 29        |
| 3.3. ESTRATÉGIA NACIONAL DE LONGO PRAZO PARA O COMBATE À POBREZA ENERGÉTICA 2022-2050 ..... | 30        |
| <br>                                                                                        |           |
| <b>4. METODOLOGIA DA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO.....</b>                                       | <b>35</b> |
| 4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....                                                            | 35        |
| 4.2 MONITORIZAÇÃO .....                                                                     | 36        |
| 4.3 ESTRATÉGIA DE INTERVENÇÃO.....                                                          | 38        |
| <br>                                                                                        |           |
| <b>5. ESTUDO DE CASO .....</b>                                                              | <b>43</b> |
| 5.1. ENQUADRAMENTO .....                                                                    | 43        |
| 5.2. DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO .....                                                       | 43        |

|                                                                                                      |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>5.3. PESQUISA SOCIAL .....</b>                                                                    | <b>48</b>     |
| <b>5.4. MONITORIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO .....</b>                                      | <b>51</b>     |
| <b>5.5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>                                            | <b>56</b>     |
| <b>5.6. COMPARATIVO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EXISTENTES E PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA.....</b> | <b>57</b>     |
| <b>5.7. CARTILHA DE MELHORIAS .....</b>                                                              | <b>59</b>     |
| <br><b>6. CONCLUSÃO .....</b>                                                                        | <br><b>63</b> |
| <br><b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                                          | <br><b>65</b> |
| <br><b>ANEXOS .....</b>                                                                              | <br><b>I</b>  |
| <b>INQUÉRITO SOCIAL.....</b>                                                                         | <b>I</b>      |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Distribuição dos agregados familiares por escalões de rendimento total do agregado e NUTS II, 2015/2016 [2] (adaptado pela autora)..... | 2  |
| Figura 2 - População residente por grupo etário [3] (adaptado pela autora).....                                                                    | 2  |
| Figura 3 - Mapa EWDI médio para a Europa no período 2010/2011 [4] (adaptado pela autora).....                                                      | 3  |
| Figura 4 – Mapa de localização da região de estudo (adaptado pela autora).....                                                                     | 4  |
| Figura 5 - Mapa do clima de Portugal Continental [5].....                                                                                          | 5  |
| Figura 6 - Consumo de energia primária em Portugal por tipo de fonte [9] (adaptado pela autora).....                                               | 6  |
| Figura 7 - Consumo de energia final por setor da economia – 2018 [11] [12] (adaptado pela autora).....                                             | 10 |
| Figura 8 - Principais regulamentos térmicos entre 1990 e 2023 (elaborado pela autora).....                                                         | 11 |
| Figura 9 - Edifícios por época de construção em Portugal [31] (adaptado pela autora).....                                                          | 16 |
| Figura 10 - Certificados SCE emitidos entre os anos de 2014 e 2022 por classe energética [32] (adaptado pela autora).....                          | 18 |
| Figura 11 - Síntese do capítulo .....                                                                                                              | 19 |
| Figura 12 - Valores de salário mínimo nos países da União Europeia [45] (adaptado pela autora).....                                                | 23 |
| Figura 13 - Preços da eletricidade para os consumidores domésticos no segundo semestre de 2022 [46] (adaptado pela autora).....                    | 23 |
| Figura 14 - Evolução dos preços da eletricidade para os consumidores domésticos, 2008-2022 [46] (adaptado pela autora).....                        | 24 |
| Figura 15 - Preços do gás para os consumidores domésticos no segundo semestre de 2022 [47] (adaptado pela autora).....                             | 24 |
| Figura 16 - Evolução dos preços do gás natural para os consumidores domésticos, 2008-2022 [47] (adaptado pela autora).....                         | 25 |
| Figura 17 – Mapa da incapacidade de manter casas aquecidas em países da Europa [48].....                                                           | 28 |
| Figura 18 - Etapas para implementação da Estratégia [29] (adaptado pela autora).....                                                               | 32 |
| Figura 19 – Síntese do capítulo .....                                                                                                              | 34 |
| Figura 20 - Fluxograma do processo de desenvolvimento do trabalho.....                                                                             | 36 |
| Figura 21 - Sensor utilizado [54].....                                                                                                             | 37 |
| Figura 22 - Soluções para reabilitação de paredes exteriores [56].....                                                                             | 39 |
| Figura 23 - Soluções para reabilitação de vãos exteriores na estação de aquecimento [56].....                                                      | 39 |
| Figura 24 - Soluções para reabilitação de vãos exteriores na estação de arrefecimento [56].....                                                    | 40 |
| Figura 25 - Principais tipos de sistemas convencionais de produção de AQS e consumo de energia [56].....                                           | 41 |
| Figura 26 - Interface Optiterm [58] .....                                                                                                          | 42 |
| Figura 27 – Localização do caso de estudo [59] (adaptado pela autora).....                                                                         | 44 |
| Figura 28 – Corte esquemático.....                                                                                                                 | 44 |
| Figura 29 – Planta do piso-tipo.....                                                                                                               | 45 |
| Figura 30 - Planta-baixa e áreas dos compartimentos.....                                                                                           | 45 |
| Figura 31 - Esquema de ventilação.....                                                                                                             | 46 |
| Figura 32 – Corte C1 - Áreas úteis dos vãos exteriores .....                                                                                       | 46 |
| Figura 33 - Patologia encontrada no quarto.....                                                                                                    | 47 |
| Figura 34 - Patologia encontrada na sala .....                                                                                                     | 47 |
| Figura 35 - Patologia encontrada no quarto.....                                                                                                    | 48 |
| Figura 36 - Consumo de energia e temperatura média nos últimos doze meses (elaborado pela autora).....                                             | 49 |
| Figura 37 - Componentes da fatura de eletricidade (elaborado pela autora).....                                                                     | 50 |

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 38 - Valores da fatura de eletricidade e comprometimento da renda mensal (elaborado pela autora). ..... | 50 |
| Figura 39 - Localização dos sensores. ....                                                                     | 52 |
| Figura 40 - Dados de temperatura no mês de maio (elaborado pela autora).....                                   | 53 |
| Figura 41 - Dados de humidade relativa no mês de maio (elaborado pela autora).....                             | 54 |
| Figura 42 - Dados de temperatura no mês de junho (elaborado pela autora).....                                  | 55 |
| Figura 43 - Dados de humidade relativa no mês de junho (elaborado pela autora).....                            | 56 |
| Figura 44 – Dados de viabilidade da solução proposta para a caixilharia exterior [58].....                     | 58 |
| Figura 45 - Cartilha orientativa (elaborado pela autora). ....                                                 | 61 |
| Figura 46 - Cartilha orientativa (elaborado pela autora).....                                                  | 62 |

## ÍNDICE DE QUADROS

|                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 - Resumo dos principais tópicos do Decreto-Lei n° 118/2013 [23] (elaborado pela autora)..                                                    | 13 |
| Quadro 2 - Indicadores para avaliar a Pobreza Energética [52] (adaptado pela autora). ....                                                            | 26 |
| Quadro 3 - Indicadores primários e secundários para mapear a Pobreza Energética em Portugal [29] (adaptado pela autora). ....                         | 31 |
| Quadro 4 - Principais objetivos da Estratégia Nacional de Longo Prazo para Combate à Pobreza Energética em Portugal [29] (adaptado pela autora). .... | 33 |
| Quadro 5 - Tópicos iniciais de pesquisa .....                                                                                                         | 35 |
| Quadro 6 - Dados climáticos do Porto [27] (adaptado pela autora).....                                                                                 | 37 |
| Quadro 7 - Coeficientes de transmissão térmica [27] (adaptado pela autora). ....                                                                      | 38 |
| Quadro 8 - Cálculo do consumo anual de energia dos sistemas de AQS [56] (adaptado pela autora). ....                                                  | 41 |
| Quadro 09 - Quantificação dos elementos construtivos [56] (elaborado pela autora).....                                                                | 57 |
| Quadro 10 - Exigências de ventilação [57] (elaborado pela autora).....                                                                                | 59 |



## SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

€/kWh - Preço por 1 quilowatt-hora

°C – grau Celsius

°F – grau Fahrenheit

K – kelvin

Umáx - Coeficiente de Transmissão Térmica Máxima [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ]

Uref - Coeficiente de Transmissão Térmica de Referência [ $W/(m^2/^\circ C)$ ]

ADENE – Agência para Energia

AQS – Água Quente Sanitária

CE – Comissão Europeia

COP21 – 21ª Conferência das Partes

COVID-19 - Coronavirus Disease 2019

Csa - Clima mediterrânico de verão quente

Csb - Clima mediterrânico verão fresco

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

EPOV - The European Union Energy Poverty Observatory

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

EU – European Union

Eurostat - Statistical office of the European Union

EWDI – The Excess Winter Deaths Index

IFRRU – Instrumento Financeiro de Reabilitação e Revitalização Urbanas

IMI – Imposto Municipal sobre Imóveis

IMT – Imposto Municipal sobre as Transmissões Onerosas de Imóveis

INE, I.P – Instituto Nacional de Estatística

LFC – Laboratório de Física das Construções

Ni – Valor máximo de energia útil para aquecimento

Nic – Necessidades nominais de energia útil para aquecimento

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

NP – Norma Portuguesa

Nt - Valor máximo de necessidade nominais anuais de energia primária

Ntc – Necessidade nominais anuais de energia primária

NUTS - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

Nv - Valor máximo de energia útil para arrefecimento

Nvc – Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento

nZEB - Nearly Zero Energy Building

PNEC – Plano Nacional de Energia e Clima

PORDATA – Estatísticas sobre Portugal e Europa

PPS – Padrões de Poder de Compra

PVC – Policloreto de Vinila

R/C – Rés-de-chão

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RNC – Roteiro para a Neutralidade Carbônica

SCE – Sistema de Certificação Energética

VAT - Value Added Tax

# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ENQUADRAMENTO

Portugal é um dos países europeus com clima mais ameno e maior incidência de sol durante o ano. Isto não impede invernos mais rigorosos ou verões mais extremos sentidos de maneira desconfortável no interior das habitações, muitas vezes desprovidas de mecanismos de aquecimento e arrefecimento adequados.

A situação pode ser explicada por algumas características económicas e populacionais do país. De acordo com Kyprianou [1], a combinação de baixa renda, baixo desempenho energético dos edifícios, aumento dos preços e baixa utilização de fontes mais económicas de energia são indícios da situação.

Um agravante da situação económica é que a população idosa pode receber vencimentos abaixo do salário mínimo, e o país está envelhecendo. A combinação de envelhecimento e vulnerabilidade económica tira a preocupação com a qualidade do ambiente interior da lista de prioridades de muitas famílias.

São classificados como idosos todos os indivíduos com 65 ou mais anos de idade. De acordo com dados do INE publicados no **Inquérito às Despesas das Famílias 2015/2016** [2], o rendimento proveniente de pensões e outras transferências (incluindo sociais) constitui a principal fonte de rendimento para 42,5% das famílias portuguesas.

Conforme dados do PORDATA<sup>1</sup>, o valor mensal pago pela Segurança Social por velhice e invalidez é de 291,48 €, já o valor de pensão social está em 174,89 €. De acordo com as estimativas do **Inquérito às Despesas das Famílias 2015/2016** [2], 6,4% das famílias tinham um rendimento anual total inferior a 6 790 € em 2014, ou seja, valor inferior ao salário mínimo de referência daquele ano (Figura 1).

---

<sup>1</sup> Valor mínimo mensal das pensões do regime geral da Segurança Social: pensões de velhice, invalidez e sobrevivência. Fontes de Dados: DGSS/MTSSS. Fonte: PORDATA. Dados obtidos em <https://www.pordata.pt> a 26/02/2023.

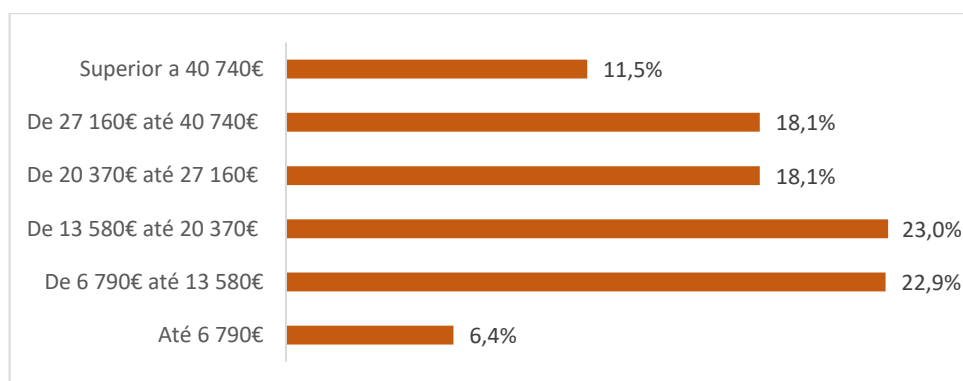


Figura 1 - Distribuição dos agregados familiares por escalões de rendimento total do agregado e NUTS II, 2015/2016 [2] (adaptado pela autora).

Sob o ponto de vista da saúde, a humidade interior das habitações e ocorrência de bolor resultam em problemas respiratórios que afetam em maior número idosos e crianças, grupos com menor capacidade adaptativa as oscilações de temperatura. Segundo dados do INE obtidos nos censos 2011 e 2021 (Figura 2), o percentual de idosos no país aumentou 2% entre as faixas de 60-69 anos, 1% nas faixas de 70-79 anos e 2% na faixa mais idosa da população, a partir de 80 anos de idade. Isto significa que um maior percentual de pessoas tende a sofrer mais com os prejuízos à saúde decorrentes do desconforto térmico. A tendência é que estas pessoas mais velhas saiam menos de casa e se movimentem menos, o que eleva a sensação de frio especialmente no caso do norte de Portugal, que possui clima mais ameno, com invernos mais frios e verões menos extremos.

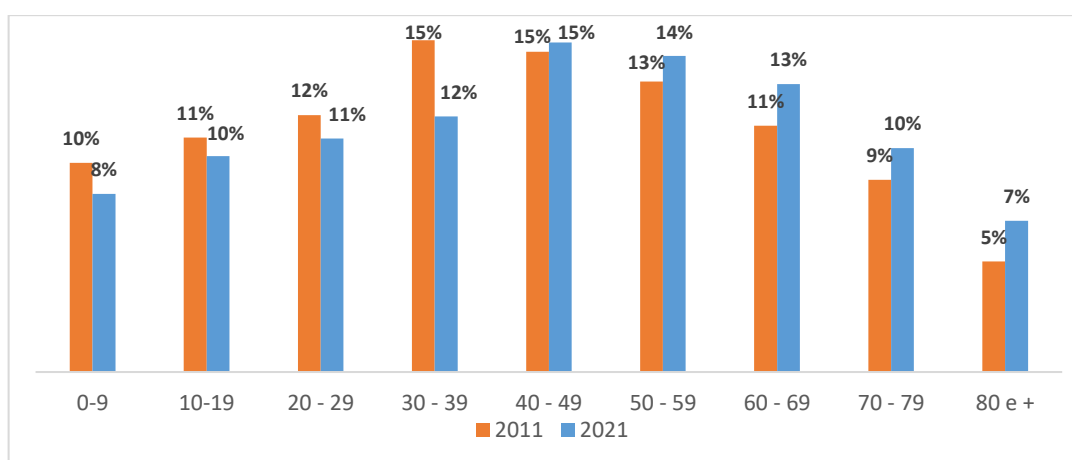


Figura 2 - População residente por grupo etário [2] (adaptado pela autora).

Segundo João Pedro Gouveia [3], os problemas estruturais das casas portuguesas remontam aos anos 1960, quando se iniciou o êxodo para as cidades e houve a necessidade de se construir rápido e barato. Neste período, ao contrário de outros países europeus, em Portugal não havia regulamentação para boas práticas construtivas. O primeiro regulamento térmico português data dos anos 1990, razão que explica o alto índice de construções com baixa eficiência energética no país. Portugal possui em torno de 6 milhões de habitações e apenas 2 milhões têm certificado energético. Mais de 70% destes edifícios certificados são considerados ineficientes, possuindo classe C ou inferior.

Este contexto implica em uma situação grave: em Portugal se morre de frio. Esta conclusão foi obtida com base no The Excess Winter Deaths Index (EWDI), indicador da proporção de mortes no período de

inverno (dezembro a março) em comparação ao restante período de tempo. O sul europeu possui índice maior em comparação ao norte do continente, como destacado no mapa seguinte. Malta, Portugal, Espanha, Chipre e Bélgica tiveram o EWDI significativamente maior do que a média de outros trinta países europeus pesquisados, apesar de possuírem invernos menos rigorosos [4].

O mapa abaixo (Figura 3) apresenta o EWDI percentual para o período do inverno 2010/2011 nos países analisados. A média geral foi de 13,9% enquanto que o índice português foi de 25,9%. Finlândia (9,2%), Lituânia (10,6%), Grécia (9,8%) e Holanda (12,3%) tiveram significativamente menor EWDI. Nem todos estes países possuem invernos rigorosos, mas podem ser mais bem preparados em termos de conforto térmico e assistência à saúde dos seus habitantes. Neste trabalho, não serão aprofundadas as questões de saúde propriamente ditas, mas estes indicadores reforçam a importância do conforto térmico para o bem-estar das populações.

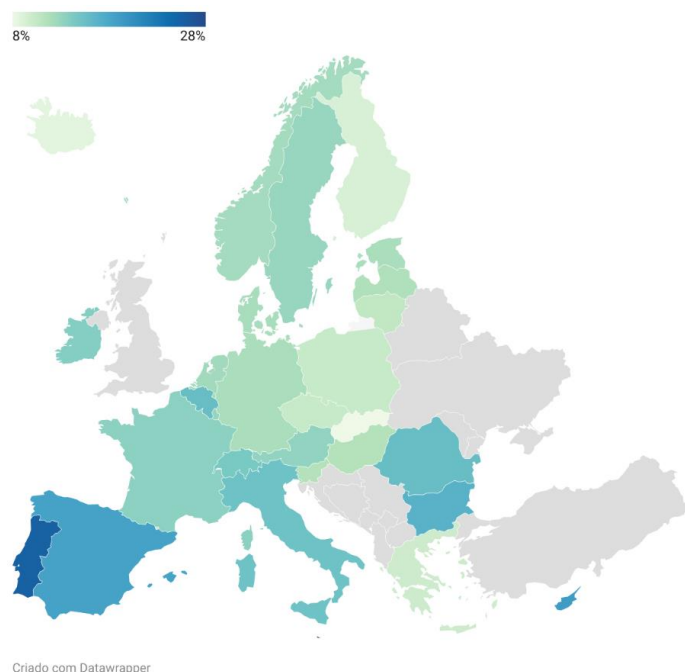


Figura 3 - Mapa EWDI médio para a Europa no período 2010/2011 [4] (adaptado pela autora).

Habitações dotadas de soluções passivas de eficiência energética em nível da envolvente exterior – paredes, envidraçados e coberturas – poupariam energia e ofereceriam melhor qualidade de clima interior. Caso não fossem suficientes, o complemento com soluções ativas, como equipamentos elétricos, resolveria o problema equilibrando preço, eficiência e conforto térmico. Ao contrário dos países nórdicos, por exemplo, onde o investimento em aquecimento é alto, pois, caso contrário, seria praticamente inabitável. Em Portugal, o investimento massivo em redes de calor não se justificaria, pois o rigor do clima acontece durante algumas semanas.

As fontes de energia para aquecimento e arrefecimento em Portugal também se distinguem das europeias. Conforme dados do INE obtidos no censo 2021, a fonte com maior utilização é a energia elétrica e o meio rural utiliza lenha, justificada pela disponibilidade em propriedades no interior do país. Este seria mais um fator a contribuir para a Pobreza Energética já que a energia elétrica possui maior custo se comparada a fontes que utilizam energia solar, por exemplo.

As soluções de eficiência energética não devem esquecer as ondas de calor que afetam o interior do país. Não basta apenas aquecer, há que se arrefecer minimamente no verão, embora seja possível minimizar

as necessidades de arrefecimento com soluções passivas de, por exemplo, isolamento das coberturas e ventilação noturna dos espaços.

Diante da crise energética que se vive, é cada vez mais urgente que se priorizem fontes limpas e renováveis de energia, qualidade térmica das edificações e autossuficiência do fornecimento de energia para evitar a suscetibilidade às oscilações do mercado internacional.

## 1.2. PROJETO NÃO MORRER DE FRIO

No contexto da situação apresentada, este trabalho integra uma etapa de estudo do **PROJETO PILOTO – Não Morrer de Frio (2022 – 2025)**, cujo objetivo principal é quantificar a melhoria de conforto térmico real diante de determinadas soluções e investimentos iniciais e de exploração.

O referido projeto consistirá na implementação de um programa piloto em alguns locais no Norte de Portugal – incluindo a área metropolitana do Porto (Figura 4), mapeamento das famílias desfavorecidas, identificação do património público não ocupado com potencial para habitação, monitorização de frações antes das intervenções, definição das estratégias de intervenção, monitorização das frações após as intervenções, avaliação do benefício efetivo no conforto térmico face ao investimento realizado e elaboração de recomendações para programas futuros.

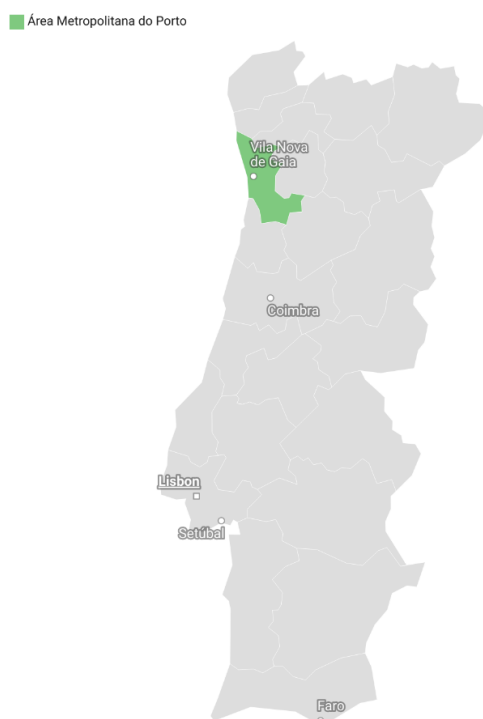


Figura 4 – Mapa de localização da região de estudo (adaptado pela autora).

Dessa forma, o presente trabalho será um contributo ao projeto no que se refere à metodologia para mapeamento das famílias e monitorização das frações na situação atual antes de qualquer intervenção.

O distrito do Porto, região escolhida para estudo, está localizado no Norte de Portugal. Segundo a classificação de Köppen [5], trata-se de uma zona de clima temperado com inverno chuvoso, verão seco e pouco quente, definido como “csb” (Figura 5).

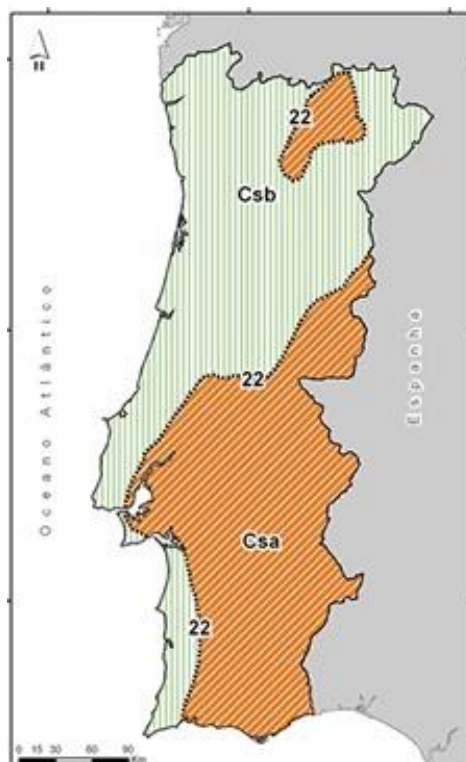


Figura 5 - Mapa do clima de Portugal Continental [5].

### 1.3. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal estudar o contexto da Pobreza Energética em Portugal. Para isto, serão realizadas pesquisas em fontes primárias e secundárias sobre o panorama energético do país, principais fontes de energia, consumo energético habitacional e regulamentos térmicos.

Os objetivos secundários estão elencados a seguir:

- Definir e caracterizar a Pobreza Energética no contexto português;
- Estudar quais as exigências térmicas na reabilitação de edifícios;
- Definir e caracterizar a amostra de estudo (moradores e habitações);
- Avaliar a situação de conforto térmico das frações através de medições de humidade e temperatura realizadas com recurso a sensores higrotérmicos;
- Verificar necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento;
- Sugerir medidas de eficiência energética que visem melhorar as condições de habitabilidade.

### 1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está dividida em seis capítulos, detalhados a seguir.

O capítulo 1 consiste na Introdução, em que são apresentados o enquadramento, objetivos pretendidos e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2, é contemplado o Estado da Arte, e focado o panorama energético em Portugal, principais fontes de energia utilizadas, e são apresentados os conceitos de Conforto Térmico e Estresse Térmico. Por fim, é feita uma revisão da legislação aplicada à eficiência energética nos edifícios em nível europeu e português, e apresenta a progressão dos mecanismos legais desde o primeiro regulamento até a situação atual.

O capítulo 3 contextualiza a Pobreza Energética por meio de revisão bibliográfica e detalha como esta problemática se apresenta na legislação portuguesa atualmente.

No capítulo 4, são apresentadas a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho e as ferramentas de pesquisa e ferramentas para monitorização e aplicação dos dados coletados.

O capítulo 5 caracteriza a amostra de estudo, parâmetros de consumo de energia, perfil social e económico dos habitantes, caracterização da fração estudada e indicações de soluções construtivas que melhor se adaptam ao caso de estudo.

O capítulo 6 finaliza o trabalho com as conclusões e sugestões de estudos futuros acerca desta temática.

## 2

## ESTADO DA ARTE

### 2.1 ENQUADRAMENTO

A questão das alterações climáticas implica prejuízos na vida de toda a população mundial. Estações do ano com severas ondas de calor e frequentes períodos de chuvas intensas ou enchentes que destroem lugares são cada vez mais presentes na rotina das populações.

Diante deste quadro, 196 países assinaram o Acordo de Paris, um tratado internacional para a mitigação das alterações climáticas lançado na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP21) em Paris, no ano de 2015<sup>2</sup>. A União Europeia está entre os signatários deste acordo cujo objetivo principal é limitar o aumento da temperatura média global abaixo de 2 °C acima dos níveis pré-industriais, tendo como meta a redução para 1,5 °C acima dos referidos níveis [6]. Este referencial de temperatura de níveis pré-industriais indica que o emprego de combustíveis fósseis durante tanto tempo no processo de industrialização, sem limites regulatórios de emissões de CO<sub>2</sub>, tem implicações na situação climática atual. É importante salientar a relevância deste compromisso em nível global, já que os efeitos negativos do clima não são sentidos isoladamente.

A mitigação do aquecimento global aos níveis indicados pelo Acordo de Paris exige que seja atingida a neutralidade carbônica até o ano de 2050. Os elementos principais para atingir esta meta são a adoção de legislação e regulamentos rígidos e utilização de energia limpa como motor da economia para que ocorra um desenvolvimento sustentável do ponto de vista ambiental [7].

### 2.2. FONTES DE ENERGIA E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

No contexto do Acordo de Paris, a União Europeia traçou metas internas para alcance dos objetivos previstos neste documento. Noruega, Suécia e Dinamarca consagraram este compromisso em leis internas. A Noruega objetiva alcançar a neutralidade carbônica até 2030. A Suécia tem o ano de 2045 como meta, excluindo aviação e navegação. Já a Dinamarca mantém o ano de 2050 como data limite para a neutralidade carbônica.

Em 2016, o Governo Português adotou o compromisso de assegurar a neutralidade carbônica até 2050. O documento, denominado “Roteiro para a Neutralidade Carbônica 2050 (RNC 2050)”, consiste na

---

<sup>2</sup> Disponível em <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement> a 07/05/2023.

estratégia nacional para atender ao Acordo de Paris e ao Regulamento da União Europeia. Este roteiro identifica as principais possibilidades de descarbonização nos diversos sectores da economia e ações sob o ponto de vista de políticas públicas [8].

O documento supracitado se baseia em oito premissas fundamentais que se traduzirão em medidas concretas para reduzir a emissão de gases de efeito estufa no país [8].

*“1: Promover a transição para uma economia competitiva, circular, resiliente e neutra em carbono, gerando mais riqueza, emprego e bem-estar;*

*2: Identificar vetores de descarbonização e linhas de atuação subjacentes a trajetórias para a neutralidade carbónica em 2050;*

*3: Contribuir para a resiliência e para a capacidade nacional de adaptação às vulnerabilidades e impactes das alterações climáticas;*

*4: Estimular a investigação, a inovação e a produção de conhecimento em áreas-chave para a concretização do objetivo da neutralidade carbónica;*

*5: Garantir condições de financiamento e aumentar os níveis de investimento;*

*6: Assegurar uma transição justa e coesa que contribua para a valorização do território;*

*7: Garantir condições eficazes de acompanhamento do progresso alcançado rumo ao objetivo da neutralidade carbónica (governança) e assegurar a integração dos objetivos de neutralidade carbónica nos domínios sectoriais;*

*8: Envolver a sociedade nos desafios das alterações climáticas, apostando na educação, informação e sensibilização, contribuindo para aumentar a ação individual e coletiva”.*

De acordo com dados obtidos na plataforma de estatísticas sobre Portugal e Europa [9], o consumo de energia primária em Portugal ainda possui maior índice de combustíveis fósseis, mas há um crescimento de energias renováveis. Entre 2015 e 2021 o consumo de carvão diminuiu de 14% para 1% ao ano. O consumo de petróleo se manteve alto e estável entre 42% em 2015 e 41% em 2021. O gás natural apresentou aumento de 18% para 24%. Neste intervalo, observou-se um crescimento no consumo de energias renováveis de 24% para 32%.

Conforme o gráfico abaixo (Figura 6), ainda são índices altos os de consumo de petróleo e gás natural, mas o crescimento do consumo de fontes de energia renováveis demonstra um cenário de otimismo em relação à substituição das fontes de gases de efeito estufa por energia limpa. De acordo com o RNC 2050, diversos fatores embasam estes índices, como o aumento significativo da utilização de energia eólica e hídrica no país, implementação de medidas de eficiência energética nas construções e substituição de fontes energéticas mais poluentes como fuelóleo por gás natural [8].

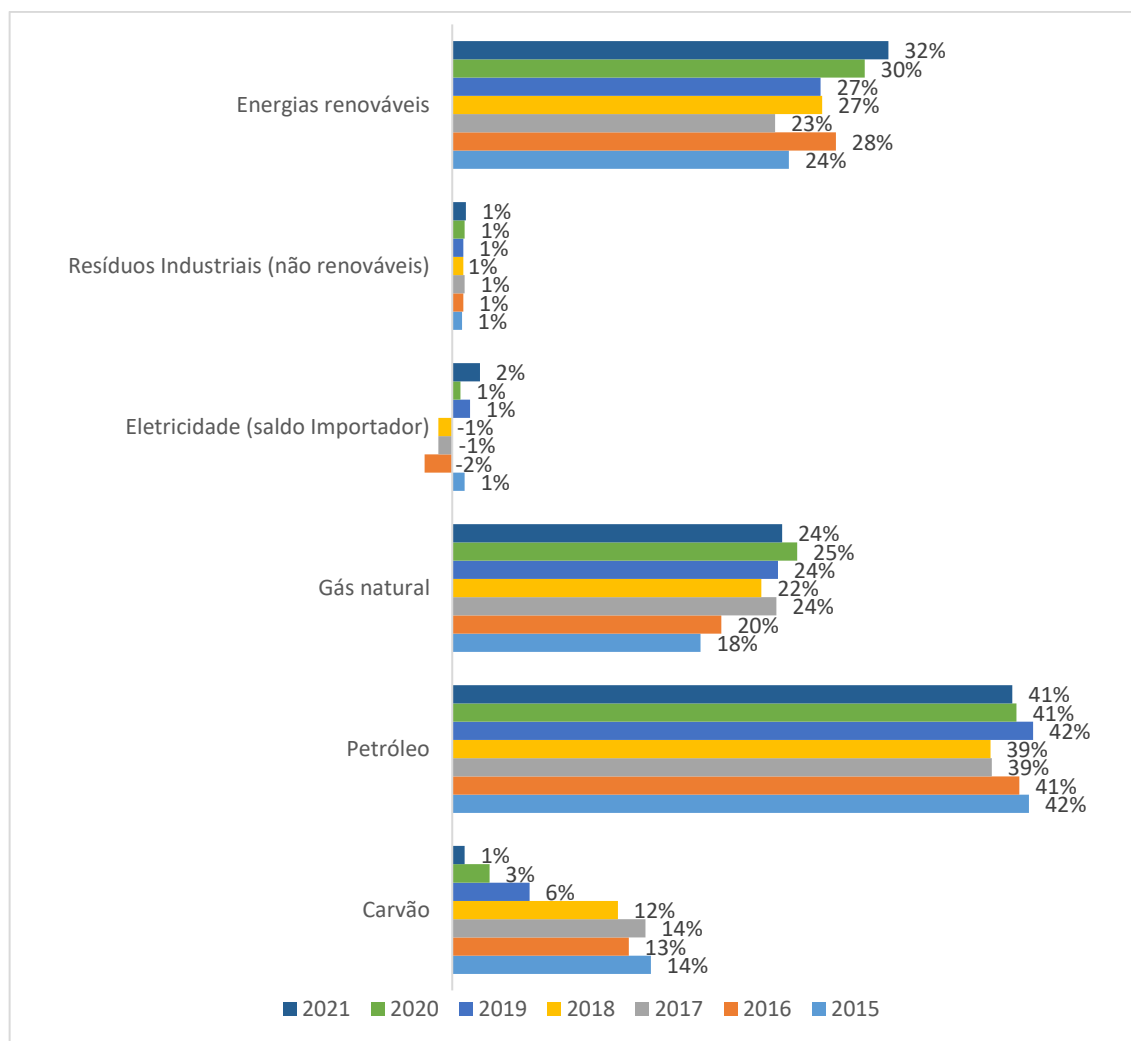


Figura 6 - Consumo de energia primária em Portugal por tipo de fonte [9] (adaptado pela autora).

Esta tendência portuguesa, assim como se observa em outros países europeus, é resposta face ao problema das alterações climáticas. Promover fontes renováveis de energia pode ser considerado um dos principais objetivos da política energética da União Europeia para atender ao compromisso do Acordo de Paris. O foco na descarbonização em toda a cadeia económica, sistemas tecnológicos, transporte e também nos edifícios é a medida primordial para a redução dos índices de emissão de gases de efeito estufa, cuja meta vinculativa é que até 2030 seja reduzida em pelo menos 40% relativamente aos níveis de 1990 [10].

A Diretiva da União Europeia [10] ainda destaca a importância da expansão e incentivo à rede de transportes públicos, uso de tecnologias eficientes sob o ponto de vista energético e uso de fontes renováveis para aquecimento e arrefecimento dos edifícios a preços acessíveis. Como citado anteriormente, a questão do custo de energia num país como Portugal é item fundamental para que se difunda o acesso à grande maioria da população.

Sobre os índices portugueses de consumo de energia primária (Figura 7), para além da indústria e transportes, o sector de habitações possui relevância nos índices de consumo. Medidas de transição energética tem impacto direto na economia dos países a depender do nível de consumo por sector de atividade. De acordo com dados obtidos no Serviço de Estatística da União Europeia [11] e no Observatório da Energia [12], durante o ano de 2018 os edifícios de habitação na União Europeia

representavam cerca de 30% da energia consumida enquanto que em Portugal este índice estava em torno de 20%. São valores expressivos e, por isto, a necessidade de medidas para reabilitação e eficiência energética que objetivem tornar mais sustentável o desenvolvimento das áreas urbanas e, consequentemente, do aumento da utilização de energia verde no país.

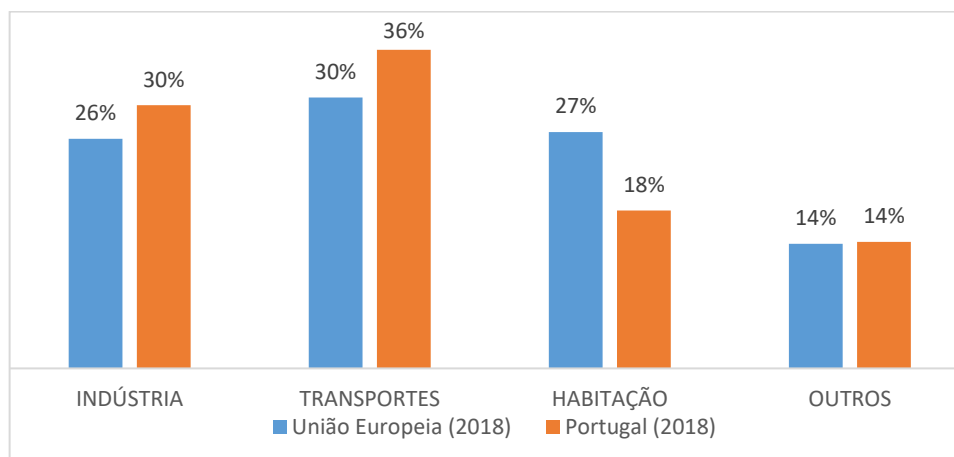


Figura 7 - Consumo de energia final por sector da economia – 2018 [11] [12] (adaptado pela autora).

### 2.3. CONFORTO TÉRMICO E ESTRESSE TÉRMICO

Os efeitos negativos do calor e do frio sobre o bem-estar das pessoas nos ambientes de trabalho e moradia podem ser alarmantes [13]. Por isto, faz-se necessário o estudo de parâmetros normativos para promover o conforto térmico no interior dos edifícios que são influenciados por fatores como forma, orientação, retenção de calor pela envolvente exterior e vedações. O estudo das técnicas de conceção passivas devem promover a melhoria do clima interior [14]. Entende-se que a normatização em nível legislativo pode trazer melhorias ao parque construído e garantir a satisfação das condições de conforto térmico dos edifícios sem gastos excessivos de energia durante o inverno ou verão.

Neste trabalho, considerou-se o conceito de conforto térmico como a condição mental que indica satisfação com o ambiente térmico de maneira subjetiva [15]. O oposto ao conforto térmico seria o estresse térmico, que seria a incapacidade fisiológica do organismo para manter a sua temperatura dentro dos padrões de desempenho normais para o corpo humano [14].

Fatores como a resistência térmica do vestuário e níveis de atividades desenvolvidas, temperatura do ar, da radiação, teor de humidade e velocidade do ar interferem no equilíbrio térmico e têm efeitos na saúde das pessoas. Apesar do conceito de conforto térmico ser subjetivo, quando existe alteração nas condições orgânicas há prejuízos para a saúde. Se a temperatura do corpo humano for reduzida em 1 °C, dá-se a hipotermia; se aumentar mais de 1 °C em relação aos 37 °C de temperatura normal, ocorre uma insolação [14]. Para um país com alto índice de idosos como Portugal, há que se observar os impactos destas variações na saúde da população.

Existem diversas normas e metodologias de cálculos para indicar as temperaturas ideais de conforto. O objetivo deste trabalho não é o aprofundamento nestes cálculos e nem em estabelecer valores, já que considera-se que o conceito de conforto térmico é decorrente de uma condição mental e subjetiva. Isto posto, entende-se que cada indivíduo escolhe a maneira possível de tornar seu ambiente interior mais adequado às suas necessidades, exceto se não houver condições económicas para isto.

## 2.4. REGULAMENTOS TÉRMICOS EM NÍVEL HABITACIONAL EM PORTUGAL

De acordo com Koranteng [14], o desempenho térmico de um edifício é o grau em que o edifício se comporta face ao clima exterior e há promoção de um ambiente interior que pode ser confortável ou não. Forma, orientação, absorção da radiação solar, relação de janelas/paredes e tipo de material, entre outros, influenciam na capacidade do edifício em armazenar calor e promovem aquecimento ou arrefecimento.

Diante da necessidade de estabelecer instrumentos legais para regulamentação do desempenho térmico dos edifícios de modo a proporcionar melhores condições de salubridade, higiene, conforto, qualidade das habitações e eficiência energética, foram publicados diversos documentos normativos no âmbito da União Europeia e Portugal [16]. Abaixo (Figura 8) estão indicados, em uma linha do tempo, os regulamentos considerados mais relevantes para este estudo.

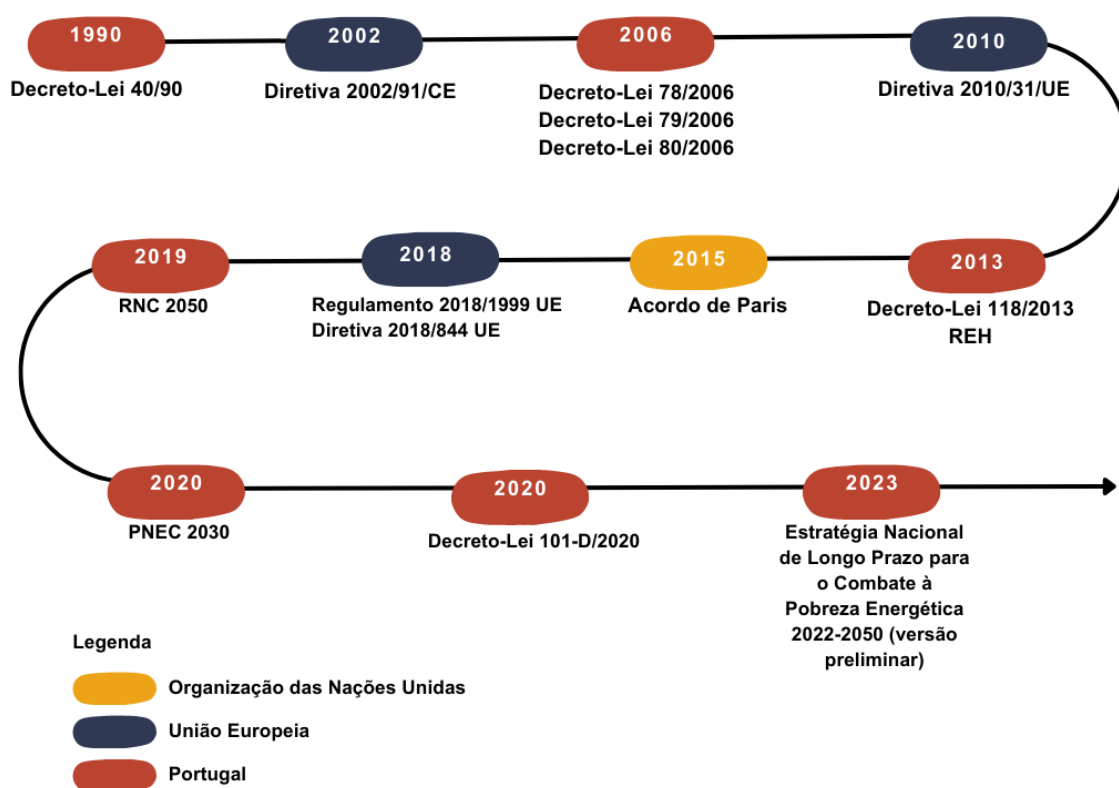


Figura 8 - Principais regulamentos térmicos entre 1990 e 2023 (elaborado pela autora).

O primeiro regulamento legal português data de 1990 e impõe requisitos de conforto térmico aos projetos de novos edifícios e grandes remodelações: trata-se do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), presente no Decreto-Lei n° 40/90 [17]. O documento foi pioneiro no sentido de difundir a prática da aplicação de isolamentos térmicos nos edifícios e tentar minimizar as patologias construtivas derivadas de condensações superficiais nas envolventes.

No ano de 2002 foi publicada a Directiva 2002/91/CE [18], cujo objetivo era melhorar o desempenho energético dos edifícios levando em conta a qualidade do clima interior e rentabilidade económica através da padronização da metodologia de cálculo para o desempenho energético, requisitos mínimos para novos edifícios e grandes reformas.

O Decreto-Lei n.º 78/2006, decorrente da Directiva 2002/91/CE instituiu o sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), cuja finalidade seria garantir a aplicação do regulamento sobre eficiência energética e uso de energias renováveis, certificar o desempenho energético dos edifícios e identificar medidas de correção e melhoria aplicáveis [19]. Na sequência, o Decreto-Lei n.º 79/2006 foi implementado para aprimorar os requisitos de novos projetos de climatização [20]. Por fim, o Decreto-Lei n.º 80/2006 foi um importante documento para modernização do primeiro Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) modernizando as exigências de conforto térmico para aquecimento ou arrefecimento em edifícios sem sistemas de climatização mecanizada conforme as orientações da Directiva supracitada [21].

A Directiva 2010/31/EU foi uma atualização da norma n.º 2002/91/CE que estendeu os requisitos de desempenho e certificações energéticas aos edifícios e às frações autónomas<sup>3</sup> e aos elementos construtivos dos edifícios tais como a envolvente exterior, sistemas de instalações. Também incluiu diretrizes aos planos nacionais de ampliação do parque edificado estimulando a implementação de edifícios com necessidades quase nulas de energia, os edifícios nZEB [22].

A partir da publicação da directiva supracitada, houve uma revisão significativa da legislação nacional visando maior coordenação entre as políticas públicas, agentes de mercado e os cidadãos enquanto proprietários de imóveis e, pode-se acrescentar, a importância na difusão dos conceitos e conscientização sobre a política de energia limpa.

O Decreto-Lei n.º 118/2013 [23] sistematizou em um regulamento único nacional o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Deste modo buscou-se a simplificação na gestão dos processos visto que foram delimitadas as responsabilidades de fiscalização e administração técnica no âmbito dos órgãos do governo. Em paralelo, as normas foram ajustadas conforme as especificidades necessárias aos diferentes usos observando-se a proteção da saúde e bem-estar dos utilizadores. Os requisitos se aplicam aos edifícios novos, edifícios existentes e aos submetidos a grandes intervenções construtivas aplicando níveis mínimos de uso racional de energia, sistemas de climatização mecânica, aquecimento de água e tudo o que envolve a utilização de eletricidade no edifício. A legislação local passa a exigir que os edifícios nZEB sejam o padrão para construções novas a partir do ano de 2020. Isto significa que, dentro dos limites de custo-benefício, seja maximizado o suprimento de energia por fontes renováveis.

No sentido de promover a inclusão das habitações sociais dentro do regramento sustentável, a referida Lei cita a necessidade de incentivos governamentais para financiar medidas de eficiência energética a esta parcela da população.

De modo resumido, o quadro abaixo (Quadro 1) indica os principais pontos do Decreto-Lei n.º 118/2013 [23] no que compete ao Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) e Regulamento de Desempenho Térmico dos Edifícios de Habitação (REH).

---

<sup>3</sup> “Fracção autónoma – definida por secção, andar ou apartamento num edifício, concebido ou modificado para uso autónomo”

Quadro 1 - Resumo dos principais tópicos do Decreto-Lei n° 118/2013 [23] (elaborado pela autora).

| Decreto-Lei n° 118/2013                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SCE                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Objetivo                                   | Melhoria do desempenho enérgico dos edifícios por meio do sistema de certificação.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Abrangência                                | Edifícios ou frações, novos ou sujeitos a grandes intervenções devem possuir certificação energética. Edifícios existentes com novos contratos de compra e venda ou locação podem se tratar de exceções.                                                                                                                                                                                  |
| Exclusões ao âmbito de aplicação           | Edifícios unifamiliares com área útil menor ou igual a 50m <sup>2</sup> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Comercialização de imóveis                 | Os contratos de compra e venda ou locação devem indicar o número do certificado ou pré certificado                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Órgão gestor                               | ADENE (responsável pela atribuição da classe energética na certificação)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Órgão fiscalizador                         | DGEG (aplicação de coimas)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Obrigações                                 | A obtenção do pré-certificado (projecto) e certificado são de responsabilidade do proprietário do imóvel. Aos agentes de mercado é obrigatório dar conhecimento da certificação em todos os anúncios e contratos firmados.                                                                                                                                                                |
| Validade                                   | 10 anos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| REH                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Objetivo                                   | Atribuição de requisitos construtivos para edifícios no sentido de promover a melhoria no comportamento térmico, eficiência energética e prevenção de patologias na envolvente exterior.                                                                                                                                                                                                  |
| Abrangência                                | Projeto e construção de edifícios ou frações, novos ou sujeitos a grandes intervenções na envolvente ou sistemas técnicos também sujeitos a avaliação energética.                                                                                                                                                                                                                         |
| Exclusões ao âmbito de aplicação           | Edifícios unifamiliares com área útil menor ou igual a 50m <sup>2</sup> no que se referir a eficiência energética.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Comportamento térmico para edifícios novos | <p><b>AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO</b></p> <p>Necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N<sub>ic</sub>) não podem exceder o valor máximo de energia útil (N<sub>i</sub>) definido pelo Governo.</p> <p>Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N<sub>vc</sub>) não podem exceder o valor máximo de energia útil (N<sub>v</sub>) definido pelo Governo.</p> |

|                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                      | <p>Em resumo:</p> <p>Aquecimento: <math>Nic &lt; Ni</math></p> <p>Arrefecimento: <math>Nvc &lt; Nv</math></p> <p>ENVOLVENTE EXTERIOR</p> <p>Devem ser atendidos os valores limites de qualidade térmica, nomeadamente ao valor máximo do coeficiente de transmissão térmica superficial na envolvente opaca e valor máximo do fator solar dos vãos envidraçados.</p> <p>RENOVAÇÃO DE AR</p> <p>A taxa de renovação de ar deve atender aos valores determinados pelo Governo.</p> <p>SISTEMAS PASSIVOS</p> <p>Devem ser considerados no cálculo das necessidades de energia do edifício.</p> <p>ENERGIA PRIMÁRIA</p> <p>Necessidades nominais anuais de energia primária (Ntc) não podem exceder o valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária (Nt) definido pelo Governo. <math>Ntc &lt; Nt</math></p>                                                                                                                                                |
| Comportamento térmico para edifícios sujeitos a grandes intervenções | <p>AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO</p> <p>Razão entre as necessidades nominais de energia útil para aquecimento (Nic) e o valor máximo de energia útil (Ni) não podem exceder ao definido pelo Governo.</p> <p>Razão entre as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (Nvc) e o valor máximo de energia útil (Nv) não podem exceder ao definido pelo Governo.</p> <p>Em resumo:</p> <p>Aquecimento: <math>\frac{Nic}{Ni} &lt; \text{parâmetro Governo}</math></p> <p>Arrefecimento: <math>\frac{Nvc}{Nv} &lt; \text{parâmetro Governo}</math></p> <p>ENVOLVENTE EXTERIOR</p> <p>Devem ser atendidos os valores limites de qualidade térmica, nomeadamente ao valor máximo do coeficiente de transmissão térmica superficial na envolvente opaca e valor máximo do fator solar dos vãos envidraçados a intervencionar.</p> <p>RENOVAÇÃO DE AR</p> <p>A taxa de renovação de ar deve atender aos valores determinados pelo Governo.</p> <p>SISTEMAS PASSIVOS</p> |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Devem ser considerados no cálculo das necessidades de energia do edifício.</p> <p>ENERGIA PRIMÁRIA</p> <p>Razão entre as necessidades nominais anuais de energia primária (Ntc) e o valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária (Nt) não podem exceder ao definido pelo Governo.</p> $\frac{Ntc}{Nt} < \text{parâmetro Governo}$ |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

O Acordo de Paris implementou um rigor e urgência maior em aplicar e difundir os requisitos de energia limpa em nível europeu e também mundial. Isto implica em uma nova Diretiva e, consequentemente uma atualização da lei portuguesa neste sentido. A publicação da Diretiva 2018/844 [24] objetiva reduzir as emissões de gases com efeito estufa em índices ainda mais altos do que as determinações anteriores, aumentar o uso de energias renováveis e diminuir a dependência energética da Europa. Considerando o impacto do parque edificado no consumo de energia, já que quase 50% do consumo geral na Europa é utilizado para aquecimento e arrefecimento, sendo 80% disto para edifícios, acreditou-se ser importante que o direcionamento do Acordo de Paris para os aspetos relacionados aos edifícios.

Ainda em 2018, em consonância com a Diretiva 2018/844 e Acordo de Paris, foi publicado o Regulamento 2018/1999 [25] que orienta a implementação de planos nacionais que tratam de energia e clima, com as ações a serem implementadas para o cumprimento dos objetivos no período entre 2021 e 2030.

Em 2019 foi publicada a Resolução do Conselho de Ministros n° 107/2019 [26] que implementava o Roteiro para a Neutralidade Carbônica 2050 (RNC 2050). Este documento inclui metas de redução de emissão de gases com efeito estufa entre 85% e 90% até 2050 em comparação aos índices de 2005. O documento fixa que haja redução entre 45% e 55% até 2030 e entre 65% e 75% até 2040. Ou seja, os maiores esforços para reduzir as emissões de gases poluentes devem ter resultado entre os anos de 2021 e 2030. O RNC 2050 orienta sobre as ações a serem tomadas e inclui soluções viáveis sob o ponto de vista económico. Como resultado, espera-se que ocorra a total descarbonização do sistema electroprodutor, da mobilidade urbana e racionalização dos recursos energéticos em todos os níveis da sociedade e da economia.

Em 2020, o Decreto-Lei n° 101-D/2020 [27] estabeleceu os requisitos para melhoria do desempenho energético dos edifícios e regulamentou o Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE).

Tendo em vista as metas rigorosas e concentração de esforços entre os anos de 2021 e 2030, foi necessário implementar diretrizes intermediárias como o Plano Nacional de Energia e Clima 2030 [28] (PNEC 2030). Este documento estabelece as metas, objetivos e ações que viabilizem a redução de emissão de gases efeito estufa previstos no RNC 2050.

Os principais objetivos do PNEC 2030 são descarbonizar a economia portuguesa priorizando a eficiência energética, aumentar a segurança energética do país por meio da utilização de energias renováveis e redução da dependência de fornecimento de outros países, promover o adequado fornecimento de energia, melhorar a mobilidade de modo sustentável, melhorar as práticas agrícolas no sentido da sustentabilidade e utilização das florestas como potencializadoras do sequestro de carbono, desenvolver a indústria verde de modo economicamente viável e, por fim, que todas estas transformações sigam de forma democrática e com justiça social.

As metas a serem cumpridas até 2030 são a redução entre 45% e 55% das emissões de gases com efeito estufa em relação aos níveis de 2005, aumento de 47% do uso de fontes renováveis de energia no consumo bruto, reduzir em 35% o consumo de energia elétrica resultante da melhoria na eficiência energética. Tais metas devem ser fiscalizadas a cada dois anos.

Um documento muito importante dentro do arcabouço legal é a Estratégia Nacional de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Energética 2022-2050 [29] que, embora ainda esteja em fase de consulta pública, apresenta a tendência da política que será adotada em Portugal pelas próximas décadas.

## 2.5. O SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA NOS EDIFÍCIOS HABITACIONAIS EM PORTUGAL

A construção do parque habitacional português foi, em maior número, realizada antes do ano de 1990, portanto, anterior ao primeiro regulamento térmico nacional. Diante da regulamentação em vigor, é provável que a reabilitação do parque edificado em Portugal seja maciçamente adaptada para atender aos requisitos de edifícios com necessidades quase nulas de energia [30].

Conforme verificado no gráfico abaixo (Figura 9), o número de edifícios construídos anteriormente a 1990 totaliza 66% do total de edifícios construídos o que indica que há pouco ou quase nenhum dispositivo de eficiência energética que se aplica aos requisitos e as tecnologias disponíveis atualmente, exceto aos que foram reabilitados.

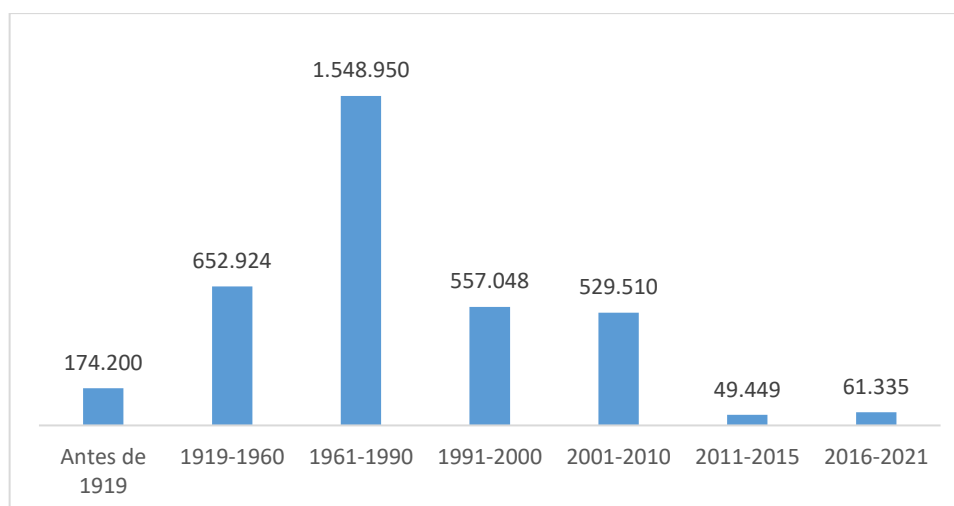


Figura 9 - Edifícios por época de construção em Portugal [31] (adaptado pela autora).

O Decreto-Lei n° 101-D/2020 [27] pode ser considerado um aperfeiçoamento do Decreto-Lei n° 118/2013 após as deliberações do Acordo de Paris no âmbito do Sistema de Certificação Energética (SCE).

O novo decreto incluiu exigências de inspeções periódicas a todos os sistemas técnicos de energia. Diante da política de transição energética em todas as esferas de consumo, foi prevista a implementação de carregamento de veículos elétricos onde necessário. Em edifícios com maiores dimensões de consumo estão previstas regras de implementação de sistemas de automatização e controlo de energia.

*“Promovem -se ainda as alterações relevantes, identificadas com base na experiência adquirida, para rever o quadro normativo e regulamentar aplicável ao desempenho energético dos edifícios abrangidos com vista à solução dos problemas e dificuldades práticas colocadas ao cumprimento dos objetivos de transformação*

*e desenvolvimento de um parque edificado moderno e interligado com as redes energéticas e a mobilidade limpa, composto por edifícios, ou comunidades de edifícios, com níveis de conforto adequados ao contexto local e climático onde se inserem, assentes em tecnologias inteligentes e com um nível de desempenho elevado que permita satisfazer as necessidades dos seus ocupantes com um reduzido impacto energético.” [27]*

Entende-se que este sistema de certificação mais rigoroso, objetiva o cumprimento da meta de que o parque construído passe a ser nZEB, ou seja, tenha necessidades quase nulas de energia. Segundo a referida Lei, isto vai ao encontro das diretrizes do Pacote de Energia Limpa, Roteiro para a Neutralidade Carbônica até 2050, Plano Nacional de Energia e Clima 2030 e a Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios.

Os edifícios nZEB tem como objetivo edifícios que integrem as diretrizes para os sistemas técnicos<sup>4</sup> e elementos construtivos da envolvente exterior de modo a potencializar os efeitos de conforto térmico do ambiente, adequado comportamento térmico, eficiência e durabilidade dos sistemas instalados e uso racional das energias renováveis. Para isto, são exigidos requisitos mínimos de desempenho referentes aos sistemas da envolvente exterior. Em relação aos sistemas técnicos, há a avaliação do desempenho energético na sua totalidade por meio da análise do dimensionamento adequado, instalação correta, controlo e ajustamento.

Para edifícios de habitação, há o cumprimento de requisitos relativos aos elementos construtivos tais como envolvente exterior opaca, envolvente exterior envidraçada, sistemas de climatização e ventilação, sistemas de preparação de água quente e produção local de energia elétrica, instalações mecânicas como elevadores e plataformas e estruturas de abastecimento de veículos elétricos. Tais diretrizes se aplicarão a todos os edifícios novos com processos de aprovações e licenças iniciados após a publicação da referida Lei.

Para alcançar o desempenho energético proposto há o regramento para obtenção do Certificado Energético [32], documento resultante da avaliação energética de um edifício numa escala de F (muito pouco eficiente) a A+ (muito eficiente) considerando o consumo de energia de sistemas mecânicos de climatização e produção de águas quentes sanitárias, características como isolamentos das janelas e elementos construtivos. Pode ser orientativo no sentido de indicar soluções de melhoria da classificação energética pois isto permite acesso a benefícios fiscais e financiamentos.

De acordo com as informações da Adene [32], os programas mais relevantes em incentivos financeiros foram o Programa Casa Eficiente 2020 [33] e Programa IFRRU 2020 [34], cujas principais premissas se aplicavam aos edifícios de habitação por meio de empréstimos facilitados que fossem utilizados em intervenções construtivas cujos objetivos focassem na eficiência energética, hídrica, gestão de resíduos urbanos e reabilitação urbana.

Além destes programas, há incentivos fiscais em níveis de Imposto Municipal sobre imóveis (IMI), nomeadamente pela redução de até 25% para edifícios com classe energética igual ou superior a A ou se, tendo havido obras de construção e alterações, a classe energética do edifício se elevou em pelo menos dois níveis em relação à classe anterior. Há também a isenção do Imposto Municipal sobre as Transmissões Onerosas de Imóveis (IMT), de modo geral, também para melhorias em intervenções

---

<sup>4</sup> Adotou-se neste trabalho a definição de sistemas técnicos como sendo o equipamento técnico para climatização e ventilação, produção de água quente sanitária, instalações de iluminação, automatização, produção de energia térmica ou elétrica no local, instalações eletromecânicas e infraestrutura de carregamento elétrico de veículos, conforme Decreto-Lei n° 101-D/2020.

realizadas em edifícios ou frações autónomas com mais de 30 anos ou localizados em áreas de reabilitação urbana.

O histórico de certificados em Portugal entre os anos de 2014 e 2022 indica que foram emitidas aproximadamente 1.800.000 certificações, um total de quase 1.600.000 apenas para edifícios residenciais. De acordo com os dados do Censo 2021 [31], Portugal conta com 3.573.416 edifícios construídos, ou seja, apenas 50% do parque edificado tem algum tipo de avaliação energética.

De modo geral, o percentual de certificados emitidos para edifícios de habitação é de 89%, ou seja, quase a totalidade dos certificados emitidos se refere ao parque de habitação no país. Nisto se incluem os projetos, construções finalizadas tanto de edifícios novos como de requalificados. O concelho de Lisboa lidera a emissão de certificados com 149.011 entre 2014 e 2022, seguido pelo concelho do Porto com quase 70 mil. Sintra e Vila Nova de Gaia possuem índices similares em torno dos 50 mil certificados emitidos. Cascais, Braga, Almada, Oeiras, Seixal e Matosinhos integram a lista com números acima de 27 mil cada.

O enquadramento do edifício dentro das classificações envolve uma complexa metodologia de cálculos e requisitos que estão indicados no Despacho n° 6476-H/2021 [35] nomeadamente o Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) cujas diretrizes estão adaptadas as particularidades do território continental e insular do país.

Em consulta aos dados estatísticos apresentados na plataforma do SCE [32] observa-se que os percentuais de edifícios com os mais altos índices de boa classificação (A+ e A) não ultrapassam os 15% enquanto os edifícios menos requeridos (D, E e F) ocupam quase 42% do índice geral.

Em 2014 os edifícios A+ estavam em 1,1% e em 2022 este número aumentou para quase 10%. A maior incidência em termos de níveis emitidos são os edifícios C o que significa que ainda há margem para melhorias substanciais nos requisitos qualitativos dos edifícios. Para o ano de 2022 observa-se que a sustentabilidade do parque edificado precisa melhorar visto que há índices baixos nas melhores classificações, como A+, A- e B, já da classificação C em diante há percentuais que ultrapassam 20% (Figura 10).

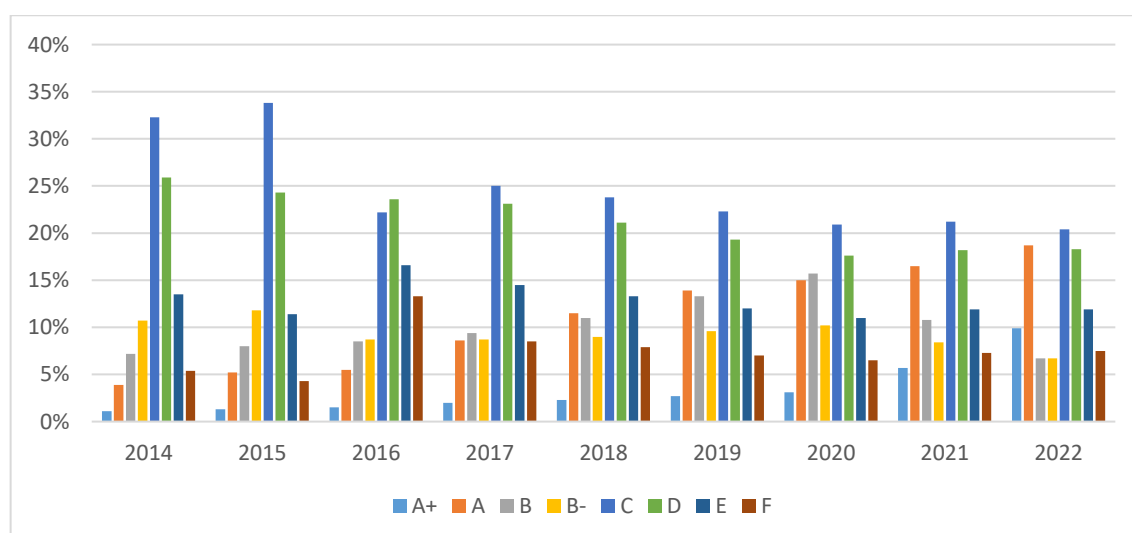


Figura 10 - Certificados SCE emitidos entre os anos de 2014 e 2022 por classe energética [32] (adaptado pela autora).

Há muito o que se melhorar em termos de eficiência no parque edificado português. Diante das metas ambiciosas do Acordo de Paris e da implementação dos edifícios nZEB, obrigatórios a partir do ano de 2020 por meio do Decreto-Lei nº 101-D/2020, é possível afirmar que as políticas de incentivos devem ser mais amplamente difundidas para que os índices locais melhorem e que o país consiga atingir os níveis de emissão poluentes adequados.

Em síntese, atingir as metas previstas no Acordo de Paris começam na elaboração de leis das quais decorrerão regulamentos locais adequados à realidade de cada país para que, assim, possam ser aplicados aos casos locais e gerar melhorias à população e ao clima (Figura 11).

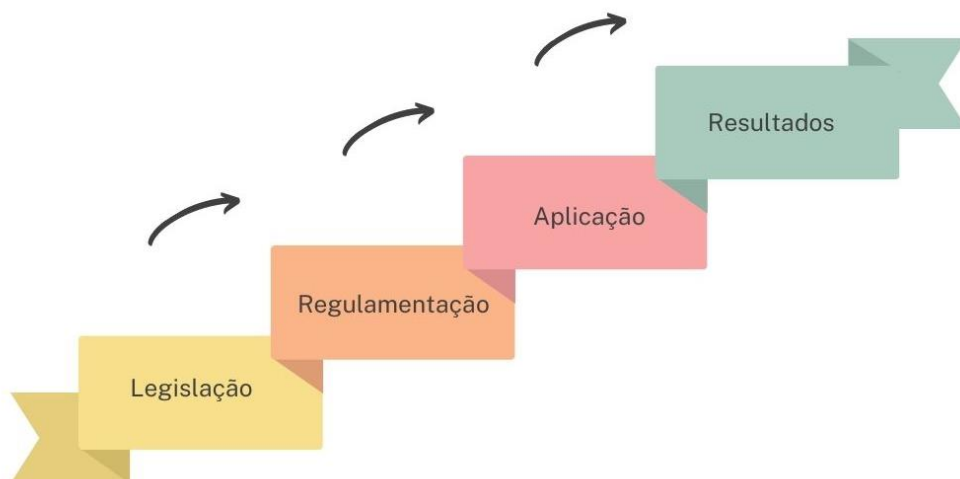


Figura 11 - Síntese do capítulo



# 3

## POBREZA ENERGÉTICA

### 3.1. HISTORICIDADE NO ÂMBITO EUROPEU

O conceito de Pobreza Energética em uma forma geral se define como a incapacidade das famílias em aquecer suas casas de maneira adequada a um custo acessível [36]. Mas este conceito ainda não está pacificado entre os estados-membros pois envolve questões de carácter económico, social, territorial e climático que se diferenciam em cada país.

Foi na Revolução Industrial, no século XVII, que se difundiu a utilização de combustíveis fósseis, nomeadamente o carvão, como matéria-prima para produção de energia necessário ao funcionamento das máquinas a vapor desenvolvidas naquela época [37]. A partir do século XX o petróleo se tornou protagonista como fonte de energia no mundo pois, além de ser utilizado com motor de funcionamento de máquinas, também serve de matéria prima para diversos produtos [38]. A dependência de combustíveis e flutuações de mercado desencadearam a crise do petróleo de 1973.

A crise do petróleo fez surgir a primeira definição no âmbito da pobreza de energia que ficou definido como Pobreza de Combustível. Este conceito se relacionava com a privação que alguns países tinham em obter este recurso, que difere do conceito de Pobreza Energética [39].

É sabido que os países pioneiros no estudo da pobreza de combustível foram Reino Unido e Irlanda que se debruçaram sobre dados locais propondo políticas públicas e investimentos para mitigar o problema [40]. No decorrer das décadas, alguns estudiosos se aprofundaram no tema e surgiram outras definições para a Pobreza de Combustíveis. Segundo Lewis (1982), a pobreza de combustíveis se relacionava com a incapacidade de aquecimento adequado na habitação [41]. Em 1991, Brenda Boardman concluiu que se referia a necessidade de o agregado familiar gastar mais de 10% dos rendimentos com combustíveis domésticos para alcançar uma condição de conforto interior [42]. Em 2011, Boardman indicou que o conceito se referia ao agregado familiar que não podia usufruir de serviços energéticos adequados [39]. No mesmo ano, Hills concluiu que a pobreza de combustível seria o agregado familiar que despendia com combustíveis valores que comprometiam o rendimento mensal a ponto de ser enquadrado abaixo do limiar de pobreza em relação aos níveis oficiais [39].

Os conceitos de Pobreza Energética e Pobreza de Combustível referem-se à mesma problemática, que é o acesso insuficiente à energia como serviço essencial à qualidade de vida das pessoas. Ambos se apoiam

nas questões de deficiências no acesso à energia, mas há uma ligeira diferença entre eles. Segundo Bouzarovski et al. [43], a Pobreza de Combustível se refere à baixa acessibilidade a fontes mais primárias de energia, enquanto a Pobreza Energética abrange os problemas relacionados com a acessibilidade do consumidor final a energia para as atividades rotineiras e circunscrevem desigualdades sociais e económicas que implicam problemas de bem-estar e saúde.

Boemi e Papadopoulos [36] afirmam que o termo Pobreza de Combustível é mais utilizado no Reino Unido e Irlanda, enquanto que a União Europeia referencia o fenómeno como Pobreza Energética. Como referido anteriormente, este trabalho adota o conceito de Pobreza Energética e definições da União Europeia e Portugal.

A Pobreza Energética está intrinsecamente relacionada à pobreza de um modo geral quando resulta de diversas condições implícitas à situação de pobreza, tais como inacessibilidade a serviços primários (água e energia) adequados, baixos rendimentos, precariedade dos locais de moradia e problemas de saúde resultante desta interação. A questão se agrava à medida em que problemas políticos e económicos em nível global surgem [36] pois os preços de energia são influenciados pelos preços globais do petróleo ou por regulações de mercado impostas pela União Europeia [44]. Atualmente, a pandemia da COVID-19 e a guerra em curso na Europa agravou a situação de pobreza e impactou nos preços da energia e acesso à mesma.

De acordo com Thomson et al. [44], outra questão que pode influenciar nos preços da energia resulta de situações climáticas extremas que podem aumentar a demanda por aquecimento ou arrefecimento. Famílias em situação de Pobreza Energética têm duas opções: comprometer um percentual significativo da renda para tornar as casas agradáveis sob o ponto de vista de clima interior ou se privarem de gastos com energia e tornarem as casas desconfortáveis. Esta precariedade energética pode prejudicar as condições de saúde física e mental das famílias, afetar hábitos cotidianos e levar até à exclusão social.

A combinação de baixos rendimentos e tributação dos preços de energia agravam a Pobreza Energética [43]. O rendimento dos agregados familiares influencia na capacidade de arcar com as despesas rotineiras, afeta o poder de compra e pode resultar em privação material. No caso da União Europeia, os países membros possuem diferentes níveis desenvolvimento económico e social e um dos pontos em que isto se reflete é no valor do salário mínimo [39]. Conforme verificado na figura abaixo (Figura 12), as estatísticas de 2023 apontam a Bulgária com 399 € de valor mensal, ou seja, o menor rendimento entre os Estados-Membros. Luxemburgo possui o valor mais alto, totalizando 2 387 € mensais.

Segundo o site Eurostat [45], os Estados-Membros podem ser agrupados em três categorias de acordo com o valor do salário mínimo. O grupo 1 engloba países com valores superiores a 1 500 € por mês, formado por Luxemburgo, Alemanha, Bélgica, Holanda, Irlanda e França. Grupo 2 composto por Eslovênia e Espanha, países com rendimento entre 1 000 € e 1 500 € por mês. O Grupo 3 se trata da faixa mais baixa cujo salário mínimo mensal é inferior a 1 000 € por mês. Neste grupo estão inclusos Chipre, Portugal, Malta, Lituânia, Grécia, Polónia, Estónia, República Checa, Eslováquia, Croácia, Letónia, Roménia, Hungria e Bulgária.

Além do salário mínimo, há outros fatores económicos para avaliar a renda das famílias e suas implicações na privação de energia e qualidade de vida. Índices como Padrões de Poder de Compra (PPS) e a proporção de ganhadores de salário mínimo envolvem um aprofundamento em questões de Economia. Para este trabalho, é importante clarificar que o panorama social e económico dos Estados-Membros da União Europeia é heterogêneo e isto implica realidades diversas que requerem ações adaptadas à realidade local.

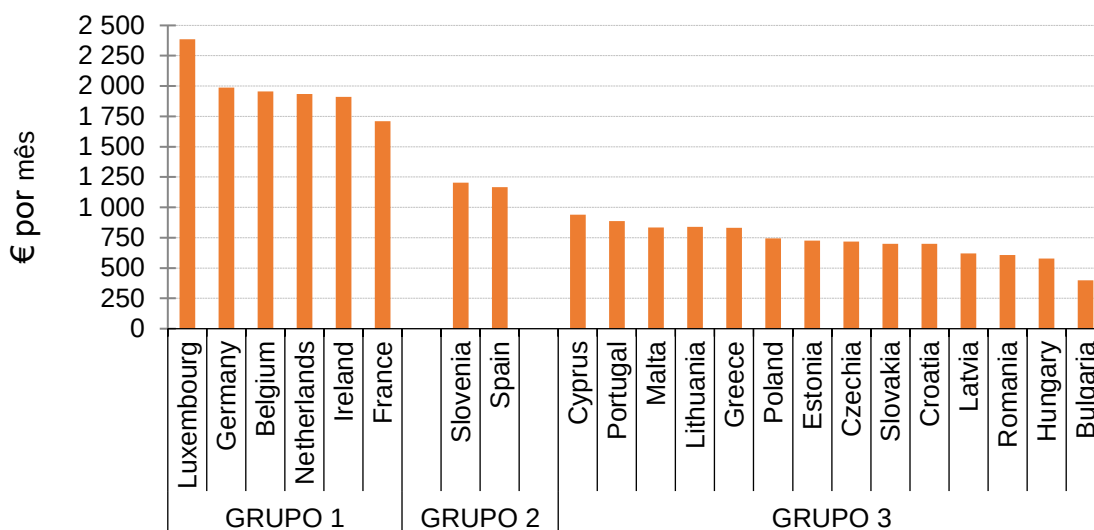


Figura 12 - Valores de salário mínimo nos países da União Europeia<sup>5</sup> [45] (adaptado pela autora).

É sabido que o preço da energia é afetado por condições de oferta e demanda, fatores geopolíticos, episódios climáticos severos e excepcionais e também da política de impostos de cada país. Na União Europeia há diferenças nos preços da eletricidade em função dos custos de vida de modo geral, mas também das flutuações de impostos que podem ser reguladas pelos governos. No segundo semestre de 2022, o preço médio da eletricidade para consumidores domésticos<sup>6</sup> na EU foi de 0,284 €/KWh [46]. O gráfico abaixo (Figura 13) mostra a relação entre o valor das taxas e impostos na composição do preço final da energia aos consumidores domésticos. Holanda, Grécia, República Tcheca, Suécia, Áustria e Portugal tiveram índices negativos de impostos para tentar diminuir o impacto nos valores finais. A Dinamarca foi o país com maior carga tributária entre os Estados-Membros, totalizando 38% do preço final. Vale salientar que os dados do segundo semestre de 2022 têm como panorama geopolítico a guerra na Europa e a retomada pós COVID-19.

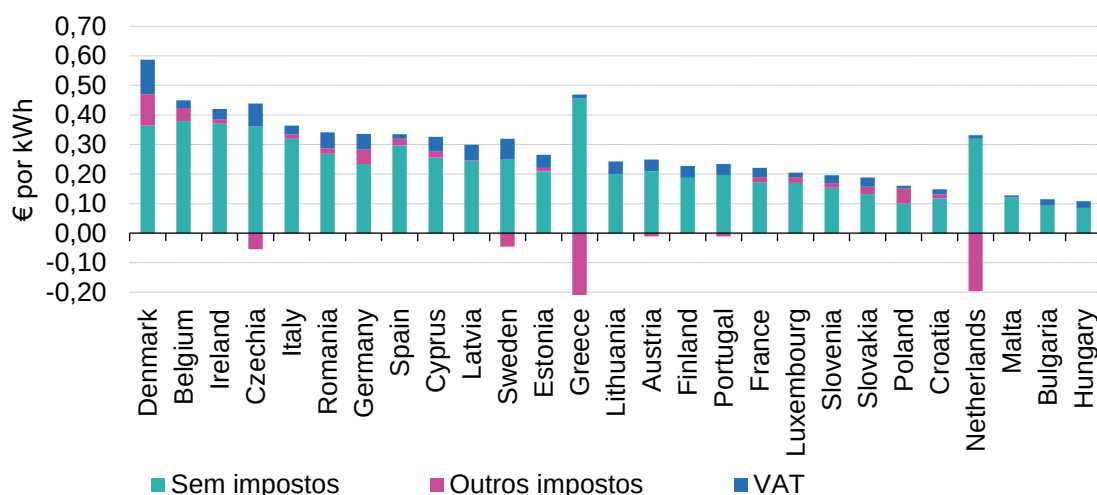


Figura 13 - Preços da eletricidade para os consumidores domésticos no segundo semestre de 2022 [46] (adaptado pela autora).

<sup>5</sup> Em Dinamarca, Itália, Áustria, Finlândia e Suécia não há salário mínimo nacional.

<sup>6</sup> Este trabalho considera consumidores domésticos de média dimensão; aqueles que possuem um consumo anual entre 2 500 KWh e 5 000 KWh, conforme dados da Eurostat.

De maneira geral, o preço da energia elétrica está aumentando na Europa (Figura 14). Conforme levantamento da Eurostat entre os anos de 2008 e 2022, exceto por alguns períodos de leve diminuição, os preços da energia seguiam um aumento gradual, mas a partir de 2021 houve um acréscimo volumoso nos valores médios [46]. Apenas entre os anos de 2021 e 2022 o custo da energia subiu 29% na média europeia.

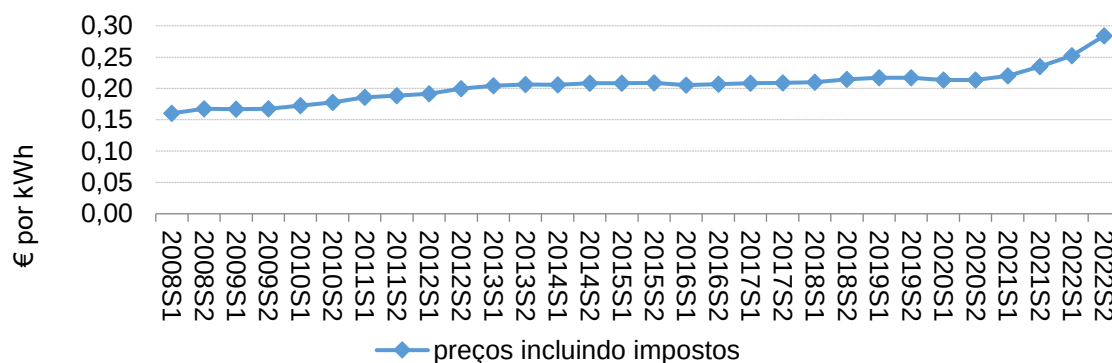


Figura 14 - Evolução dos preços da eletricidade para os consumidores domésticos, 2008-2022 [46] (adaptado pela autora).

Assim como a eletricidade, os preços do gás natural também oscilam conforme as condições geopolíticas e regramentos de impostos regidos pela União Europeia ou diretrizes internas dos países membros. Conforme o gráfico abaixo (Figura 15), no segundo semestre de 2022 a Suécia tinha o valor mais alto de gás e os maiores percentuais aplicados de impostos. Porém, segundo informações do Eurostat, a utilização desta fonte energética não é muito comum, o que leva a concluir que isto não afeta os índices de aquecimento das habitações do país. Neste período de 2022, houve diminuição nos percentuais de impostos repassados aos consumidores domésticos<sup>7</sup>. Dinamarca, Itália, Letônia e Luxemburgo incorreram em diminuição de tributos [47].

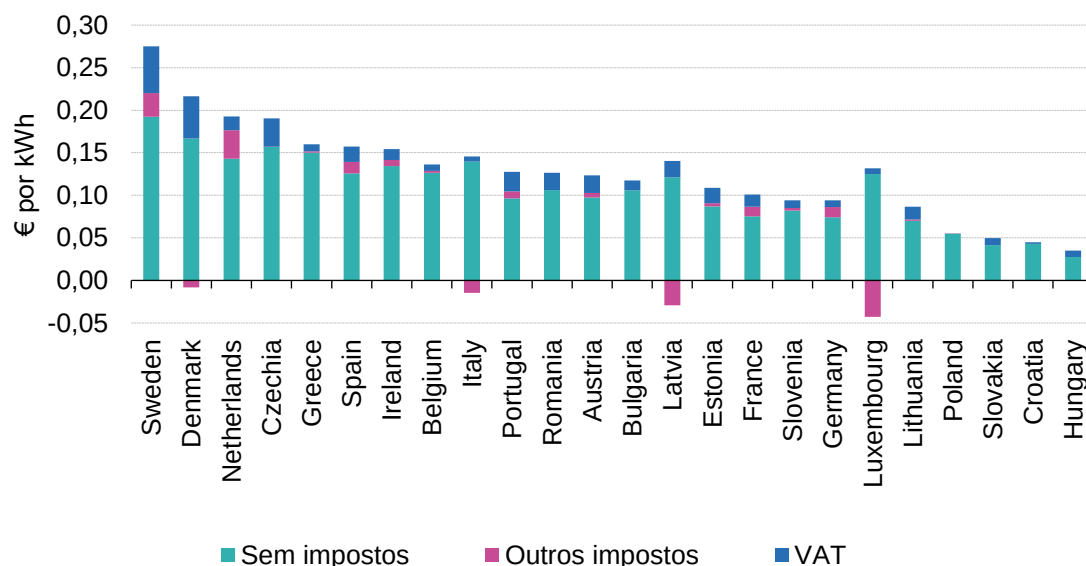


Figura 15 - Preços do gás para os consumidores domésticos no segundo semestre de 2022 [47] (adaptado pela autora).

<sup>7</sup> Este trabalho considera consumidores domésticos de média dimensão; aqueles que possuem consumo anual entre 20 Gigajoules (GJ) e 200 GJ, conforme dados da Eurostat.

Com relação à evolução do aumento dos preços do gás natural (Figura 16), o segundo semestre de 2022 apresentou quase 70% de aumento para consumo doméstico, o que significa um percentual expressivo no intervalo de um ano. Segundo o Eurostat, trata-se de um recorde histórico desde o início da coleta de dados, conforme observa-se no gráfico abaixo. Em relação ao início da série histórica, os impostos saltaram de 34% no primeiro semestre de 2008 para 55% no primeiro semestre de 2021. Em contrapartida, a segunda metade de 2022 apresentou impostos de 16% resultado dos subsídios governamentais para diminuir o impacto dos preços da energia no orçamento doméstico [47].

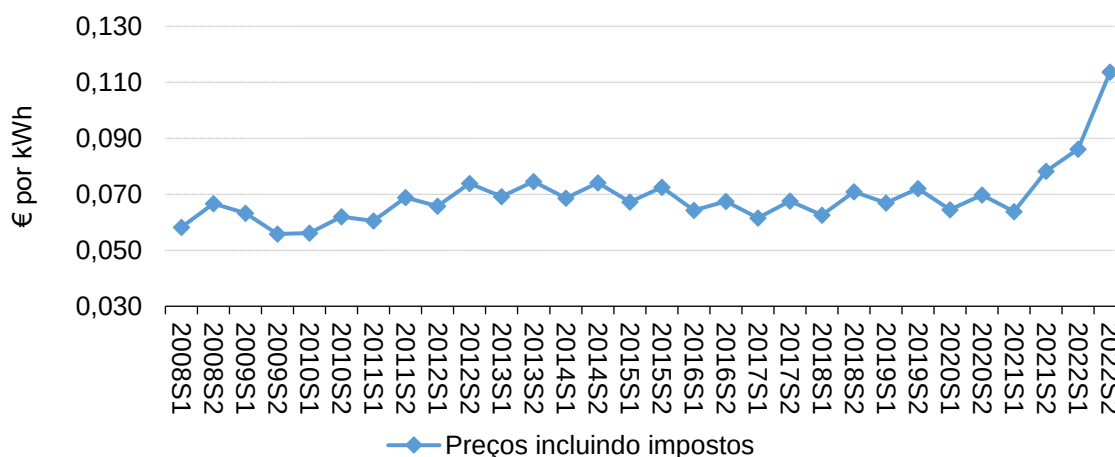


Figura 16 - Evolução dos preços do gás natural para os consumidores domésticos, 2008-2022 [47] (adaptado pela autora).

Por meio da análise dos indicadores de renda e preço médio da energia, é possível concluir que o papel de políticas governamentais é importante para promover acesso da população à eletricidade de maneira justa. Ações de regulação, subsídios na conta de energia, modalidades de pagamento adaptada às necessidades socioeconômicas e proibição de desconexão podem ser utilizadas como forma de mitigar o problema [48].

Apesar de não haver uma definição consensual sobre esta problemática, é possível verificar que há uma relação direta entre o rendimento familiar e o gasto com energia, influenciado pelos preços da energia e a eficiência energética nas habitações [30]. Este conceito é endossado por Kyprianou (et al., 2019) em seu estudo comparativo intitulado “Energy poverty policies and measures in 5 EU countries: A comparative study. Energy and Buildings” [1].

*“Pobreza Energética é a incapacidade de atingir um nível social e materialmente necessário de serviços domésticos de energia. Na UE, isso ocorre principalmente devido a baixos rendimentos, baixo desempenho energético dos edifícios e altos custos de energia. Os impactos da Pobreza Energética vão desde vidas sociais prejudicadas até condições de vida insalubres, com consequências adicionais na saúde física e mental de indivíduos pobres em energia [1].”*

Embora esta preocupação tenha surgido há algumas décadas, a Europa incorporou o conceito de Pobreza Energética na legislação apenas em 2009 por meio das Diretivas 2009/72/CE [49] e 2009/73/CE [50], que continham o regramento para os mercados internos da eletricidade e gás [36]. Neles, a Comissão Europeia reconhecia que o problema estava em ascensão e orientava os Estados-Membros a desenvolverem planos nacionais para mitigar o problema. Além disso, solicitava a implementação de políticas públicas para beneficiar os consumidores em situação de vulnerabilidade [49]. Iniciativas como

o Pacote Energia Limpa para todos os Europeus e a criação do Observatório da Pobreza Energética da União Europeia contribuíram na ampliação das políticas de combate ao problema [48].

O Observatório da Pobreza Energética (EPOV) foi uma das iniciativas da União Europeia para apoiar os países membros desenvolvendo metodologias específicas e indicadores em nível nacional necessários ao diagnóstico da Pobreza Energética. Além de ajudar na elaboração das ações, o Observatório também alerta para a importância da monitorização dos índices para avaliar os impactos dos projetos implementados [51].

Durante os 40 meses de duração do programa, iniciado em 2016, foram selecionados indicadores primários e secundários a partir de diferentes fontes de dados para mapear a Pobreza Energética. Tais índices se apoiavam em três principais linhas conceituais: as despesas do agregado familiar, os inquéritos de opinião das famílias sobre a percepção das condições internas das habitações e as medições diretas [51]. Dito isto, o quadro abaixo (Quadro 2) apresenta os 21 indicadores do EPOV para avaliar a Pobreza Energética.

Quadro 2 - Indicadores para avaliar a Pobreza Energética [52] (adaptado pela autora).

| Indicadores Primários                                                  |                                                                                    |                                    |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Indicador                                                              | Definição                                                                          | Índice a considerar                |
| Atraso nas contas de serviços públicos                                 | População com contas de serviços públicos em atraso                                | % da população e agregado familiar |
| Gasto energético absoluto                                              | Gasto energético absoluto abaixo da metade da mediana nacional                     | % de domicílios                    |
| Participação do gasto de energia na renda                              | Parcela do gasto de energia em comparação com a renda disponível                   | % de domicílios                    |
| Incapacidade em manter a casa adequadamente aquecida                   | Parcela da população incapaz de se manter aquecida                                 | % da população e agregado familiar |
| Indicadores Secundários                                                |                                                                                    |                                    |
| Indicador                                                              | Definição                                                                          | Índice a considerar                |
| Preços do óleo combustível                                             | Preços domésticos médios por KWh gerado a partir de óleo combustível               | €/KWh                              |
| Preço da biomassa                                                      | Preços domésticos médios por KWh gerado a partir de biomassa                       | €/KWh                              |
| Preço do carvão                                                        | Preços domésticos médios por KWh gerado a partir do carvão                         | €/KWh                              |
| Preço do aquecimento urbano                                            | Preços domésticos médios por KWh de aquecimento urbano                             | €/KWh                              |
| População vivendo em habitação confortavelmente fresca durante o verão | Parcela da população vivendo em habitações suficientemente isoladas contra o calor | % da população                     |

|                                                                          |                                                                                                                                                                |                 |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| População vivendo em habitação confortavelmente quente durante o inverno | Parcela da população vivendo em habitações suficientemente isoladas contra o frio                                                                              | % da população  |
| Residências em áreas povoadas                                            | Domicílios localizados em áreas densamente (pelo menos 500 habitantes/km <sup>2</sup> ) ou medianamente povoadas (entre 100 e 499 habitantes/km <sup>2</sup> ) | % de domicílios |
| Habitações com etiqueta energética A                                     | Percentual de habitações com etiqueta energética A                                                                                                             | % de domicílios |
| Despesas com energia por quintil de receita                              | Despesas de consumo de eletricidade, gás e outros combustíveis como parcela de renda para o quintil de renda                                                   | % da população  |
| Habitação equipada com ar condicionado                                   | População que vive em habitação equipada com ar condicionado                                                                                                   | % da população  |
| Habitação equipada com aquecimento                                       | População que vive em habitação equipada com aquecimento                                                                                                       | % da população  |
| Excesso de mortalidade no inverno                                        | Parcela de excesso de mortalidades no inverno                                                                                                                  | % da população  |
| Preço da eletricidade doméstica                                          | Preços de eletricidade para consumidores domésticos com todos os impostos e taxas incluídos                                                                    | €/KWh           |
| Preço doméstico do gás natural                                           | Preços do gás natural para consumidores domésticos com todos os impostos e taxas incluídos                                                                     | €/KWh           |
| Número de quartos por pessoa por status de propriedade                   | Número médio de quartos por pessoa em habitações arrendadas/próprias/total                                                                                     | Quartos/pessoa  |
| Risco de pobreza ou exclusão social                                      | Pessoas em risco de pobreza ou exclusão social                                                                                                                 | % da população  |
| Habitação com presença de vazamentos, humidade e apodrecimento           | População que relata problemas com fungos, humidade e patologias na habitação                                                                                  | % da população  |

Bouzarovski et al. [48] afirma que há uma diversidade de projetos de pesquisa financiados pela União Europeia que objetivam compreender os fatores sociodemográficos, vulnerabilidades de renda-idade-gênero, implicações que as variações dos preços de energia causam no cotidiano das famílias e de que forma se caracterizam os baixos níveis de eficiência energética nos edifícios. Em nível europeu, estudos que abordaram as características regionais de clima e população, caracterizando desigualdades e vulnerabilidades, identificaram que países do Leste e Sul do continente estão mais vulneráveis à Pobreza

Energética porque há em comum índices expressivos de pobreza geral, ineficiência das habitações e carência de políticas públicas que minimizem a questão.

De acordo com o mapa abaixo (Figura 17) que apresenta o percentual de população incapaz de alcançar a temperatura adequada em suas moradias, Lituânia, Bulgária, Kosovo e Macedônia do Norte possuem índices superiores a 20%. Em seguida, entre 10% e 20%, estão Portugal, Itália e Grécia. Os países do Norte da Europa possuem os melhores índices de adequação térmica das habitações. De maneira empírica, pode-se concluir que a melhoria no conforto térmico dos países do norte resulta de melhores condições sociais e económicas, de modo geral, e também da melhor qualidade do parque edificado, já que o desempenho térmico nestas regiões de clima mais frio é condição de sobrevivência.

A maior parte das pesquisas sobre o tema indicam que a Pobreza Energética resulta de um conjunto de indicadores que precisam ser pormenorizados. Estudos em níveis regionais e nacionais têm esclarecido quais particularidades influenciam nos problemas em níveis locais e, além de indicadores quantitativos, há que se estudar a percepção de conforto térmico que são altamente subjetivos. Em Portugal, por exemplo, muitas famílias sentem que é “normal e aceitável sentir desconforto térmico em casa” [48].

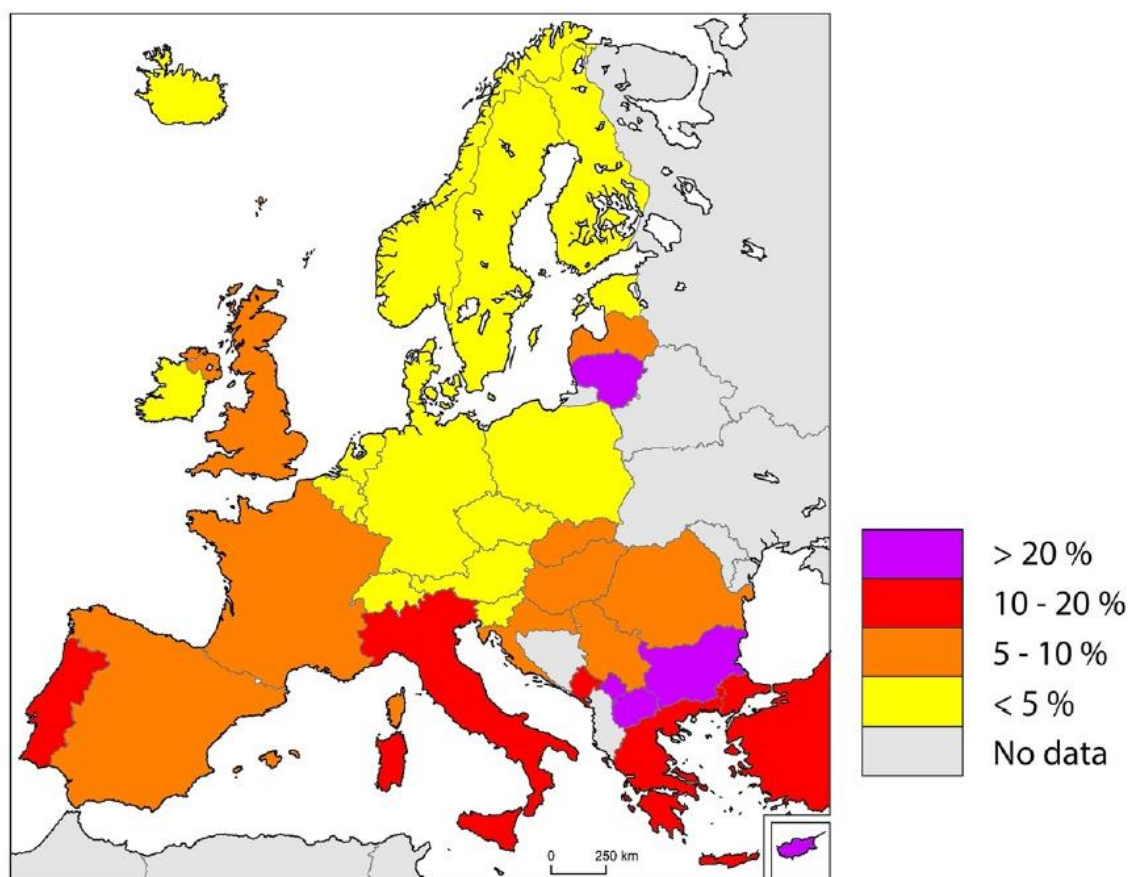


Figura 17 – Mapa da incapacidade de manter casas aquecidas em países da Europa [48].

Diante dos argumentos mencionados anteriormente, constata-se que há diferenças regionais significativas entre os estados-membros que precisam ser levadas em consideração na elaboração de políticas de combate à Pobreza Energética. Kyprianou et al. [1], em seu estudo comparativo “Energy Poverty Policies and Measures in 5 EU Countries: A Comparative Study”, concluiu que a adoção de medidas em nível local resultam em políticas mais diversificadas e eficientes.

No âmbito do Regulamento da EU 2018/1999 [25] que orientava que todos os estados membros elaborassem e apresentassem Planos Nacionais para energia e clima para os anos 2021-2030, diversos países implementaram os Planos Nacionais de Energia e Clima.

A maioria dos PNECs desenvolveu estudos pormenorizados e medidas nacionais para mitigação do problema. Também foram apresentados indicadores para mapear os efeitos sociais, económicos e ambientais da Pobreza Energética nos países. Entre os pontos em comum da maioria dos PNECs está a importância das políticas de reabilitação do parque habitacional tanto para os consumidores vulneráveis quanto para a população em geral.

### **3.2. POBREZA ENERGÉTICA NO ÂMBITO DA LEGISLAÇÃO EM PORTUGAL**

De acordo com Horta et al. [53], Portugal é um dos países mais suscetíveis à Pobreza Energética na União Europeia. Estima-se que entre 15,3% e 23,4% dos agregados familiares portugueses se incluem dentro deste fenómeno. No que se refere à taxa de mortalidade no inverno, indicador de Pobreza Energética, o país apresentou taxas expressivas.

Atualmente a Pobreza Energética está contemplada na legislação portuguesa através do Plano Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC 2030) [28] e, de maneira mais pormenorizada, na Estratégia Nacional de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Energética 2022-2050, ainda em fase de consulta pública.

O objetivo principal do PNEC 2030 vai além da promoção da descarbonização e transição energética de modo factível sob o ponto de vista económico e da utilização racional de recursos. Considera que esta transição seja potencializada e fundamentada por um modelo democrático e justo. O alcance das metas relacionadas a descarbonização e transição energética não devem se esgotar na questão tecnológica, ambiental ou económica. Há que se colocar o cidadão como agente importante desta transformação para que isto implique em uma mudança mais longa e bem-sucedida. Isto inclui priorizar, de maneira estratégica, o combate a Pobreza Energética e a políticas que atendam aos consumidores vulneráveis [28].

O documento orienta que devem ser feitos estudos que mapeiem a situação de Pobreza Energética no país para que seja possível elaborar ações de combate. A medida mais aceita é a reabilitação dos edifícios de modo que sejam mais eficientes sob o ponto de vista do desempenho energético.

Dentro do PNEC 2030 estão previstos procedimentos de combate a Pobreza Energética e melhoria dos dispositivos de proteção aos clientes vulneráveis, os quais seriam:

- Promoção de estratégia de longo prazo para combater a Pobreza Energética com a participação da sociedade por meio de representantes do governo nacional e governos locais, entidades com papel relevante, associações de cidadãos/consumidores, sectores da energia e sector académico. O objetivo será um mapeamento mais preciso da situação com indicadores para acompanhamento, delineamento de estratégias para redução da Pobreza Energética em médio e longo prazo em todas as escalas territoriais, com proposta de medidas de melhoria e também as fontes de financiamento para tal [28].
- Estabelecimento de mecanismo nacional para avaliação e monitorização das situações de Pobreza Energética, tendo em vista que a compreensão das causas e fatores que influenciam nos índices do problema são essenciais para combatê-lo. É necessária a elaboração de uma metodologia uniforme e acessível a todos os agentes para, assim, haver embasamento na elaboração das estratégias para mitigar o problema. O PNEC 2030 deixa clara a necessidade de implementação de um sistema nacional para monitorizar e avaliar periodicamente a situação da Pobreza Energética [28].

- Mecanismos de proteção aos consumidores vulneráveis dando continuidade as práticas já implementadas de redução de encargos aos preços de energia e prever o impedimento de cortes de energia devido a falta ou atraso de pagamento por consumidores em situação de vulnerabilidade [28].
- Desenvolvimento de programas de apoio a eficiência energética e uso de energias renováveis adequados aos consumidores vulneráveis por meio de alterações nos padrões de consumo, investimentos em eficiência energética e reabilitação dos edifícios [28].
- Valorização de estratégias locais de combate à Pobreza Energética são importantes, pois estão mais ajustadas ao clima local e perfil da população. Isto também influencia a eficiência e longevidade das políticas implementadas [28].
- Difundir a informação para mitigação do problema é importante para que o cidadão tenha conhecimento dos mecanismos de apoio social e informação sobre a oferta de tarifa energética mais adequada ao orçamento doméstico. Além disso, tem um papel crucial na mudança dos padrões de consumo que pode auxiliar num melhor aproveitamento da energia consumida, diminuindo custos e minimizando a situação de vulnerabilidade [28].

### **3.3. ESTRATÉGIA NACIONAL DE LONGO PRAZO PARA O COMBATE À POBREZA ENERGÉTICA 2022-2050**

No âmbito do Plano Nacional de Energia e Clima 2030 e dentro de um arcabouço mais amplo de combate à injustiça social do Governo de Portugal apresentado na Estratégia Nacional de Combate à Pobreza 2021-2030 (Resolução do Conselho de Ministros nº 184/2021), está em fase de consulta pública a Estratégia Nacional de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Energética 2022-2050 [29]. Embora o documento ainda esteja em fase de discussão, é importante uma análise para perceber o horizonte de conceituação, ações e fontes de financiamento propostos pelo governo nacional.

Neste documento, o Governo de Portugal reconhece que a Pobreza Energética é um problema expressivo que gera consequências sociais, económicas, ambientais e de saúde pública. Tal situação faz parte do contexto de pobreza em geral, mas precisa ser tratada com ações específicas que envolvem não só medidas de proteção aos consumidores vulneráveis, mas também melhoria da eficiência energética das habitações e difusão da informação à população. O documento apresenta quatro objetivos principais de curto prazo com indicações das fontes de financiamento das ações previstas e estão listados abaixo.

1. *Atribuir, pelo menos, 300 milhões de euros de fundos europeus até 2025 para a concretização da reabilitação e de ações de eficiência energética nos edifícios residenciais;*
2. *Atribuir, até 2025, 100 000 vales eficiência no valor de 1.600 €<sup>8</sup> entre as famílias em situação de Pobreza Energética, para que possam adotar soluções que promovam o melhor desempenho energético das suas habitações;*
3. *Adotar e disponibilizar um sistema de monitorização da Pobreza Energética em Portugal, através da recolha, tratamento e disponibilização de informação para promover o desenvolvimento de estruturas locais para o apoio e acompanhamento das famílias em situação de Pobreza Energética;*

---

<sup>8</sup> Corresponde a 1.300 € acrescidos de IVA, a taxa legal em vigor.

4. *Estimular o desenvolvimento de projetos de autoconsumo e CER<sup>9</sup> que integrem famílias em situação de Pobreza Energética, através de estímulos e incentivos aos promotores.*[29]

Em que pese o fato de o fenômeno da Pobreza Energética ser multidimensional, foram elencados três fatores principais para embasar as ações combativas na política nacional. Os baixos **rendimentos** que implicam deficiência do orçamento do agregado familiar para arcar com as contas de energia; deficiência no acesso a serviços de **energia** adequados, baixa qualidade e eficiência dos equipamentos domésticos, e baixo desempenho energético das **habitações** que requerem maiores gastos para aquecimento ou arrefecimento [29].

O documento em questão define formalmente o conceito de Pobreza Energética, que corresponde à “incapacidade ou dificuldade de obter um nível adequado de serviços energéticos essenciais, devido a uma combinação de vários fatores, tais como rendimentos, desempenho energético da habitação e preços de energia” [29].

Isto posto, é importante salientar que foram elencados indicadores primários e secundários para diagnosticar a população em situação de Pobreza Energética (Quadro 3). Índices que se assemelham aos apresentados no Observatório da Pobreza Energética (EPOV), mas que foram adaptados à realidade e percentuais atuais de Portugal. Estes indicadores podem contribuir para o desenvolvimento de estudos locais, já que os critérios homogêneos mostram a realidade de modo mais assertivo.

Quadro 3 - Indicadores primários e secundários para mapear a Pobreza Energética em Portugal [29] (adaptado pela autora).

|                       | Indicador                                                                                                           | Valor                                                    | Referência         |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------|
| INDICADORES PRIMÁRIOS | População cujo agregado familiar não tem capacidade de manter a casa adequadamente aquecida                         | 17,4%<br>(≈1,8 milhões de pessoas)                       | 2020<br>(INE, I.P) |
|                       | População em situação de pobreza cujo agregado familiar não tem capacidade de manter a casa adequadamente aquecida  | 38%<br>(≈740 mil pessoas)                                | 2019<br>(INE, I.P) |
|                       | Desempenho energético das habitações                                                                                | 69,9% <sup>10</sup> (classe de eficiência C ou inferior) | 2020<br>(ADENE)    |
|                       | População vivendo em habitações problemas de infiltrações, humidade ou elementos apodrecidos                        | 24,4%<br>(≈2,5 milhões de pessoas)                       | 2019<br>(Eurostat) |
|                       | População em situação de pobreza vivendo em habitações problemas de infiltrações, humidade ou elementos apodrecidos | 36,5%<br>(≈900 mil pessoas)                              | 2019<br>(Eurostat) |
|                       | Agregado familiar cuja despesa com energia ultrapassa 10% do total da renda                                         | 1.202.567<br>(≈3 milhões de pessoas)                     | 2016<br>(INE, I.P) |

<sup>9</sup> Comunidade de Energia Renovável

<sup>10</sup> Percentual em função do número de certificados emitidos

|                         |                                                                                                    |                                      |                    |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
|                         | Agregado familiar em situação de pobreza cuja despesa com energia ultrapassa 10% do total da renda | 263.033<br>(≈660 mil pessoas)        | 2016<br>(INE, I.P) |
| INDICADORES SECUNDÁRIOS | População em risco de pobreza                                                                      | 16,2%<br>(≈1,7 milhões de pessoas)   | 2019<br>(INE, I.P) |
|                         | Agregado familiar que utiliza Tarifa Social de Eletricidade                                        | 752.956<br>(≈1,9 milhões de pessoas) | 2020<br>(DGEG)     |
|                         | Agregado familiar que utiliza Tarifa Social de Gás Natural                                         | 34.709<br>(≈87 mil pessoas)          | 2020<br>(DGEG)     |
|                         | População vivendo em habitações não confortavelmente frescas durante o verão                       | 35,7%<br>(≈3,7 milhões de pessoas)   | 2012<br>(Eurostat) |
|                         | População com dívidas nos serviços públicos                                                        | 4,3%<br>(≈440 mil pessoas)           | 2019<br>(Eurostat) |
|                         | População em situação de pobreza com dívidas nos serviços públicos                                 | 11,8%<br>(≈52 mil pessoas)           | 2019<br>(Eurostat) |
|                         | Interrupções no fornecimento por fato de responsabilidade do consumidor                            | 524.364                              | 2019<br>(ERSE)     |
|                         | Conhecimento sobre energia elétrica por parte dos consumidores                                     | 43,8 pontos <sup>11</sup>            | 2020<br>(ERSE)     |

A estratégia de atuação prevê que os objetivos no curto, médio e longo prazo estejam alinhados com o PNEC 2030. Por meio de monitorização regular, será possível acompanhar e avaliar o cumprimento e eficiência das ações ao longo do tempo. A estratégia portuguesa pretende ser implementada por meio de identificação dos agregados familiares para, assim, avaliar as medidas adequadas e implementá-las e, por fim, realizar a monitorização periódica, resumido na figura abaixo (Figura 18).

<sup>11</sup> Numa escala de 0 a 100 pontos

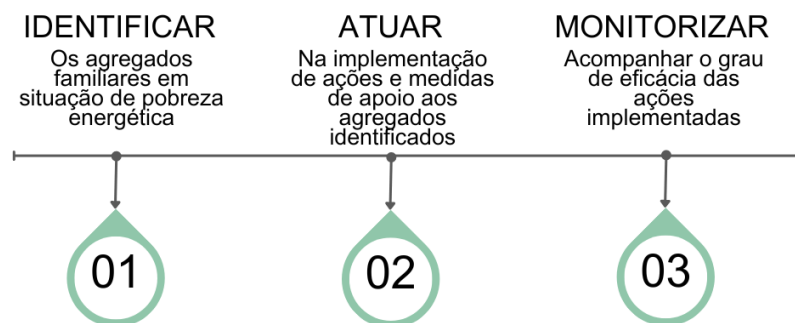


Figura 18 - Etapas para implementação da Estratégia [29] (adaptado pela autora).

As ações previstas para a efetivação da estratégia incluem a reabilitação de edifícios com soluções que priorizem a eficiência da componente passiva. Assim, buscar-se-á a adoção de tecnologias, materiais e processos que aumentem o desempenho energético do edifício recorrendo minimamente ao uso de energia, além da substituição de equipamentos por outros mais eficientes e seguros. Por consequência, espera-se que os custos e impacto da energia elétrica diminuam no orçamento das famílias [29].

O compromisso principal da Estratégia Nacional de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Energética é a melhoria da qualidade de vida da população por meio da mitigação do problema da Pobreza Energética. Neste contexto, estão previstas metas para alguns índices que pretendem ser atingidos a cada dez anos (Quadro 4).

Quadro 4 - Principais objetivos da Estratégia Nacional de Longo Prazo para Combate à Pobreza Energética em Portugal [29] (adaptado pela autora).

| Indicador                                                                                        | Baseline                             | 2030                                  | 2040                          | 2050                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| População cujo agregado familiar não tem capacidade de manter a casa adequadamente aquecida      | 17,4%<br>(≈1,8 milhões de pessoas)   | 10%<br>(≈1 milhão de pessoas)         | 5%<br>(≈500 mil pessoas)      | <1%<br>(<100 mil pessoas) |
| Agregado familiar cuja despesa com energia ultrapassa 10% do total da renda                      | 1.202.567<br>(≈3 milhões de pessoas) | 700.000<br>(≈1,75 milhões de pessoas) | 250.000<br>(≈625 mil pessoas) | 0                         |
| População vivendo em habitações com problemas de infiltrações, humidade ou elementos apodrecidos | 24,4%<br>(≈2,5 milhões de pessoas)   | 20%<br>(≈2 milhões de pessoas)        | 10%<br>(≈1 milhão de pessoas) | <5%<br>(<500 mil pessoas) |
| População vivendo em habitações não confortavelmente frescas durante o verão                     | 35,7%<br>(≈3,7 milhões de pessoas)   | 20%<br>(≈2 milhões de pessoas)        | 10%<br>(≈1 milhão de pessoas) | <5%<br>(<500 mil pessoas) |

Conforme os indicadores do quadro supracitado, nota-se que a preocupação do governo local não se restringe a manter as casas aquecidas, mas a preocupação com as temperaturas de verão também se apresenta e faz-se relevante, pois Portugal possui períodos e regiões com verões mais expressivos.

Em resumo, os níveis de rendimento da população portuguesa colocam gastos com melhorias habitacionais fora das prioridades, o que gera habitações precárias com menor qualidade interior edeteriora a saúde e o bem-estar da população (Figura 19).



Figura 19 – Síntese do capítulo

## 4

## METODOLOGIA DA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

### 4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A importância do tema escolhido para a dissertação se faz relevante devido ao contexto mundial de crise climática e a urgência no desenvolvimento de estratégias de eficiência energética aplicada a casos concretos. O processo inicial de pesquisa foi realizado em bases de dados científicas e utilizaram-se algumas expressões-chave (Quadro 5).

Quadro 5 - Tópicos iniciais de pesquisa

|                                |
|--------------------------------|
| Pobreza energética             |
| Pobreza energética em Portugal |
| Regulamentos térmicos          |
| Conforto térmico               |

Neste contexto, integram a base de referencial bibliográfico deste trabalho as plataformas Scopus, Google Acadêmico, Repositório Aberto da Universidade do Porto e Repositório Aberto da Universidade do Minho, entre outros. Todas as buscas foram direcionadas para estudos na Europa. É reiterada a importância desta pesquisa em relacionar as condições de Pobreza Energética com a construção e não apenas com causas socioeconómicas. As fontes primárias consideradas foram as plataformas PORDATA e Instituto Nacional de Estatística.

Em resumo, o processo de pesquisa foi baseado na combinação de palavras-chave e quatro filtros principais:

- Período de publicação entre 2010-2022
- Local onde foi direcionado o estudo – Europa
- Documento – artigo, documento de conferência, tese, livro, capítulo de livro
- Área temática – Engenharia, conforto ambiental, energia, desenvolvimento ambiental

A triagem do material pesquisado, num primeiro momento, foi realizada após a leitura dos resumos, excluindo as fontes que não tinham relevância e mantidas as consideradas importantes para a leitura do texto integral. Com isso, foram selecionadas as referências bibliográficas utilizadas neste trabalho.

Em paralelo ao processo de pesquisa bibliográfica, foram escolhidas habitações para monitorização e iniciada a medição nos meses de maio e junho. Após concluído o período de monitorização, os dados foram compilados e analisados (Figura 20). Em seguida, foi feita a pesquisa social com elaboração de um inquérito composto por 43 questões e visita ao local de estudo.

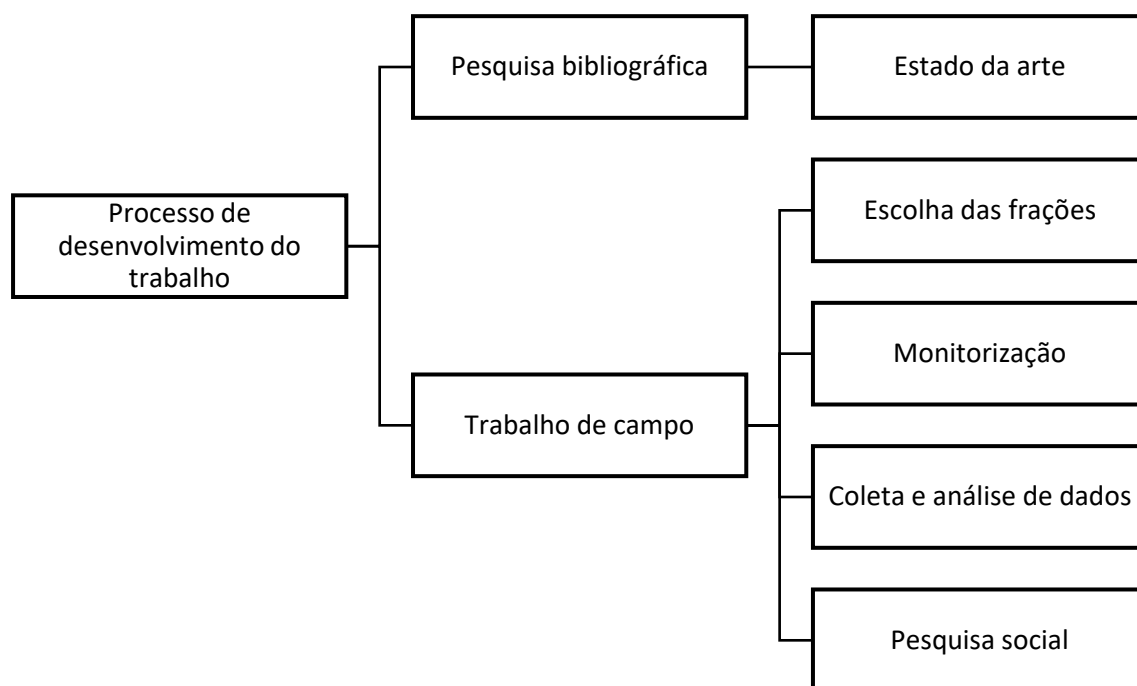


Figura 20 - Fluxograma do processo de desenvolvimento do trabalho.

Inicialmente, foram mapeadas três habitações para estudo e monitorização, mas por dificuldades técnicas e o não enquadramento no fator de renda económica, apenas uma amostra foi escolhida. Em termos de pesquisa quantitativa, isso seria insuficiente, mas o trabalho em questão não objetiva mapear índices gerais e sim elaborar uma proposta de melhoria mediante um caso concreto que tem como base teórica o estudo da Pobreza Energética e dos regulamentos térmicos em Portugal.

## 4.2 MONITORIZAÇÃO

Para verificar as condições de conforto térmico da habitação e obter dados de temperatura e humidade interiores, realizou-se a monitorização. O equipamento utilizado no local foi o medidor Sensirion SHT4x Smart Gadget [54], e o *download* dos dados foi feito por aplicação para smartphone denominada Sensirion MyAmbience versão 3.0.0, do próprio fabricante (Figura 21).

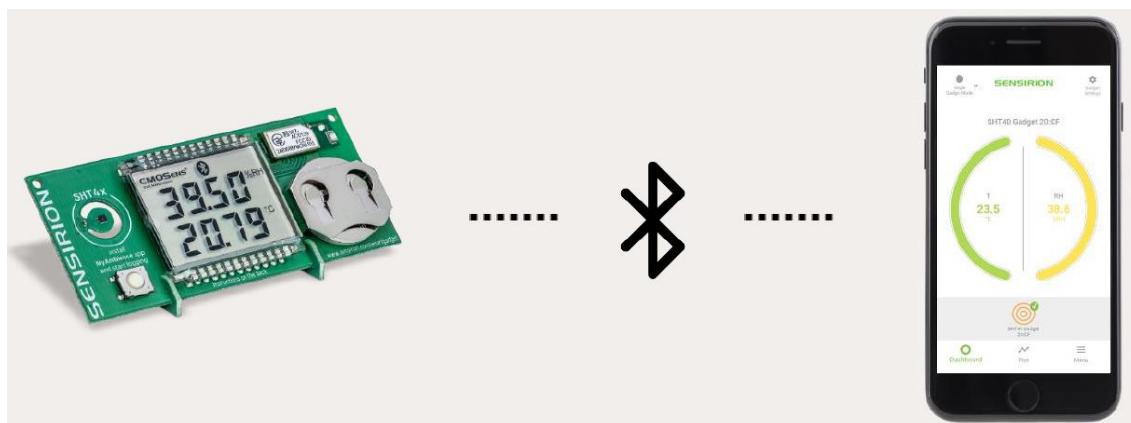


Figura 21 - Sensor utilizado [54].

A aplicação permite escolher unidades de temperatura entre Celsius (°C), Fahrenheit (°F) ou Kelvin (K). Com relação à humidade, é possível escolher entre ponto de orvalho, índice de calor determinado de acordo com o National Weather Service and Weather Forecast Office da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ou humidade relativa. O intervalo de aferição é de 1 – 2 ou 10 segundos, 1 – 2 – 5 ou 10 minutos, 1 hora ou 3 horas.

Neste trabalho, a escolha foi por unidade de temperatura em graus Celsius (°C), humidade relativa (%) e intervalo de medições de 10 minutos.

Concluído o período de monitorização, o equipamento permite descarregar os dados e analisá-los diretamente na aplicação ou, como alternativa, é possível exportar os dados em formato .csv para o software Microsoft Excel e formatar gráficos que melhor se adequem ao objetivo do estudo.

Finalizado o Estado da Arte e concluído o processo do trabalho de campo, os componentes construtivos da fração foram estudados, e foi elaborada a proposta de melhoria que melhor se aplicasse ao caso concreto.

Primeiramente, foram estudados os níveis de coeficiente de transmissão térmica para os elementos construtivos recomendados pelo Decreto-Lei 101D/2020 [27] (Quadro 6) para avaliar quais os elementos construtivos necessitariam de intervenções de melhoria. Conforme o Despacho n.º 15793-F/2013 [55], a zona do Porto se enquadra na I<sub>2</sub>.

Quadro 6 - Dados climáticos do Porto [27] (adaptado pela autora).

| NUTS III                                                                                                                 | I <sub>2</sub> , V <sub>1</sub> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Graus-dias de aquecimento - <b>GD</b>                                                                                    | 1232,4 °C                       |
| Duração da estação de aquecimento - <b>M</b>                                                                             | 6,178 meses                     |
| Temperatura exterior média do mês mais frio - $\theta_{ext,i}$                                                           | 9,977 °C                        |
| Temperatura exterior média - $\theta_{ext,v}$                                                                            | 20,9 °C                         |
| Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a sul - <b>G<sub>SUL</sub></b> | 130 kWh/(m <sup>2</sup> .mês)   |

Observada a zona climática de enquadramento, o DL 101D/2020 [27] estabelece os coeficientes de transmissão térmica máximos e os valores de referência aconselhados. Os valores adotados neste trabalho são descritos a seguir (Quadro 7).

Quadro 7 - Coeficientes de transmissão térmica [27] (adaptado pela autora).

|                                | I <sub>2</sub>                                                                          |                                                                                                |      |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|                                | Coeficiente de Transmissão Térmica Máxima<br>$U_{\text{máx}}$ [W/(m <sup>2</sup> . °C)] | Coeficiente de Transmissão Térmica de Referência<br>$U_{\text{ref}}$ [W/(m <sup>2</sup> . °C)] | RA   |
| Paredes exteriores             | 1,60                                                                                    | 0,60                                                                                           | 1,40 |
| Coberturas                     | 1,00                                                                                    | 0,45                                                                                           | 0,80 |
| Pavimentos                     | 1,00                                                                                    | 0,45                                                                                           | 0,80 |
| Envolvente vertical interior   | 2,00                                                                                    | 1,20                                                                                           | 2,00 |
| Envolvente horizontal interior | 1,30                                                                                    | 0,90                                                                                           | 1,25 |
| Envidraçados                   |                                                                                         | 3,30                                                                                           | 4,30 |

### 4.3 ESTRATÉGIA DE INTERVENÇÃO

A estratégia de intervenção consistiu primeiramente em verificar se os elementos construtivos existentes estavam dentro dos valores de referência e, para os que não estivessem, propor melhorias.

Outro ponto que não será considerado neste estudo são as influências de envolventes interiores com espaços não aquecidos, como caixas de escadas, elevadores ou edifícios adjacentes, pois a fração de estudo se localiza distante destas zonas, o que não resulta em interferências.

Isto posto, os elementos construtivos passíveis de avaliação para verificação de medidas de melhoria são as paredes exteriores, caixas de estores, envidraçados, sistema de aquecimento de água e sistemas de ventilação.

As soluções possíveis levam em conta a melhoria do desempenho energético, conforto térmico e racionalização de custos [56], que podem ser alcançadas de formas distintas de acordo com o tipo de elemento construtivo.

No caso das paredes exteriores, é possível melhorar estes índices com aplicação do isolamento térmico pelo exterior ou interior das paredes existentes, com ou sem caixa de ar (Figura 22).

|              |                                                                                                                                        |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PE.S1</b> | Aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolante (ETICS)                                       |
| <b>PE.S2</b> | Aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado (fachada ventilada)               |
| <b>PE.S3</b> | Aplicação de isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado, madeira, derivados de madeira, etc.)             |
| <b>PE.S4</b> | Aplicação de isolamento térmico pelo interior associado a uma forra pesada (alvenaria de tijolo, elemento prefabricado de betão, etc.) |

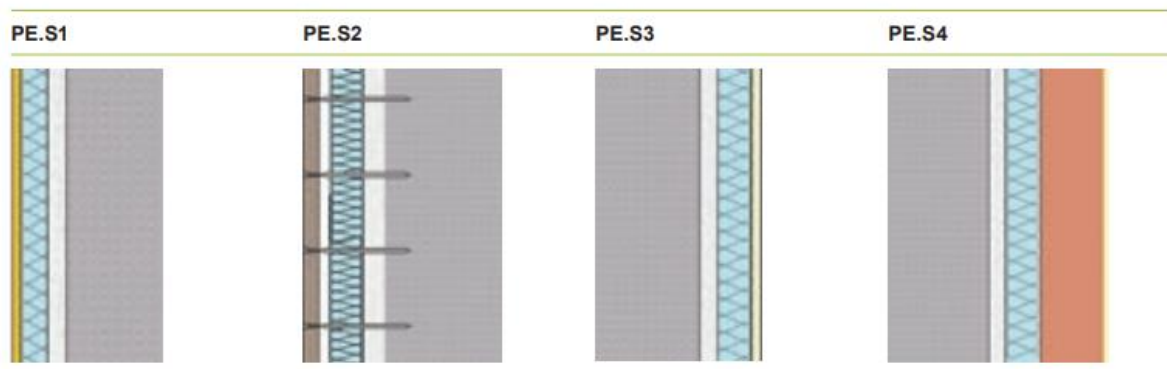


Figura 22 - Soluções para reabilitação de paredes exteriores [56].

Para tratar patologias resultantes de pontes térmicas planas, nomeadamente caixas de estores, as soluções são as mesmas propostas para as paredes exteriores e aplicação de isolamento térmico no interior ou exterior da caixa de estores.

No caso da caixilharia, é possível alcançar bons índices com a melhoria do vidro e da caixilharia, inserção de proteções solares ou adoção de vidros duplos (Figura 23).

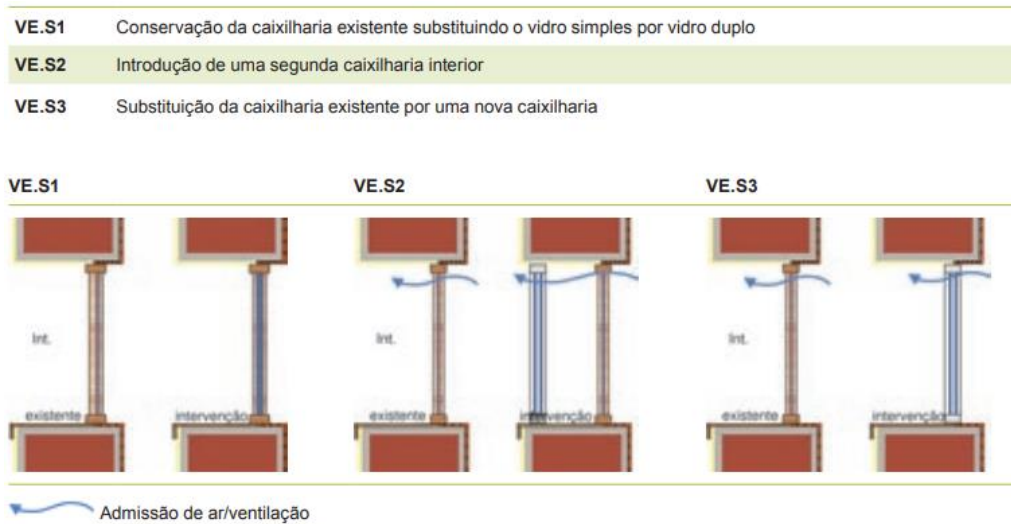


Figura 23 - Soluções para reabilitação de vãos exteriores na estação de aquecimento [56].

Na estação de arrefecimento, nomeadamente o verão, é possível a introdução de proteção solar pelo interior ou exterior combinado a substituição de vidros simples por duplos, adição de caixilharia interior e substituição da caixilharia existente (Figura 24).

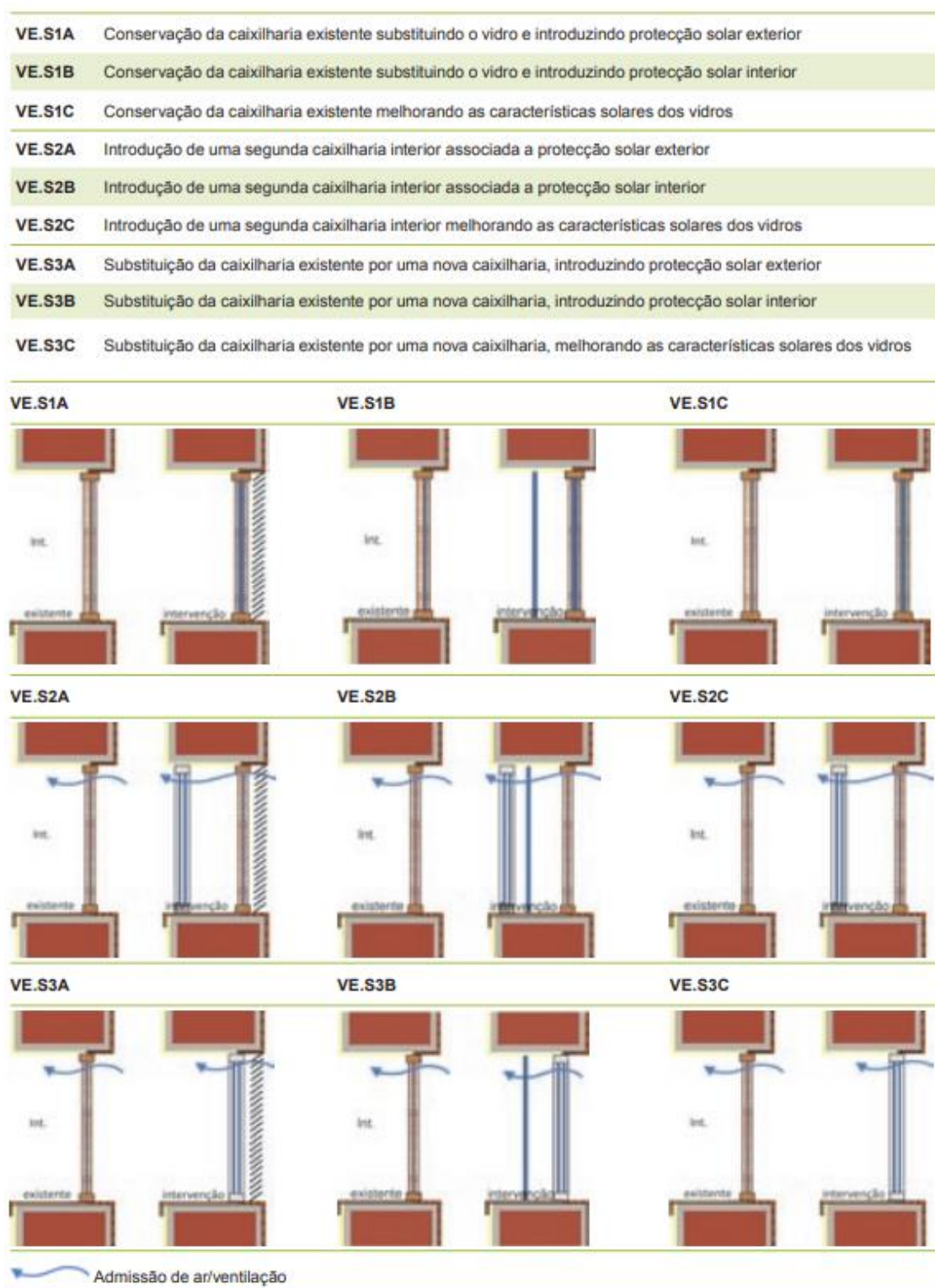


Figura 24 - Soluções para reabilitação de vãos exteriores na estação de arrefecimento [56].

Para o sistema de produção de água quente sanitária, a metodologia de intervenção baseia-se na adoção de equipamentos mais económicos para manter o sistema de aquecimento ou a modificação de todo o sistema de aquecimento utilizado.

As habitações em Portugal possuem quatro tipos principais de preparação de águas quentes sanitárias, nomeadamente termoacumulador elétrico ou a gás, caldeira mural e esquentador a gás (Figura 25).

|                                                             | Termoacumulador elétrico      |                                | Termoacumulador a gás | Caldeira mural (gás) | Esquentador a gás |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|
|                                                             | 0,80<br>(isolamento de 50 mm) | 0,95<br>(isolamento de 100 mm) |                       |                      |                   |
| Rendimento ( $\eta_a$ )*                                    |                               |                                | 0,70                  | 0,65                 | 0,50              |
| Consumo médio diário de referência de AQS (l)               | 120                           |                                |                       |                      |                   |
| Aumento da temperatura necessário para preparar as AQS (°C) | 45                            |                                |                       |                      |                   |
| Número anual de dias de consumo de AQS (dias)               | 365                           |                                |                       |                      |                   |
| Custo da energia (€/kWh)**                                  | 0,10                          | 0,10                           | 0,054                 | 0,054                | 0,054             |
| Custo anual (€)                                             | 287                           | 241                            | 177                   | 190                  | 248               |

(\*) – Valor indicado no RCCTE. Se as redes de distribuição de água quente internas não forem isoladas com pelo menos 10 mm de isolamento térmico, os valores propostos pelo RCCTE para o  $\eta_a$  devem ser diminuídos de 0,10.

(\*\*) – Valor admitido para o presente estudo.

Figura 25 - Principais tipos de sistemas convencionais de produção de AQS e consumo de energia [56].

Observando o quadro acima, depreende-se que os termoacumuladores elétricos são mais económicos do que os demais, variando entre 2.410 e 2.870 kWh/ano, enquanto os demais podem chegar a 4.592,59 kWh/ano (Quadro 8).

Quadro 8 - Cálculo do consumo anual de energia dos sistemas de AQS [56] (adaptado pela autora).

|                     | Termoacumulador elétrico |                   | Termoacumulador a gás | Caldeira mural (gás) | Esquentador a gás |
|---------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|
|                     | isolamento 50 mm         | isolamento 100 mm |                       |                      |                   |
| €/ano               | € 551                    | € 463             | € 535                 | € 574                | € 749             |
| €/kWh <sup>12</sup> | € 0,19                   | € 0,19            | € 0,16                | € 0,16               | € 0,16            |
| Consumo (kWh/ano)   | 2870                     | 2410              | 3277,78               | 3518,52              | 4592,59           |

No que se refere à ventilação em edifício, a Norma Portuguesa NP 1037 – 1: 2002 [57] é o documento utilizado para dimensionamento, esquema de ventilação, definições de caudais-tipo, admissão, passagem e evacuação de ar. Para a classe de exposição 1, o tipo de abertura é de secção constante (aberturas autorreguláveis), e os caudais não devem ser inferiores aos previstos para os compartimentos principais ( $\Delta P = 10\text{Pa}$ ) sem ser excedido o quádruplo do caudal para  $\Delta P \geq 60\text{Pa}$ .

<sup>12</sup> Valores de tarifas simples pesquisados na empresa EDP. Disponível em: <https://www.edp.pt/particulares/energia/tarifarios>. Acesso em 15/07/2023.

A avaliação técnico-económica utilizou as folhas de cálculo OPTITERM-LFC, material desenvolvido pelo Laboratório de Física das Construções da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto [58] (Figura 26).

| DADOS GERAIS DA HABITAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS |                               |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|
| Altitude [m]:                                      | Anos: 15 Ano(s)               |
| Concelho: Porto                                    | Taxa Capitalização média [%]: |
| Nuts III:                                          | Horas de Aquecimento: 24      |
| Graus-dias/Zona:                                   | Variação Custo Energia [%]:   |
| Tipo de elemento: Parede Exterior                  | Custo Actual Energia [€/kWh]: |
| Área elemento [m²]:                                | Custo Investimento [€/m²]:    |

| SOLUÇÃO INICIAL    | SOLUÇÃO REABILITADA |
|--------------------|---------------------|
| $U_i$ [W/(m².°C)]: | $U_r$ [W/(m².°C)]:  |

Concepção e coordenação: FC - FEUP  
 Vasco Peixoto de Freitas, Miguel Vieira, Sandro Alves, Cláudia Ferreira, Ana Sofia Guimarães e Miguel Moua

Figura 26 - Interface Optiterm [58]

Por fim, após analisar todas os aspetos construtivos e possibilidades de intervenções viáveis sob o ponto de vista técnico e económico, juntamente com as respostas ao inquérito social, foi elaborada uma cartilha com as principais recomendações para fornecer ao agregado familiar.

A cartilha está dividida em duas partes, uma para as intervenções construtivas que gerarão custos e outra para ajustes nos hábitos familiares para melhoria do clima interior que resultam em benefícios imediatos em termos de saúde e diminuição das patologias.

Em síntese, trata-se de definir uma metodologia que possibilite a caracterização social e económica da população. Além disso, a verificação precisa das condições de conforto interior por meio de índices resultarão em diagnósticos mais precisos da realidade das habitações portuguesas, tendo em vista que a sensação de conforto térmico é subjetiva e a vulnerabilidade social pode modificar alguns hábitos e fazer com o indivíduo se acostume com o desconforto.

# 5

## ESTUDO DE CASO

### 5.1. ENQUADRAMENTO

O estudo de caso consistiu na monitorização e pesquisa social em uma habitação unifamiliar localizada no distrito do Porto. A monitorização teve como objetivo mapear as variações de temperatura e humidade interiores. A pesquisa social buscou descrever o perfil socioeconómico da família e também a caracterização geral da habitação.

O critério de escolha da amostra de estudo foi o enquadramento dentro dos principais objetivos da Estratégia Nacional de Longo Prazo para Combate à Pobreza Energética em Portugal. Entender quais as dificuldades que os agregados familiares têm para manter habitações que atendam aos índices de conforto térmico no inverno ou verão, quais as patologias mais comuns e comprometimento da renda mensal com gastos de energia foram os elementos norteadores desta escolha. É importante reforçar que a amostra de apenas uma habitação é muito pequena, e, portanto, seria interessante replicar esta análise numa amostra mais alargada para verificação de situações distintas e elaboração de conclusões mais sólidas.

### 5.2. DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

O caso de estudo foi uma fração de um edifício constituído por 4 pisos de habitação e o R/C de comércio. Situado na freguesia de Canidelo, concelho de Vila Nova de Gaia, está circundado pela Rua Barbeitos, Rua da Paz e Rua da Bélgica (Figura 27). Localizado próximo à auto estrada A1, possui 80m de elevação em relação ao nível do mar.

O período de construção do edifício data de 1990 por empreiteira particular e vendido aos proprietários por financiamentos com instituições financeiras particulares. No caso deste estudo, a aquisição foi realizada sem nenhum subsídio do governo.

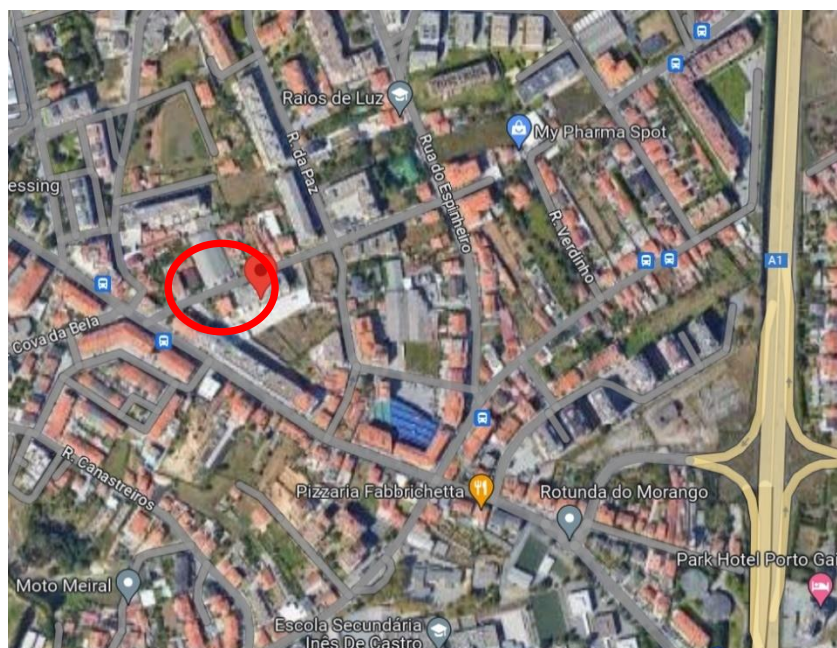


Figura 27 – Localização do caso de estudo [59] (adaptado pela autora).

No que diz respeito à caracterização construtiva do edifício, foi possível verificar que a estrutura é porticada em betão armado. As paredes exteriores possuem espessura de aproximadamente 35cm, constituída por bloco térmico em betão e sistema de capoto, revestidas em tijolo aparente. Os vãos envidraçados são constituídos por janelas em alumínio com folhas de correr e vidro simples. As caixas de estores possuem isolamento térmico e são compostas por régua em PVC.

No edifício escolhido, o R/C é destinado a comércio, e os quatro andares superiores de habitações são unifamiliares (Figura 28).

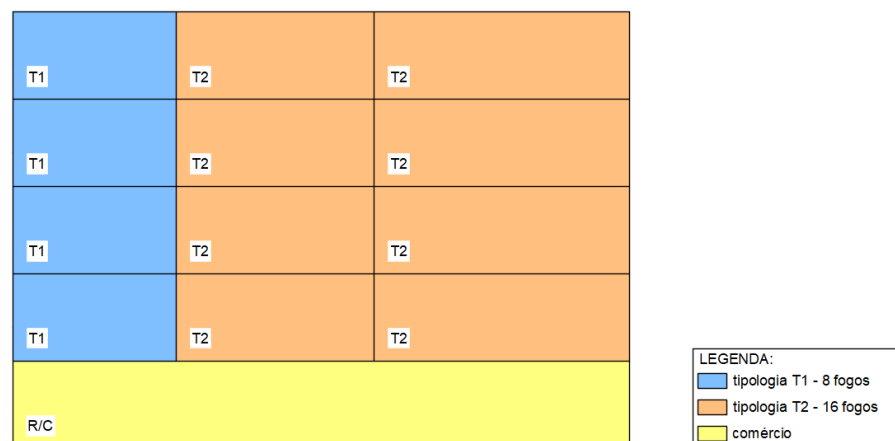


Figura 28 – Corte esquemático.

Cada piso é formado por seis fogos, três em cada lado, totalizando 24 apartamentos divididos entre T1 e T2. A entrada é feita por portão no R/C com acesso ao *hall* central, composto por escada em betão e dois elevadores. O acesso aos apartamentos é feito por um corredor central (Figura 29). Não foram verificados elementos para ventilação no corredor central, totalmente fechado por paredes. Os vãos de abertura dos apartamentos estão localizados no perímetro exterior do edifício.

O fornecimento de energia é individualizado, enquanto o gás é compartilhado e cobrado na fatura de despesas gerais do condomínio. Com relação à presença de painéis solares, não há nenhum equipamento comum de energia renovável instalado, mas segundo informação da moradora, há previsão de realização de obras para esta mais-valia ainda sem data para iniciar.

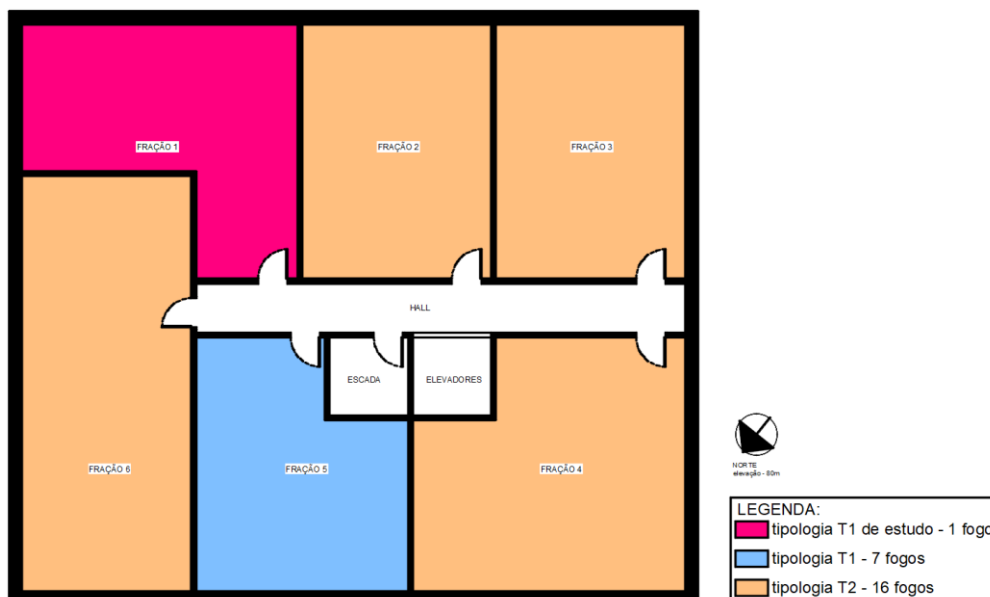


Figura 29 – Planta do piso-tipo.

A fração escolhida para monitorização foi um apartamento T1 com área bruta de aproximadamente 48m<sup>2</sup>, dividido em sala de jantar/estar, cozinha integrada, lavanderia, casa de banho, *hall* e quarto. A disposição dos cômodos inicia pelo acesso principal na sala integrada de estar/jantar/cozinha, onde uma porta acessa a lavanderia e outra volta-se para *hall* da casa de banho e quarto. A sala integrada possui maior área com 19,65m<sup>2</sup>, o quarto possui 14,40m<sup>2</sup> mais 2m<sup>2</sup> de *hall*, a cozinha conta com 4,25m<sup>2</sup>, casa de banho e lavanderia com 3,20m<sup>2</sup> e 2,20m<sup>2</sup> respetivamente (Figura 30).

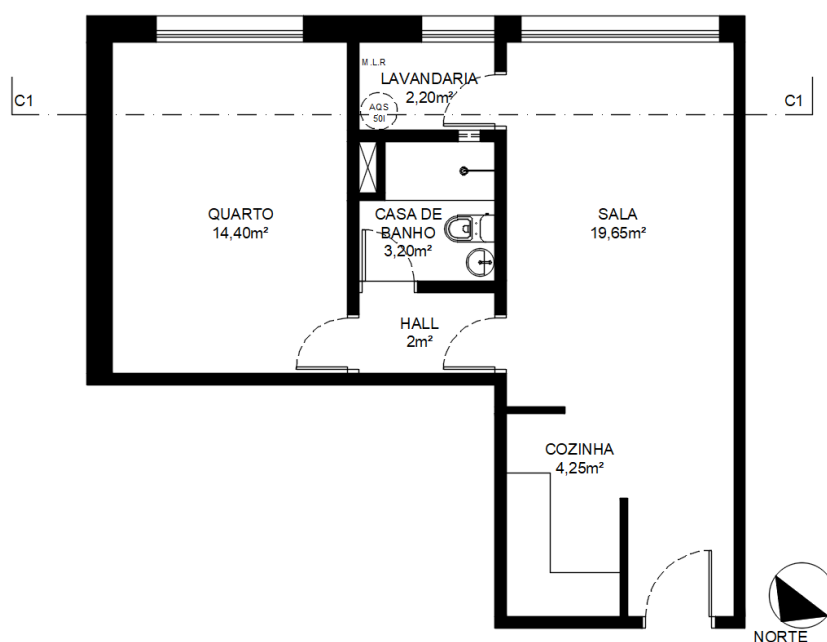


Figura 30 - Planta-baixa e áreas dos compartimentos.

A fração está localizada no 1º andar, orientada a sul e possui uma fachada e uma empena cega. Há vãos de abertura posicionados em uma única parede e não há elementos que propiciem ventilação cruzada na parede oposta. Com relação aos fluxos de ventilação interiores, há pequenas frinchas em todas as portas e um pequeno caixilho na casa de banho, voltado para a lavandaria. A ventilação mecânica é feita por um exaustor na casa de banho e outro na cozinha (Figura 31). O aquecimento de água é realizado por um termoacumulador com capacidade para 50 litros.

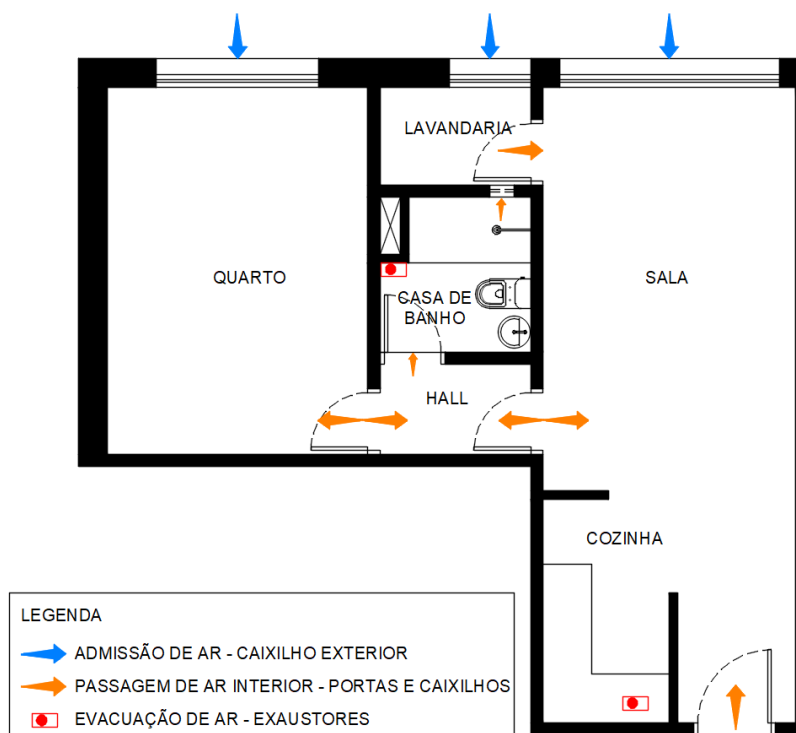


Figura 31 - Esquema de ventilação

A sala e o quarto têm as maiores áreas de caixilharia, com 3,20m² e 2,35m² respetivamente. A lavandaria possui caixilho com área de abertura de 1,10m². Tendo em vista que os caixilhos são compostos por folhas de correr, o vão de abertura é reduzido em 50%, ou seja, sala, quarto e lavandaria possuem aberturas úteis de 1,60m², 1,17m² e 0,55m² (Figura 32).

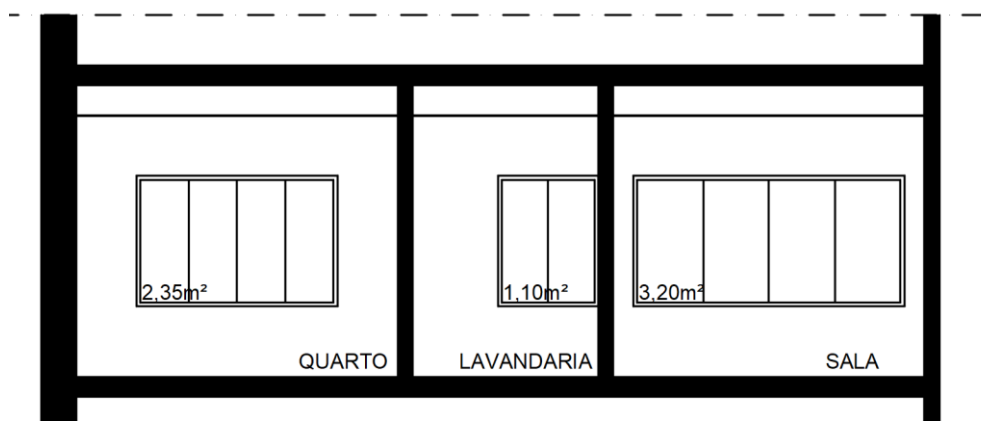


Figura 32 – Corte C1 - Áreas úteis dos vãos exteriores

Com relação às patologias encontradas, verificou-se a presença de bolores resultantes de humidade em todo o perímetro das paredes exteriores do quarto (Figura 33) e da sala (Figura 34) e na parede divisória entre o quarto e a casa de banho (Figura 35). Conforme relatos da proprietária, há um problema de rachadura na parede exterior que foi corrigido há alguns anos e melhorou o problema, mas que carece de nova intervenção, tendo em vista o aumento nas ocorrências de bolores.



Figura 33 - Patologia encontrada no quarto



Figura 34 - Patologia encontrada na sala



Figura 35 - Patologia encontrada no quarto

### 5.3. PESQUISA SOCIAL

Além da monitorização e mapeamento dos aspetos construtivos da fração, foi realizado um inquérito aos moradores para elaborar um perfil de utilização da habitação, possíveis correlações com as patologias encontradas e estudo de medidas de melhorias. A aplicação em larga escala necessita de validação estatística prévia, o que, neste caso, não foi necessário, pois a aplicação experimental foi direcionada a um agregado familiar. O inquérito se baseou nos indicadores primários e secundários do EPOV [52], apresentados no Capítulo 3.

O inquérito (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) foi dividido em seis secções, nomeadamente: caracterização, conforto térmico, custos com energia, impactos na saúde, enquadramento energético e hábitos de morar.

As questões da primeira secção abordaram idade, sexo, número de habitantes, escolaridade e buscaram traçar o perfil social e económico da família.

A segunda etapa buscou entender qual a percepção de conforto que os habitantes possuem, se sentem desconforto no inverno ou verão e quais as medidas ou equipamentos a que recorrem para melhorar o desconforto.

A secção sobre os custos com energia se referiu aos gastos com eletricidade e gás durante os últimos doze meses em comparação com a renda do agregado familiar.

As questões sobre os impactos na saúde buscaram perceber quais eventuais problemas afetam os moradores em decorrência das patologias ou desconforto térmico.

Por último, investigaram-se a rotina do agregado e os hábitos de morar, tais como horários de abertura e fechamento de janelas, utilização dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento e quantidade e

duração de banhos por dia para observar se as ações do cotidiano podem ser ajustadas de modo a propiciar um ambiente interno mais confortável.

O agregado familiar é composto por duas pessoas do sexo feminino, uma com 48 anos e outra com 15 anos, ensino básico 3º ciclo e 2º ciclo, respetivamente. Além disso, há um cachorro e dois gatos que dividem o espaço da residência. A fonte de rendimentos provém da pessoa adulta, trabalhadora por conta de outrem na faixa de renda de até 1 salário mínimo.

A percepção de conforto relatada é de frio no inverno algumas vezes. A principal queixa é que no verão o ambiente interno fica muito quente e com muita incidência de sol. A humidade está presente tanto na estação de aquecimento quanto de arrefecimento. Com relação aos equipamentos de climatização há um aquecedor elétrico portátil para uso geral e outro de menor dimensão para uso na casa de banho, há também uma ventoinha e todos são utilizados em horários pontuais durante o dia e desligados na hora de dormir. As estratégias para aquecimento no inverno incluem uso de vestimentas mais quentes e cobertores. Já no verão, recorre-se a roupas mais leves e abertura de janelas.

Durante os últimos doze meses o consumo de energia, mostrou-se mais alto durante os meses de inverno (Figura 36 - Consumo de energia e temperatura média nos últimos doze meses (elaborado pela autora). Figura 36) em que as médias de temperatura [60] no distrito do Porto oscilaram entre 9,6°C e 10,8°C. Por conta dos custos, o uso dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento é utilizado o mínimo possível de modo a evitar o comprometimento do orçamento doméstico. Durante os últimos doze meses, a energia útil consumida no apartamento foi de 2.804 kWh/ano.

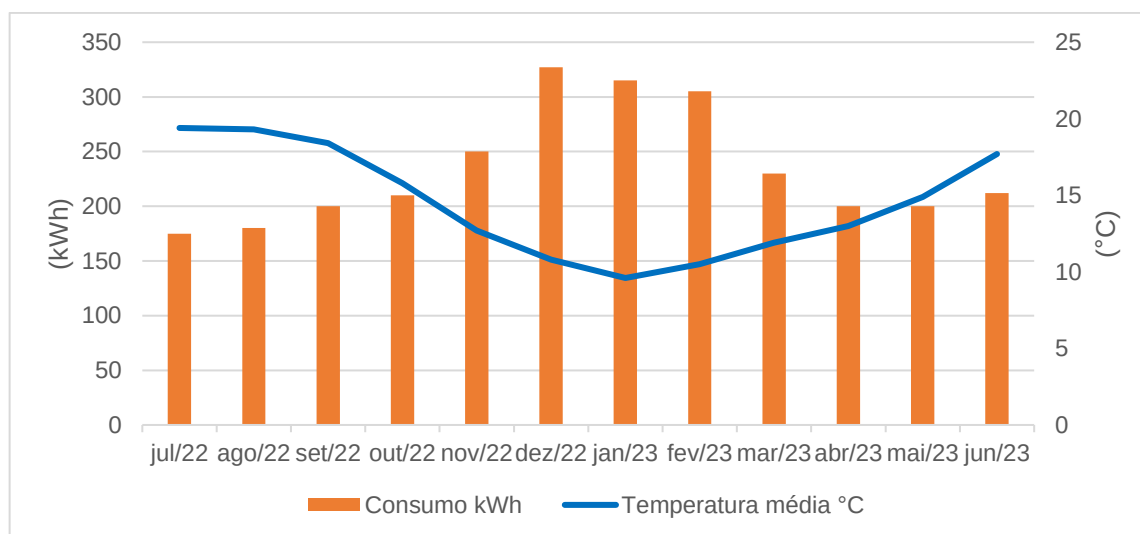


Figura 36 - Consumo de energia e temperatura média<sup>13</sup> nos últimos doze meses (elaborado pela autora).

Em relação às faturas de eletricidade, o agregado familiar tem contratado apenas o fornecimento de energia elétrica com a concessionária, sendo beneficiário de tarifa social. O preço final da energia é composto por uma componente fixa (€/dia) em função da potência contratada disponível na eletricidade. A componente variável (€/kWh) é calculada em função da energia consumida. Durante os últimos doze meses, as componentes da fatura de energia não sofreram grandes oscilações de preços unitários e houve apenas um aumento excecional na componente fixa durante o mês de janeiro de 2023 (Figura 37). Os

<sup>13</sup> Temperatura média exterior obtida em: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/monitoriza.dia/>.

preços da energia consumida variaram entre € 0,1516 a € 0,1570, enquanto os valores pagos pela potência contratada oscilaram entre € 0,3253 e € 0,3374.

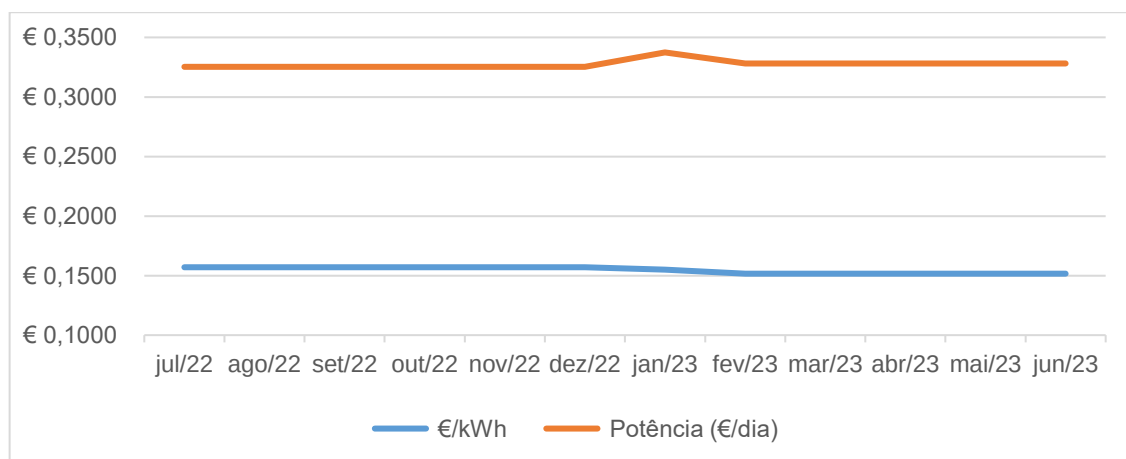


Figura 37 - Componentes da fatura de eletricidade (elaborado pela autora).

Com relação ao comprometimento da renda mensal do agregado familiar, nos meses mais frios os gastos apenas com eletricidade podem chegar a 10% do rendimento total. De acordo com dados obtidos no inquérito social, os custos com gás estão embutidos na taxa paga para as despesas do edifício e dividida entre todos os proprietários, por isto não foi possível contabilizar o montante gasto.

Durante o ano de 2022, quando o salário mínimo em Portugal era de € 705, o mês de dezembro apresentou o maior comprometimento da renda bruta para pagamento apenas da eletricidade, em torno de 10%. A partir de 2023, com o aumento para € 760 e as componentes da fatura estáveis, o percentual da renda comprometida diminuiu para uma média de 5% (Figura 38). Tendo em vista que a fração de estudo é habitada por duas pessoas em atividade laboral e escolar durante todo o dia, que estão fora de casa na maior parte das horas, os custos com eletricidade são consideráveis para o orçamento doméstico.

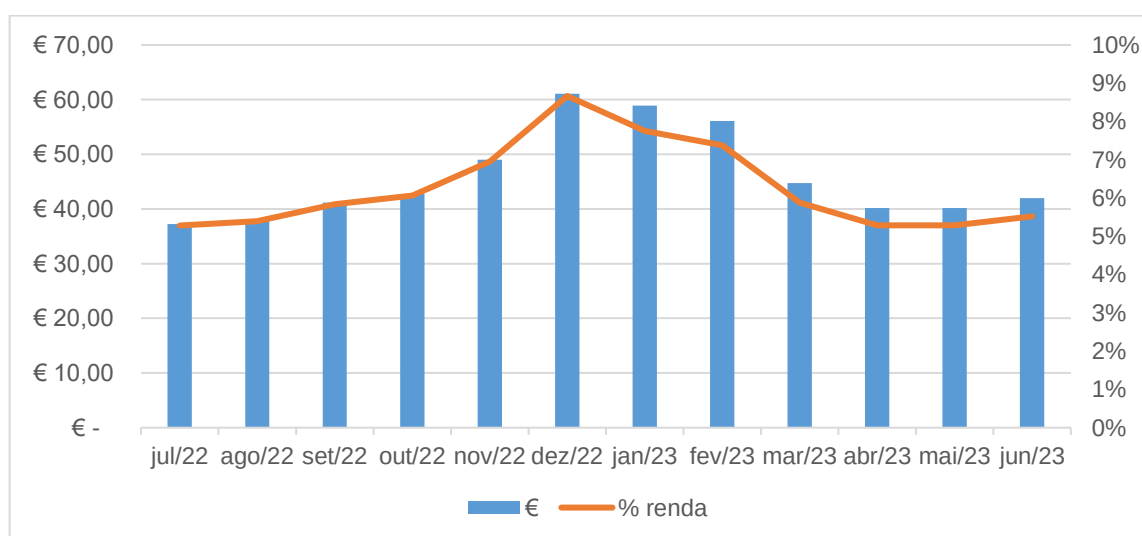


Figura 38 - Valores da fatura de eletricidade e comprometimento da renda mensal (elaborado pela autora).

A saúde das moradoras é impactada pelas condições térmicas do ambiente interior. Existem problemas de bronquite asmática que se agravam com as condensações e humidade, especialmente no inverno. Além disso, há piora na qualidade do sono durante o verão e, no inverno, problemas de concentração para a adolescente em idade escolar.

Com relação aos hábitos que podem implicar variações nos custos de energia ou piora nas patologias, é apresentada abaixo e de forma resumida a rotina do agregado familiar.

- Caixilharia exterior: No inverno, mantêm-se as janelas totalmente fechadas e estores abertos. No verão, as janelas permanecem abertas durante todo o dia, enquanto os estores estão fechados.
- Caixilharia interior: Ao dormir, as portas são fechadas, assim como as janelas durante a estação fria. No verão, as portas interiores (exceto lavandaria) se mantêm abertas e janelas entreabertas. Durante todo o tempo, em todas as estações, a porta do *hall* de acesso ao quarto é fechada para separar os animais.
- Cozinha: O exaustor da cozinha é acionado apenas nos momentos de utilização do fogão. Durante a semana, a cocção é feita apenas a noite, e aos fins de semana cozinha-se no almoço e jantar.
- Banho: Entre 1 e 2 banhos diários, com duração entre 5 e 15 minutos. Utiliza-se água quente e a porta da casa de banho se mantém fechada.
- Animais de estimação: Gatos circulam na sala e quarto e dormem na sala. O cachorro fica na sala e lavandaria e dorme na lavandaria.
- Lavandaria: A porta da lavandaria se mantém fechada durante todo o dia, pois é o local de maior permanência da cachorra. O caixilho exterior se mantém aberto por conta do animal.
- Roupas: Lavagem de roupas, que são secas no estendal, ocorre apenas nos finais de semana. Não há secadora de roupas.

#### 5.4. MONITORIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO

O objetivo da monitorização foi realizar um comparativo entre os valores de humidade e temperatura interior e exterior para avaliar o comportamento térmico no interior da habitação. Como parâmetro para a caracterização do clima exterior, foram utilizados os dados obtidos na estação meteorológica do Laboratório de Físicas das Construções (LFC) da Universidade do Porto, instalados no campus da Faculdade de Engenharia, na Asprela. A estação forneceu os dados de temperatura do ar (°C) e humidade relativa (%), obtidos no formato .xls e comparados com os valores obtidos dos sensores Sensirion.

Foram utilizados três sensores na habitação distribuídos na sala, quarto e cozinha, áreas com maior permanência dos habitantes. O posicionamento dos sensores levou em consideração a distância de envidraçados e portas para que não houvesse interferências de ventilação (Figura 39). Inicialmente, estava prevista a realização de monitorização contínua nos meses de maio e junho, mas os dados de referência obtidos da estação meteorológica não foram consistentes. Por isto, a monitorização foi dividida em dois períodos distintos, uma semana no mês de maio e uma semana no mês de junho. Isto posto, entre os dias 03 a 08 de maio e 01 a 06 de junho, foram comparados os valores de temperatura e humidade relativa do ambiente interior com os dados de referência do clima exterior.

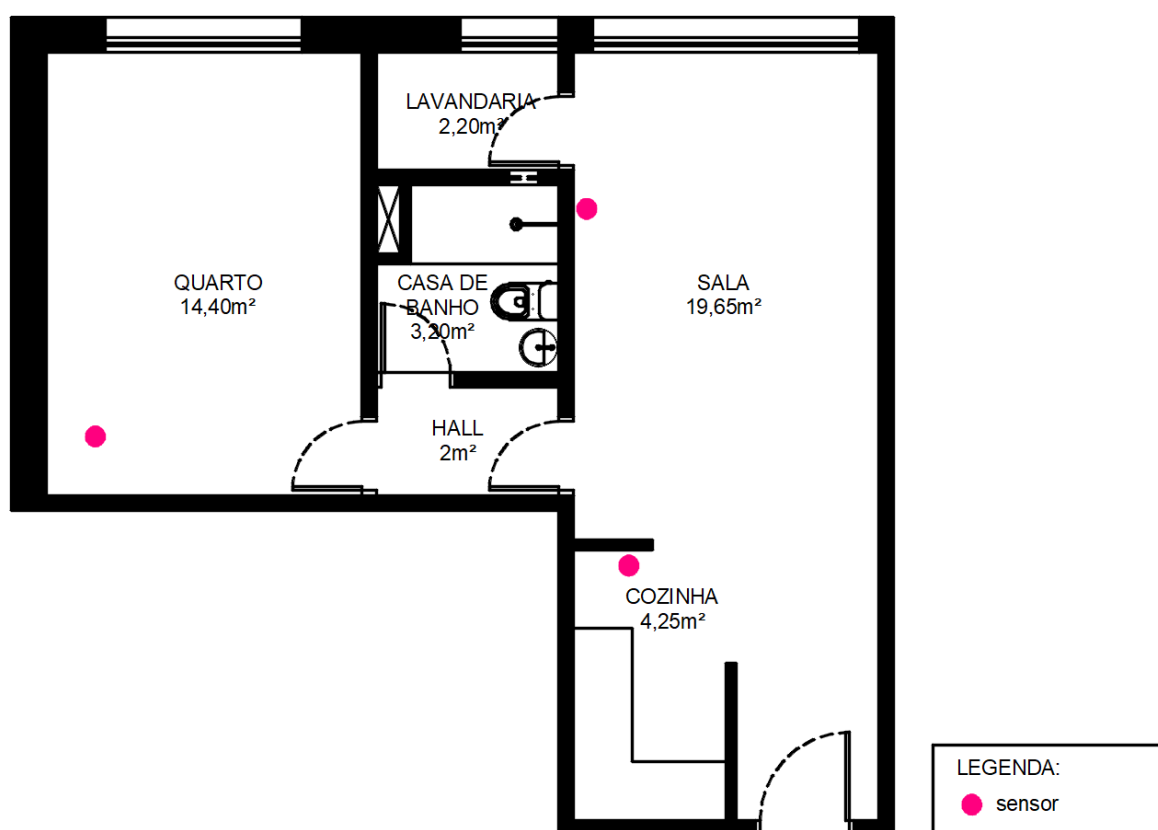


Figura 39 - Localização dos sensores.

No mês de maio, a amplitude térmica da cozinha chegou a 12,68°C em relação ao ambiente exterior, as maiores diferenças de temperatura ocorreram ente 10 p.m. e 6 a.m., horários em que o agregado familiar não utiliza o compartimento. Os valores registrados no quarto e na sala indicaram uma amplitude térmica ligeiramente menor de 10°C no horário de 6 a.m. Também se verificou que em alguns períodos a temperatura interior chegou a ser até -0,63°C do que exterior no horário das 10 p.m. Em comparação com a cozinha, a circulação de ar nestes compartimentos dotados de caixilharia resultou em temperaturas mais agradáveis (Figura 40).

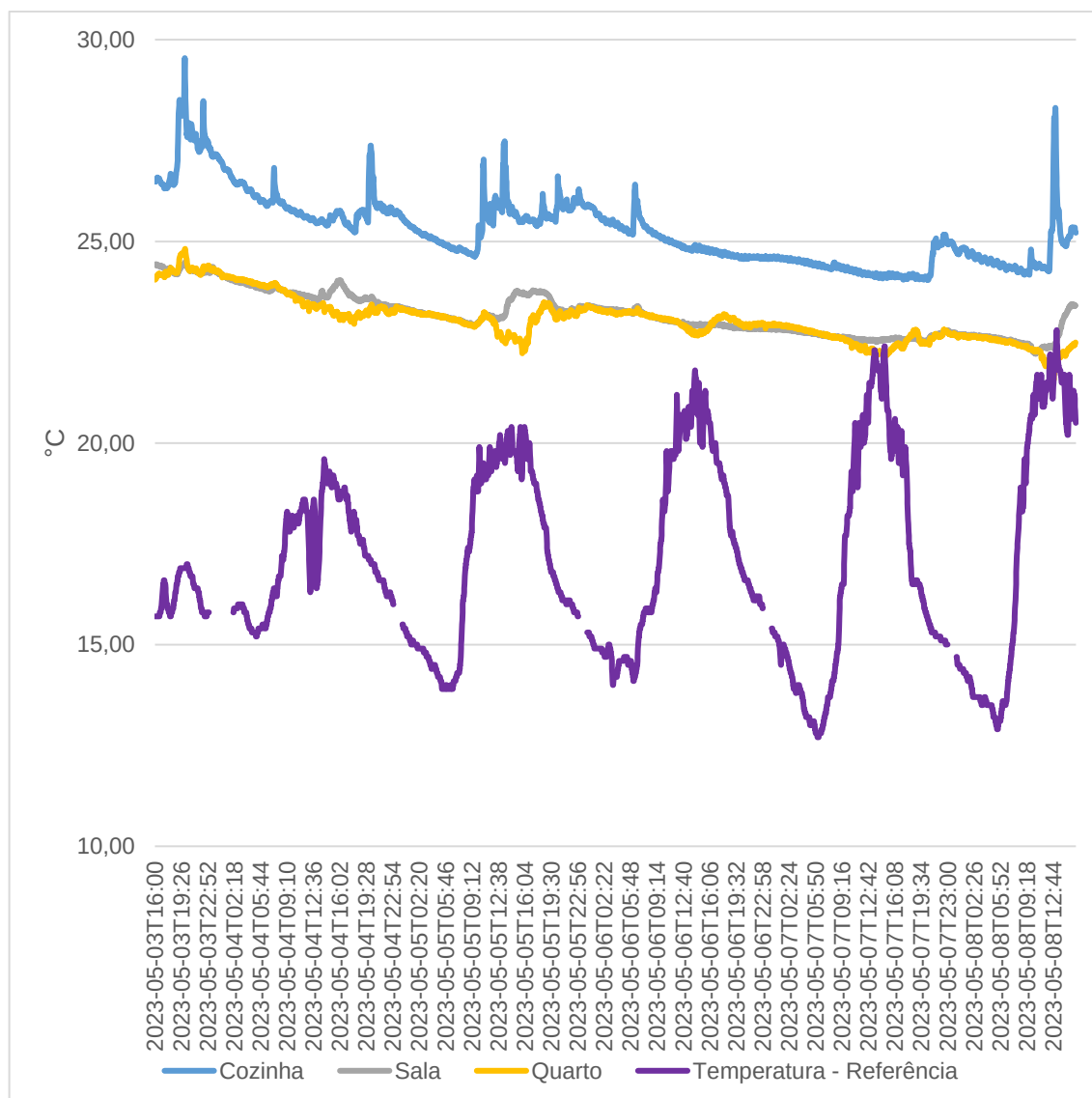


Figura 40 - Dados de temperatura no mês de maio (elaborado pela autora).

Com relação aos valores de humidade relativa, sala e quarto apresentaram maiores percentuais de humidade relativa em relação à cozinha e também maiores oscilações em comparação com os valores de referência (Figura 41). É possível verificar no gráfico que, no primeiro terço do período monitorado, os índices de humidade superaram 70% e chegou a picos de quase 90% no quarto. Embora sejam ambientes com maior ventilação por causa dos caixilhos, quarto e sala são os compartimentos onde há permanência dos animais de estimação da casa e proximidade a lavandaria e casa de banho, onde há maior produção de vapor.

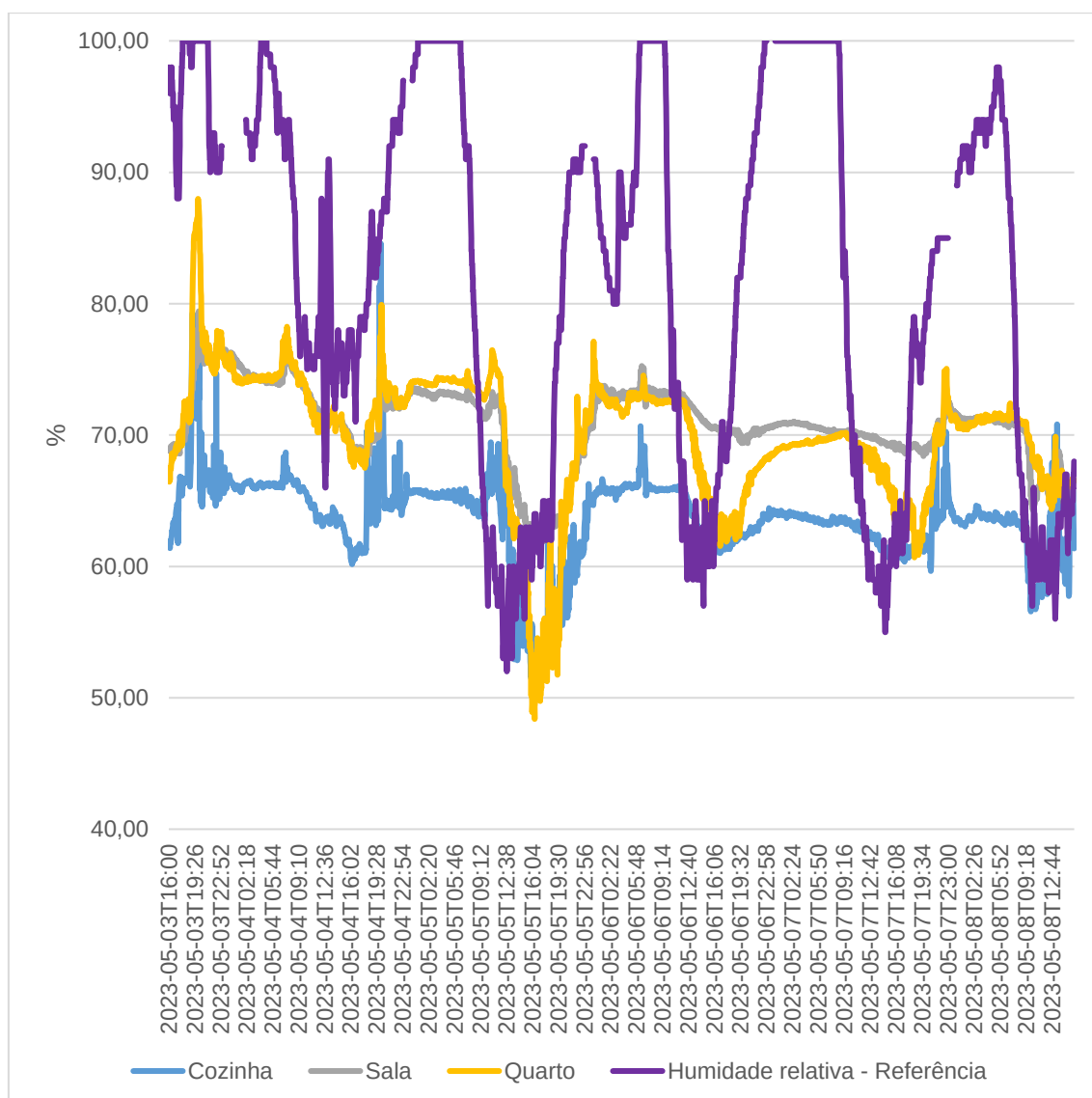


Figura 41 - Dados de humidade relativa no mês de maio (elaborado pela autora).

Durante o mês de junho, os compartimentos monitorados apresentaram um comportamento similar, com menores índices de amplitudes térmicas em relação ao mês de maio, variando entre  $-0,9^{\circ}\text{C}$  e  $8,9^{\circ}\text{C}$  em relação ao ambiente exterior (Figura 42). Em junho, os horários de maior amplitude térmica foram no início da manhã, por volta das 6 a.m., e as menores diferenças de temperatura em relação ao exterior foram à noite, por volta das 10 p.m.

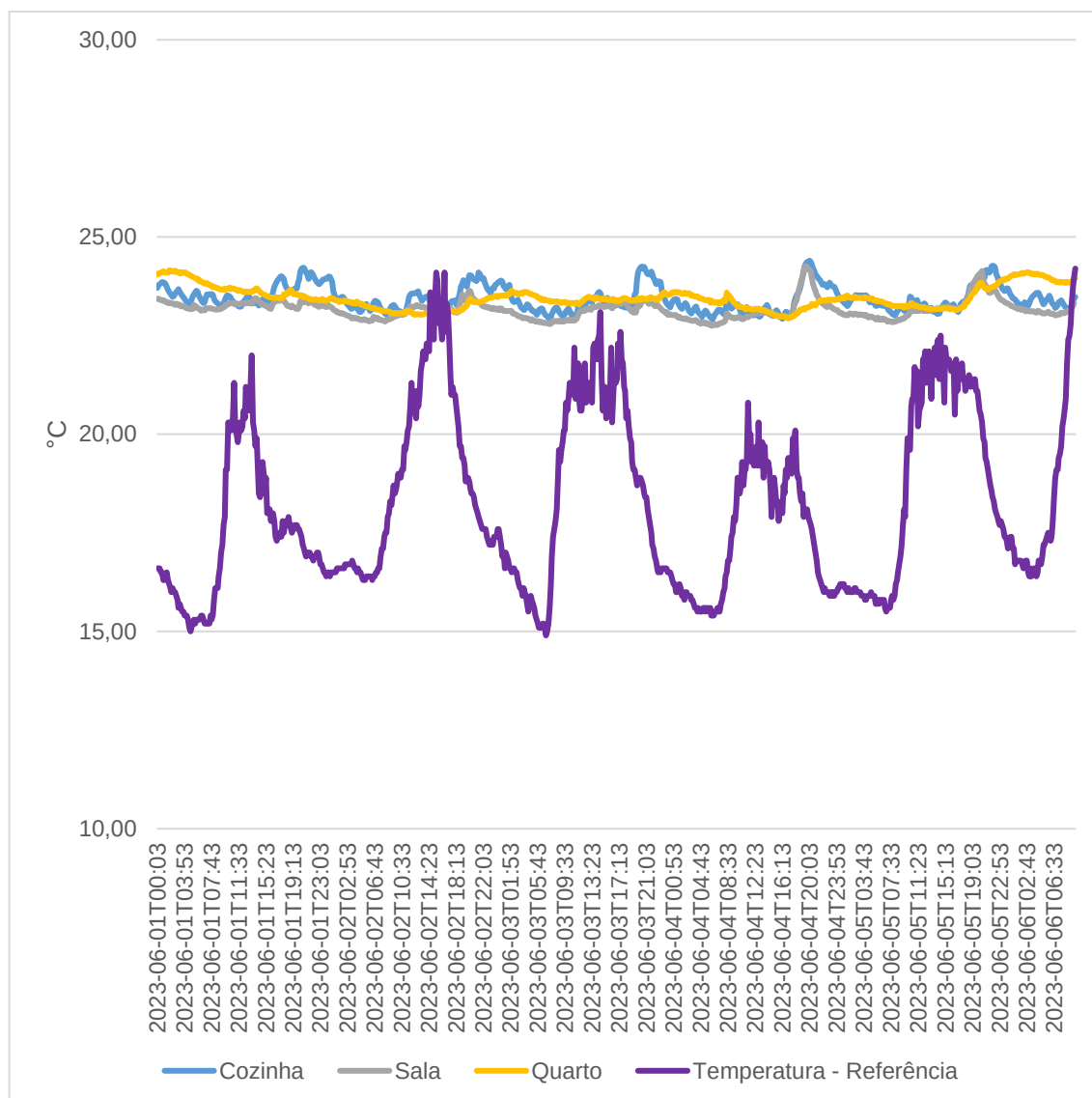


Figura 42 - Dados de temperatura no mês de junho (elaborado pela autora).

A humidade relativa no mês de junho apontou o quarto com as maiores oscilações comparados aos valores de referência (Figura 43). Os maiores picos de humidade ocorreram na sala e quarto reforçando o comportamento no mês de maio. Porém com valores absolutos menores, o pico de humidade foi pouco maior que 80% em comparação aos 90% do mês anterior. Isto pode indicar a influência da permanência dos animais de estimação e proximidade a lavandaria e casa de banho, locais com maior produção de vapor.

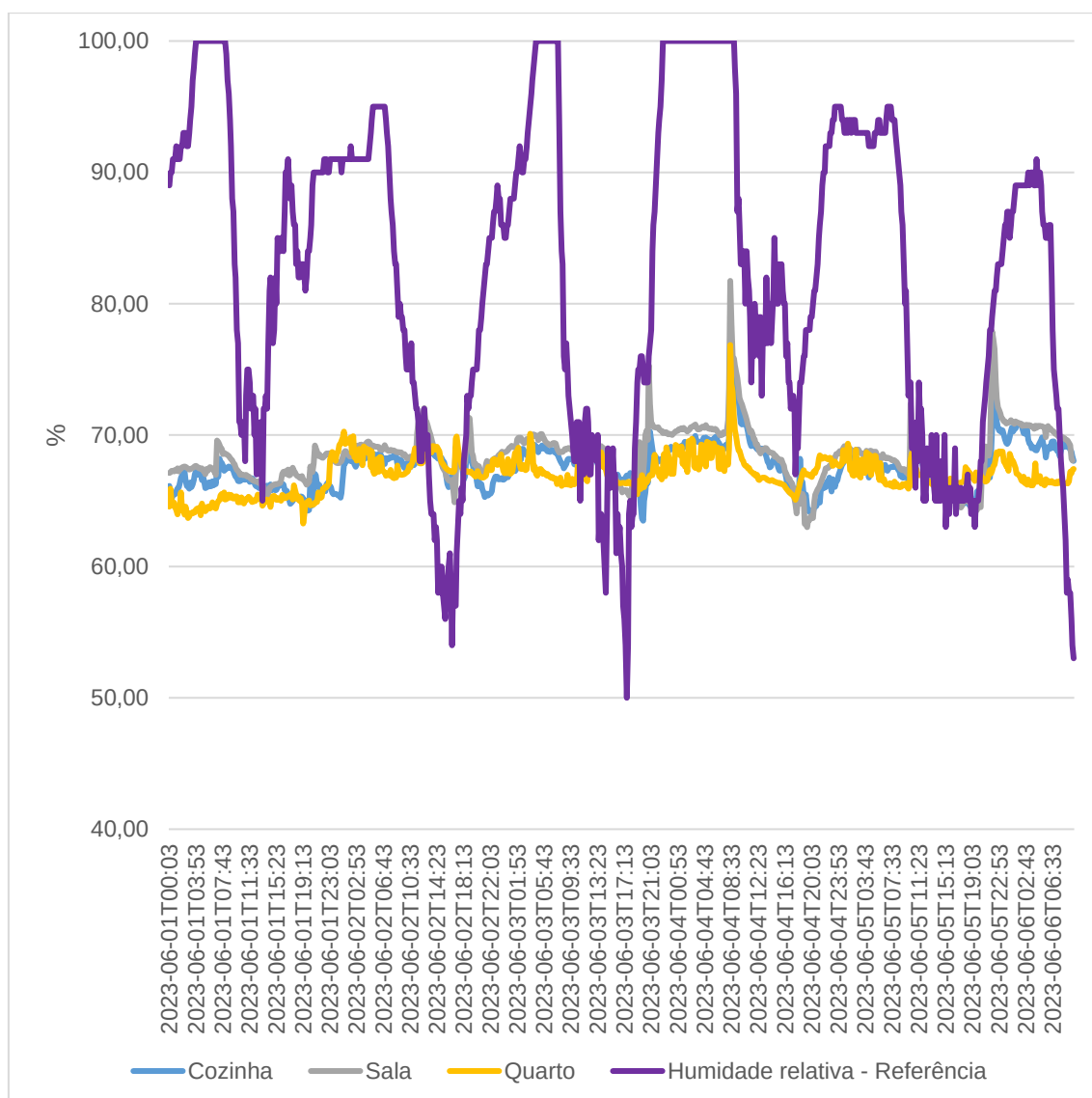


Figura 43 - Dados de humidade relativa no mês de junho (elaborado pela autora).

## 5.5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Concluída a tipificação construtiva da amostra de estudo, é necessário definir os níveis de qualidade do ambiente interior para determinar quais medidas de melhoria são possíveis e quantificar os benefícios em termos técnicos e económicos que se apliquem ao caso concreto.

As medidas de melhoria têm como foco corrigir as patologias construtivas, reduzir necessidades de energia útil com intervenção na envolvente e adoção de sistemas de energias renováveis e energeticamente eficientes. Como resultado disto, busca-se indicar soluções que proporcionem mais-valias aos níveis de conforto térmico de maneira viável sob o ponto de vista técnico e económico [56].

Os cálculos para aferir os consumos energéticos dos materiais componentes da fração foram elaborados com base no dados do Decreto-Lei nº 101D/2020 [27].

Antes de realizar o cálculo comparativo das perdas pela envolvente exterior, é necessário quantificar a área dos elementos construtivos que são relevantes na situação de estudo (Quadro 9).

Quadro 9 - Quantificação dos elementos construtivos [56] (elaborado pela autora).

| Elementos Construtivos                        | Área                |
|-----------------------------------------------|---------------------|
| Paredes exteriores – zona corrente da fachada | 41,85m <sup>2</sup> |
| Envolvente interior                           | N/A                 |
| Cobertura                                     | N/A                 |
| Vãos envidraçados                             | 6,65m <sup>2</sup>  |
| Caixas de estore                              | 1m <sup>2</sup>     |
| Área útil de pavimento                        | 45,70m <sup>2</sup> |
| Pé-direito                                    | 2,60m               |

## 5.6. COMPARATIVO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EXISTENTES E PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA

Após análise das características da fração, os elementos passíveis de melhoria que se aplicam ao caso de estudo são os vãos envidraçados e sistema de ventilação natural e mecânica. Por estar localizado no 1º andar com dois pisos de habitação acima e o R/C abaixo, não há interferência da cobertura nem do pavimento ao desempenho térmico da fração. Por ser de caldeira mural, o sistema de produção de AQS já possui baixos índices de consumo de energia, o que não justifica um investimento nesse sentido, e a existência de isolamento térmico nas caixas de estores não implica melhorias relevantes no caso de intervenção.

Tendo em vista que a localização da fração é em pavimento intermédio, não há influência da cobertura e pavimentos para efeito de trocas térmicas. Por isto, estes elementos não serão analisados pois não influenciam no conforto térmico.

Observando o caso em questão, por se tratar de tarifa social, há uma demora maior no retorno do investimento em comparação à tarifa normal, já que a poupança anual é proporcional ao valor da referida tarifa. Isto posto, o simulador OPTITERM [58] foi parametrizado com os valores da amostra para simular os ganhos económicos das melhorias propostas para a caixilharia exterior (Figura 44).

Para o caso concreto, entende-se que é possível adotar um sistema que seja viável para a estação de aquecimento, como a substituição de vidros simples por vidros duplos, acréscimo de caixilharia interior e substituição do caixilho existente por novo.

A solução proposta foi a substituição da caixilharia existente de alumínio, proteção exterior e vidro simples por caixilho de alumínio, proteção exterior e vidro duplo. Isto resultaria numa redução do consumo de energia de 562 kWh para 326 kWh, e resultaria, com a tarifa social, na poupança de € 35 anuais. O baixo valor é o equivalente à fatura de um mês de consumo do agregado familiar, mas o retorno do investimento ao final de vinte anos é um ponto que fragilizaria a adoção desta medida de intervenção tendo em vista a realidade económica do agregado familiar.



Figura 44 – Dados de viabilidade da solução proposta para a caixilharia exterior [58].

Outro ponto que passível de melhoria que traria muitos ganhos de qualidade do ar interior é o sistema de ventilação e exaustão. A habitação possui ventilação geral, natural e permanente, mas não há ventilação cruzada, pois todas as aberturas estão voltadas para uma única parede. No caso em questão, os compartimentos principais, quartos e sala, possuem aberturas diretas ao exterior. Entre os compartimentos interiores, a passagem de ar já é feita por frinchas nas portas internas, inclusive na lavandaria. Nesta moradia não existem aparelhos alimentados a gás, o que não obriga a instalação de estratégias de exaustão de ar além do necessário para renovação de ar interior. Neste sentido, seriam mantidas as frinchas das portas internas – exceto a da lavandaria, pois não é adequada a passagem de ventilação deste compartimento aos demais. Devido ao excesso de vapor de água produzido e pelo fato de ser considerada um espaço não aquecido e fortemente ventilado, a lavandaria deve ser separada do resto da habitação por meio de porta estanque. Além disso, o ideal seria a substituição do envidraçado da lavandaria para aumento da área de ventilação.

Em atendimento ao preconizado na referida NP, seria necessária a instalação de grelhas autorreguláveis nas fachadas para viabilizar a entrada adequada de ar interior nos compartimentos principais. Os

compartimentos de serviço já dotados de condutas e exaustores não precisam de intervenções, pois atendem às dimensões recomendadas (Quadro 10).

Quadro 10 - Exigências de ventilação [57] (elaborado pela autora).

| Caudais-Tipo              |                        |                |                          |                                         |                   |                                                |
|---------------------------|------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------|
| Compartimentos principais | Área (m <sup>2</sup> ) | Pé-direito (m) | Volume (m <sup>3</sup> ) | l/s                                     | m <sup>3</sup> /h | Grelhas/Janela                                 |
| Quarto                    | 14,4                   | 2,6            | 37                       | 17                                      | 60                | Grelhas autorreguláveis de 60m <sup>3</sup> /h |
| Sala                      | 19,65                  | 2,6            | 51                       | 17                                      | 60                | Grelhas autorreguláveis de 60m <sup>3</sup> /h |
| Compartimentos de serviço | Área (m <sup>2</sup> ) | Pé direito (m) | Volume (m <sup>3</sup> ) | l/s                                     | m <sup>3</sup> /h | Grelha/Conduta                                 |
| Cozinha                   | 4,25                   | 2,6            | 11                       | 17                                      | 60                | Exaustor                                       |
| Casa de banho             | 3,2                    | 2,6            | 8                        | 13                                      | 45                | Conduta quadrada indiv. 100cm <sup>2</sup>     |
| Lavanderia                | 2,2                    | 2,6            | 6                        | Autoventilada - Excesso de Vapor d'água |                   |                                                |

## 5.7. CARTILHA DE MELHORIAS

As intervenções geradoras de custos são na ventilação, já que as alterações de elementos da envolvente exterior e caixilharia não demonstram retorno financeiro. A substituição da porta da lavanderia por caixilho sem frinchas e instalação de grelhas autorreguláveis abaixo dos caixilhos da sala e quarto se mostram adequadas, tendo em vista que trariam benefícios à melhor circulação do ar no ambiente interior. Isto posto, como medida didática para orientação do agregado familiar das medidas proposta, criou-se uma cartilha explicativa para esclarecimentos (Figura 45).

Além das medidas concretas que implicam melhorias ao conforto térmico e qualidade do ar interior, verificou-se também a necessidade de orientação do agregado familiar com relação a alguns hábitos após a realização do inquérito social.

Diante disto, elaborou-se uma cartilha orientativa aos utilizadores (Figura 46), com recomendações que trariam benefícios imediatos sem gerar custos ao orçamento mensal.

As recomendações se referem a melhorar hábitos de ventilação para que se evite a produção de vapor em excesso, já que, além das duas moradoras, a habitação conta com três animais de estimação que passam o dia inteiro dentro do apartamento.

Com menor produção de vapor, a qualidade do ar interior e, consequentemente, os problemas de saúde decorrentes da humidade melhorariam consideravelmente.

- Caixilhos:
  - Verão: abertura de envidraçados à noite para aproveitar o vento em temperatura mais fresca. Fechar estores/cortinas nos horários de maior calor.
  - Inverno: abertura de envidraçados durante o dia, nos horários mais quentes. Abrir estores/cortinas nos horários de maior calor (almoço) para aproveitar a luz solar.
  - Diariamente: manter o caixilho da lavanderia aberto.
  - Animais: procurar sempre manter abertas janelas exteriores para os animais e evitar a produção de vapor.
- Quarto:

- Manter a porta do quarto aberta ao dormir para evitar a acumulação da produção de vapor no interior do compartimento.
- Cozinha:
  - Utilizar o exaustor em potência mínima 24h por dia e potência máxima ao cozinhar.
- Casa de banho:
  - Reduzir tempos de consumo de água quente.
  - Utilizar aquecedor enquanto toma banho.



Figura 45 - Cartilha orientativa (elaborado pela autora).



Figura 46 - Cartilha orientativa (elaborado pela autora).

## 6

### CONCLUSÃO

A construção de edifícios eficientes permite condições interiores estáveis e confortáveis para os habitantes, o que resulta em menores gastos com energia e mantém as condições de conforto térmico, além de implicar melhores condições de saúde [36]. Em um país como Portugal, onde o rendimento mínimo mensal está fora do grupo dos maiores da União Europeia e grande parcela da população vive com rendimentos mínimos, diminuir custos com energia impactaria em melhorias sociais e económicas para muitos portugueses.

Resolver a questão da Pobreza Energética impõe desafios em diversas esferas, desde a elaboração de políticas públicas até adequações de hábitos rotineiros das pessoas dentro de suas casas. A preocupação com esta temática indica alguns pontos de convergência, tais como o aumento da renda média das famílias, regulamentação dos preços dos combustíveis e melhoria da eficiência do parque habitacional. Políticas de regulação dos preços de energia e programas de subsídios a famílias de baixa renda têm efeito em curto prazo, pois a ineficiência energética do parque habitacional tende a manter alto o consumo energético domiciliar e assim, excluir as famílias de menor renda dos padrões de vida adequados.

De acordo com Boemi & Papadopoulos [36], os índices de pobreza vêm aumentando na Europa. A metodologia do Eurostat indica que o limite de risco de pobreza é fixado em 60% da mediana nacional do rendimento disponível equalizado, e a situação tende a se agravar em consequência de aumento dos preços da energia e aumento da pobreza em geral. Além das previsões estatísticas, fatores inesperados como guerras e, recentemente, pandemias podem piorar a situação.

Neste contexto, o estudo da população em situação de vulnerabilidade económica é importante para tentar viabilizar soluções ao problema da Pobreza Energética.

Tendo em vista os objetivos definidos para este trabalho, a revisão da literatura permitiu estudar e caracterizar o panorama da Pobreza Energética em Portugal e atualizar quais as exigências térmicas para reabilitação dos edifícios.

O principal ponto do trabalho foi entender e avaliar se as etapas da metodologia proposta seriam válidas para estudos em maior escala. A aferição dos índices de temperatura e humidade absoluta por meio de sensores comparados com dados de referência do ambiente exterior mostrou-se adequada.

Com relação à escolha da amostra de estudo, para uma pesquisa em larga escala deve-se aplicar critérios estatísticos ao perfil dos habitantes e também das habitações. O Censo 2021 é um ponto de partida confiável para a escolha inicial. Outro ponto é a elaboração de inquérito mais abrangente e que possa ser aplicado a amostras maiores e heterogêneas. Além disso, o conhecimento dos elementos construtivos do edifício deve ser mais pormenorizado para que se encontrem índices mais precisos para definição de necessidades nominais de energia e possibilidades de melhoria.

Por fim, a metodologia utilizada nesta dissertação pode ser aplicada a outros estudos, especialmente no que se refere a parques de habitação social. Diante dos dados pesquisados, há muito o que se melhorar no parque habitacional português. A realização de trabalhos que monitorizem o interior das habitações antes da proposta de intervenção, aliado à monitorização pós-intervenção, pode indicar soluções com menores custos e maior eficácia ao perfil da população que vive em moradias inadequadas.

Como sugestão para trabalhos futuros, estudos sobre o desempenho térmico, conforto térmico do parque de habitação social português e diagnóstico do perfil dos habitantes seria relevante para a implementação de medidas de melhoria construtivas, com custos racionalizados e medidas educativas para que a população pudesse usufruir de mecanismos passivos sem aumento dos gastos com energia. Isto seria importante para melhorar os índices de certificação poupar recursos e melhorar a qualidade de vida das populações vulneráveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kyprianou, I., et al., *Energy poverty policies and measures in 5 EU countries: A comparative study*. Energy and Buildings, 2019. **196**: p. 46-60.
2. Estatística-INE, I.N.d., *Inquérito às Despesas das Famílias 2015/2016*. 2017: Lisboa-Portugal.
3. Ângelo, J., P. Silva, and H. Gonçalves. "É aqui que se morre de frio". [cited 2023 17/05]; Projeto final de Licenciatura]. Available from: <https://projeto-de-jornalismo.shorthandstories.com/pobreza-energetica-em-portugal>.
4. Fowler, T., et al., *Excess Winter Deaths in Europe: a multi-country descriptive analysis*. European Journal of Public Health, 2014. **25**(2): p. 339-345.
5. IPMA. *Instituto Português do Mar e da Atmosfera*. 2023 [cited 2023 12/05]; Available from: <https://www.ipma.pt>.
6. Salvia, M., et al., *Will climate mitigation ambitions lead to carbon neutrality? An analysis of the local-level plans of 327 cities in the EU*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021. **135**.
7. Yuan, X., et al., *The race to zero emissions: Can renewable energy be the path to carbon neutrality?* J Environ Manage, 2022. **308**: p. 114648.
8. Portugal, G.d., *Roteiro para a neutralidade carbônica 2050 (RNC2050). Estratégia de longo prazo para a neutralidade carbônica da economia portuguesa em 2050*. 2019.
9. PORDATA. [cited 2023 07/05]; Available from: <https://www.pordata.pt/>.
10. Conselho, P.E.e., *Directiva 2018/2001* 2018, Jornal Oficial da União Europeia: Bruxelas.
11. Eurostat. [cited 2023 07/05]; Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/en/>.
12. Observatório da Energia; DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia, D.d.S.d.P.E.e.E.A.A.p.a.E., *Unidade de Informação Energia em Números - Edição 2020*. 2020, ADENE – Agência para a Energia: Portugal.
13. Borges, D., et al., *Análise de condições térmicas nos blocos didáticos da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão*. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 2016. **11**.
14. Koranteng, C. and J. Appah-Dankyi, *An assessment of thermal comfort in a warm and humid school building at Accra, Ghana*. Advances in Applied Science Research, 2012.

15. American Society of Heating, R.a.A.-C.E.A., *Thermal environmental conditions for human occupancy*. 2004: Atlanta.
16. Portugal, G.d., *Decreto-Lei n°40/90*, T.e.C. Ministério das Obras Públicas, Editor. 1990, Diário da República - I Série: Portugal.
17. Freitas, V.P.d., *Térmica de Edifícios*. 2007.
18. Conselho, P.E.e., *Directiva 2002/91/CE* 2002, Jornal Oficial das Comunidades Europeias: Bruxelas.
19. Portugal, G.d., *Decreto-Lei n° 78/2006*, M.d.E.e.d. Inovação, Editor. 2006, Diário da República - I Série-A: Portugal.
20. Portugal, G.d., *Decreto-Lei n° 79/2006*, T.e.C. Ministério das Obras Públicas, Editor. 2006, Diário da República - I Série-A: Portugal.
21. Portugal, G.d., *Decreto-Lei n° 80/2006*. 2006, Diário da República - I Série-A: Portugal.
22. Conselho, P.E.e.d., *Directiva 2010/31/UE*. 2010, Jornal Oficial da União Europeia: Bruxelas.
23. Portugal, G.d., *Decreto-Lei n° 118/2013*, M.d.E.e.d. Emprego, Editor. 2013, Diário da República 1ª série: Portugal.
24. Conselho, P.E.e., *Directiva 2018/844*. 2018, Jornal Oficial da União Europeia: Bruxelas.
25. Conselho, P.E.e., *Regulamento (UE) 2018/1999*. 2018, Jornal Oficial da União Europeia: Bruxelas.
26. Portugal, G.d., *Roteiro para a neutralidade carbónica 2050*. 2019.
27. Portugal, G.d., *Decreto-Lei n° 101-D/2020*. 2020.
28. Portugal, G.d., *Resolução do Conselho de Ministros n°53/2020*, s. Diário da República, Editor. 2020: Portugal.
29. Portugal, G.d., *Resolução do Conselho de Ministros. Estratégia Nacional de Longo Prazo para o Combate à Pobreza Energética 2022-2050*. 2023.
30. Barbosa, R. and M. Almeida, *Efeito da reabilitação nZEB na avaliação da pobreza energética: O caso do bairro de Enguardas em Braga, Portugal*, in *XVII Congreso Ibérico y XIII Congreso Iberoamericano de Energía Solar*. 2020.
31. Estatística, I.N.d., *Censos 2021. XVI Recenseamento Geral da População : VI Recenseamento Geral da Habitação. Resultados definitivos*. 2022, Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
32. ADENE. *Certificação Energética dos Edifícios*. [cited 2023 12/05]; Available from: <https://www.sce.pt/>.
33. Portugal, G.d. *Programa Casa Eficiente*. [cited 2023 12/05]; Available from: <https://casaeficiente2020.pt>.
34. Portugal, G.d., *Guia do Beneficiário IFRRU 2020*. 2022, Estrutura de Gestão do Instrumento Financeiro para a Reabilitação e Revitalização Urbanas Portugal.
35. Portugal, G.d., *Despacho n.º 6476-H/2021*, D.-G.d.E.e. Geologia, Editor. 2021, Diário da República 2ª série: Portugal.

36. Boemi, S.-N. and A.M. Papadopoulos, *Monitoring energy poverty in Northern Greece: the energy poverty phenomenon*. International Journal of Sustainable Energy, 2019. **38**(1): p. 74-88.
37. Neves, D. and R. Sousa. *Revolução Industrial*. [cited 2023 21/05]; Available from: <https://mundoeducacao.uol.com.br/historiageral/revolucao-industrial-2.htm>.
38. Campos, M. *Petróleo*. Mundo Educação UOL [cited 2023 21/05]; Available from: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/petroleo-2.htm>.
39. Moreira, A.R.R.G., *Pobreza Energética em Portugal*, in *Faculdade de Engenharia*. 2018, Universidade do Porto: Porto.
40. Maxim, A., et al., *Implications and Measurement of Energy Poverty across the European Union*. Sustainability, 2016. **8**(5).
41. Lewis, P., *Fuel Poverty Can be Stopped*. 1982: National Right to Fuel Campaign.
42. Boardman, B., *Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth*. 1991: Belhaven Press.
43. Bouzarovski, S., S. Petrova, and R. Sarlamanov, *Energy poverty policies in the EU: A critical perspective*. Energy Policy, 2012. **49**: p. 76-82.
44. Thomson, H., C. Snell, and C. Liddell, *Fuel poverty in the European Union: a concept in need of definition?* People Place and Policy Online, 2016. **10**(1): p. 5-24.
45. Eurostat. *Estatísticas do salário mínimo*. 2023 [cited 2023 28/05]; Available from: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Minimum\\_wage\\_statistics#Variations\\_in\\_national\\_minimum\\_wages](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Minimum_wage_statistics#Variations_in_national_minimum_wages).
46. Eurostat. *Estatísticas de preços de eletricidade*. 2023 [cited 2023 28/05]; Available from: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity\\_price\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics).
47. Eurostat. *Estatísticas de preço do gás natural*. 2023 [cited 2023 28/05]; Available from: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Natural\\_gas\\_price\\_statistics#Natural\\_gas\\_prices\\_for\\_household\\_consumer\\_s](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Natural_gas_price_statistics#Natural_gas_prices_for_household_consumer_s).
48. Bouzarovski, S., H. Thomson, and M. Cornelis, *Confronting Energy Poverty in Europe: A Research and Policy Agenda*. Energies, 2021. **14**(4).
49. Conselho, P.E.e., *Directiva 2009/72/CE*. 2009, Jornal Oficial da União Europeia: Bruxelas.
50. Conselho, P.E.e., *Directiva 2009/73/CE*. 2009, Jornal Oficial da União Europeia: Bruxelas.
51. Europeia, C. *Energy Poverty Advisory Hub*. 2023 [cited 2023 28/05]; Available from: [https://energy-poverty.ec.europa.eu/observing-energy-poverty\\_en](https://energy-poverty.ec.europa.eu/observing-energy-poverty_en).
52. Thema, J. and F. Vondung, *EPOV Indicator Dashboard: Methodology Guidebook*. 2020: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.
53. Horta, A., et al., *Energy poverty in Portugal: Combining vulnerability mapping with household interviews*. Energy and Buildings, 2019. **203**.
54. AG, S., *Sensirion Humidity Sensors SHT4x Smart Gadget. User Guide*. 2021: Switzerland.
55. Portugal, G.d., *Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013*. 2013, Diário da República 2ª série: Portugal.

56. Freitas, V.P.d., et al., *Edifícios Existentes – Medidas de Melhoria de desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior*, ed. A.A.p.a. Energia. 2010, Portugal.
57. Qualidade, I.P.d., *Norma Portuguesa. Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás. Parte 1: Edifícios de habitação. Ventilação natural*, in NP 1037-1. 2002: Portugal.
58. Freitas, V.P.d., et al. *OPTITERM / FC - 2023. Reabilitação térmica da envolvente de edifícios. Análise técnico-económica*. 2023 [cited 2023 25/06]; Available from: <http://optiterm-lfc.com/>.
59. Google. [cited 2023 23/07]; Available from: [https://www.google.com/maps?rlz=1C1OKWM\\_pt-BRPT1031PT1032&output=search&q=rua+dos+barbeitos+100&source=lnms&entry=mc&sa=X&ved=2ahUKEwjW-7WO1a6AAxXsUaQEhdPXDYoQ0pQJegQICxAB](https://www.google.com/maps?rlz=1C1OKWM_pt-BRPT1031PT1032&output=search&q=rua+dos+barbeitos+100&source=lnms&entry=mc&sa=X&ved=2ahUKEwjW-7WO1a6AAxXsUaQEhdPXDYoQ0pQJegQICxAB).
60. Atmosfera, I.P.d.M.e.d. *Gráficos Monitorização Diária*. 2023 [cited 2023 25/06]; Available from: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/monitoriza.dia/>.

## ANEXOS

## INQUÉRITO SOCIAL

| CARACTERIZAÇÃO   |                                                             |
|------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>         | <b>Sexo</b>                                                 |
|                  | Masculino                                                   |
|                  | Feminino                                                    |
| <b>2</b>         | <b>Idade</b>                                                |
|                  |                                                             |
| <b>3</b>         | <b>Escolaridade</b>                                         |
|                  | Sem escolaridade                                            |
|                  | Ensino básico 1º ciclo                                      |
|                  | Ensino básico 2º ciclo                                      |
|                  | Ensino básico 3º ciclo                                      |
|                  | Ensino secundário                                           |
|                  | Ensino superior                                             |
| <b>4</b>         | <b>Situação de trabalho</b>                                 |
|                  | Desempregado                                                |
|                  | Trabalhador por conta própria                               |
|                  | Trabalhador por conta de outrem                             |
|                  | Reformado                                                   |
|                  | Outro                                                       |
| CONFORTO TÉRMICO |                                                             |
| <b>5</b>         | <b>No inverno, a temperatura em sua casa é confortável?</b> |
|                  | Sim, está quase sempre confortável                          |
|                  | Não, algumas vezes é demasiado fria                         |
|                  | Não, muitas vezes é demasiado fria                          |
| <b>6</b>         | <b>No verão, a temperatura em sua casa é confortável?</b>   |
|                  | Sim, está quase sempre confortável                          |
|                  | Não, algumas vezes é demasiado quente                       |

|           |                                                                                     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|           | Não, muitas vezes é demasiado quente                                                |
| <b>7</b>  | <b>Quais as medidas usadas para aquecer no inverno, quando não há climatização?</b> |
|           | Roupa quente                                                                        |
|           | Uso de mais cobertores, mais quentes                                                |
|           | Meias e calçados mais quentes                                                       |
|           | Bebidas quentes (cafés, chás, sopas)                                                |
| <b>8</b>  | <b>Quais as medidas usadas para arrefecer no verão, quando não há climatização?</b> |
|           | Roupa fresca                                                                        |
|           | Abrir janelas com estores/persianas fechadas                                        |
|           | Ingerir bebidas/comidas frescas                                                     |
|           | Sair de casa para espaços ao ar livre                                               |
| <b>9</b>  | <b>Situações de ineficiência mais comuns nas habitações</b>                         |
|           | Humidade                                                                            |
|           | Entrada de ar por frinchas em portas e janelas                                      |
|           | Muita incidência de sol                                                             |
|           | Pouca iluminação natural                                                            |
|           | Outros. Quais?                                                                      |
| <b>10</b> | <b>Usa equipamentos de climatização no inverno?</b>                                 |
|           | Sim                                                                                 |
|           | Não                                                                                 |
| <b>11</b> | <b>Usa equipamentos de climatização no verão?</b>                                   |
|           | Sim                                                                                 |
|           | Não                                                                                 |
| <b>12</b> | <b>Estratégia/equipamento usado para aquecimento na habitação</b>                   |
|           | Aquecedor a óleo                                                                    |
|           | Aquecedor elétrico                                                                  |
|           | Aquecedor a gás                                                                     |
|           | Caldeira a gás                                                                      |
|           | Outros. Quais?                                                                      |
| <b>13</b> | <b>Estratégia/equipamento usado para arrefecimento na habitação</b>                 |
|           | Ventoinha                                                                           |
|           | Ar condicionado                                                                     |
|           | Abrir janelas                                                                       |
|           | Fechar cortinas/persianas                                                           |
|           | Exaustor                                                                            |
|           | Outros. Quais?                                                                      |
|           | <b>HABITAÇÃO</b>                                                                    |
| <b>14</b> | Local                                                                               |
| <b>15</b> | Ano de construção                                                                   |
| <b>16</b> | <b>Tem algum dos seguintes problemas com a sua habitação/equipamento?</b>           |
|           | Vazamento na cobertura                                                              |
|           | Humidade em paredes                                                                 |
|           | Humidade em pavimento                                                               |
|           | Humidade em fundação/estrutura                                                      |

|           |                                                                                                                                                                                                              |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | Apodrecimento de caixilhos                                                                                                                                                                                   |
|           | Outros. Quais?                                                                                                                                                                                               |
|           | <b>CUSTOS COM ENERGIA</b>                                                                                                                                                                                    |
| <b>17</b> | <b>Valor das faturas de gás entre maio/22 e junho/23</b>                                                                                                                                                     |
|           |                                                                                                                                                                                                              |
| <b>18</b> | <b>Valor das faturas de eletricidade entre maio/22 e junho/23</b>                                                                                                                                            |
|           |                                                                                                                                                                                                              |
| <b>19</b> | <b>Faixa de renda mensal</b>                                                                                                                                                                                 |
|           | 1SM                                                                                                                                                                                                          |
|           | 2SM                                                                                                                                                                                                          |
|           | 3SM                                                                                                                                                                                                          |
|           | 4SM                                                                                                                                                                                                          |
|           | 5SM ou mais                                                                                                                                                                                                  |
| <b>20</b> | <b>Nos últimos 12 meses, o agregado familiar esteve em atraso, ou seja, não conseguiu pagar as contas de serviços públicos (aquecimento, eletricidade, gás, água etc) devido a dificuldades financeiras?</b> |
|           | Sim                                                                                                                                                                                                          |
|           | Não                                                                                                                                                                                                          |
|           | Outros. Quais?                                                                                                                                                                                               |
| <b>21</b> | <b>Evita usar equipamentos de aquecimento devido à conta de energia?</b>                                                                                                                                     |
|           | Sim                                                                                                                                                                                                          |
|           | Não                                                                                                                                                                                                          |
| <b>22</b> | <b>Evita usar equipamentos de arrefecimento devido à conta de energia?</b>                                                                                                                                   |
|           | Sim                                                                                                                                                                                                          |
|           | Não                                                                                                                                                                                                          |
| <b>23</b> | <b>Evita usar eletrodomésticos devido à conta de energia?</b>                                                                                                                                                |
|           | Sim                                                                                                                                                                                                          |
|           | Não                                                                                                                                                                                                          |
|           | <b>IMPACTO NA SAÚDE</b>                                                                                                                                                                                      |
| <b>24</b> | <b>Considera que o desconforto térmico impacta na saúde?</b>                                                                                                                                                 |
|           | Sim                                                                                                                                                                                                          |
|           | Não                                                                                                                                                                                                          |
| <b>25</b> | <b>Sente piora na qualidade do sono em alguma estação?</b>                                                                                                                                                   |
|           | Sim. Inverno                                                                                                                                                                                                 |
|           | Sim. Verão                                                                                                                                                                                                   |
|           | Não                                                                                                                                                                                                          |
| <b>26</b> | <b>Sente piora na qualidade da concentração (escrever, ler, computador) em alguma estação?</b>                                                                                                               |
|           | Sim. Inverno                                                                                                                                                                                                 |
|           | Sim. Verão                                                                                                                                                                                                   |
|           | Não                                                                                                                                                                                                          |
| <b>27</b> | <b>Pessoas com problemas de alergia ou trato respiratório em alguma estação?</b>                                                                                                                             |
|           | Sim. Inverno                                                                                                                                                                                                 |

|           |                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | Sim. Verão                                                                                                                                                                                                                                 |
|           | Não                                                                                                                                                                                                                                        |
|           | <b>ENQUADRAMENTO ENERGÉTICO</b>                                                                                                                                                                                                            |
| <b>28</b> | <b>A habitação possui certificado energético?</b>                                                                                                                                                                                          |
|           | Sim                                                                                                                                                                                                                                        |
|           | Não                                                                                                                                                                                                                                        |
|           | Não sabe                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>29</b> | <b>Qual a classe energética da habitação</b>                                                                                                                                                                                               |
|           | Não sabe                                                                                                                                                                                                                                   |
|           | A, B, C, D, E                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>30</b> | <b>Recorreu alguma vez aos fundos do governo para renovação da habitação visando melhorar a eficiência energética.</b>                                                                                                                     |
|           | Sim                                                                                                                                                                                                                                        |
|           | Não                                                                                                                                                                                                                                        |
|           | Não sabe do que se trata                                                                                                                                                                                                                   |
|           | <b>HÁBITOS DE MORAR</b>                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>31</b> | <b>Dormem com as portas/janelas fechadas, entreabertas ou abertas?</b>                                                                                                                                                                     |
| <b>32</b> | <b>Durante o dia e a noite, as janelas ficam abertas ou fechadas? Abertas em quais períodos do dia/noite?</b>                                                                                                                              |
| <b>33</b> | <b>Há exaustor na cozinha?</b>                                                                                                                                                                                                             |
| <b>34</b> | <b>Há exaustor/janela de ventilação na casa de banho?</b>                                                                                                                                                                                  |
| <b>35</b> | <b>Há animais de estimação? Quantos?</b>                                                                                                                                                                                                   |
| <b>36</b> | <b>Os animais de estimação dormem onde? Durante o dia ficam onde? As janelas são abertas por causa dos animais?</b>                                                                                                                        |
| <b>37</b> | <b>Quantos banhos por dia? Duração dos banhos?</b>                                                                                                                                                                                         |
| <b>38</b> | <b>Os animais tomam banho na casa de banho? Com que frequência?</b>                                                                                                                                                                        |
| <b>39</b> | <b>A cozinha é utilizada diariamente em quais horários? Cozinha-se no pequeno almoço, almoço e jantar? Quanto tempo em média cozinhando?</b>                                                                                               |
| <b>40</b> | <b>Há máquina de lavar e secadora? As roupas são secas em estendais ou na máquina? Onde fica o estendal? Quais os horários/dias em que se lavam roupa no inverno e no verão? Onde a roupa é colocada para secar no inverno e no verão?</b> |
| <b>41</b> | <b>Há quanto tempo mora no apartamento?</b>                                                                                                                                                                                                |
| <b>42</b> | <b>Desde que começou a morar, houve alguma intervenção em caixilhos exteriores, paredes exteriores, sistema solar fotovoltaico ou alguma intervenção para eficiência energética?</b>                                                       |
| <b>43</b> | <b>Se houve intervenção, observou alguma mudança na sensação térmica interior?</b>                                                                                                                                                         |