

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



**Desenvolvimento de arquétipos para  
avaliação do desempenho energético de edifícios residenciais  
portugueses**

Rafael Marques Silva

**Mestrado em Engenharia da Energia e Ambiente**

Dissertação orientada por:  
Marta João Nunes Oliveira Panão  
María del Carmen Guerrero Delgado

2024

## Agradecimentos

A entrega desta dissertação irá dar por concluída a etapa que considero mais importante e mais valiosa no meu percurso académico. Uma etapa crucial para o meu desenvolvimento e que, em muito contribui, para a concretização dos meus objetivos pessoais e profissionais, que espero possam vir a ser cumpridos com a conclusão deste ciclo. O prazer de ter desenvolvido este trabalho e a expectativa que que possa ser útil foram a principal força motriz da minha motivação. No entanto, não quero deixar de fazer um especial agradecimento pelo apoio recebido de pessoas que tanto me ajudaram a cumprir esta tarefa.

À Prof. Doutora Marta João Nunes Oliveira Panão que, como orientadora do trabalho, foi uma preciosa ajuda, não só por todo o conhecimento que partilhou, como pela sua permanente disponibilidade para ajudar, tendo tido sempre, ideias muito concretas relativamente aos objetivos a atingir com o trabalho e o modo como se pretendia que este fosse desenvolvido e cujos contributos se revelaram extremamente valiosos.

À Universidade de Sevilha, à Prof. Doutora María del Carmen Guerrero Delgado e em especial ao Rafael Monge Palma que, conjuntamente e da mesma forma que a professora Marta, sempre se prontificou a auxiliar, nomeadamente, em todas as situações mais complicadas das especificidades do trabalho, a par da disponibilização de informação variada e partilha de conhecimento, tão útil para o resultado final.

Aos meus colegas e amigos, que me ajudaram no esclarecimento de dúvidas encontradas ao longo deste percurso, pelas conversas e animação fora do contexto académico que também contribuíram para reforçar a motivação necessária e esforço contínuos, para a conclusão deste trabalho. Por último, uma palavra para os meus pais que sempre me apoiaram e acreditaram em mim e que estão sempre do meu lado nos bons e maus momentos. Se estou a escrever isto, a eles é devido.

A todos vós, um sincero e grande obrigado.

## Resumo

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de arquétipos representativos do parque habitacional português tendo em vista a simulação do desempenho térmico e energético de edifícios, acabando o seu âmbito por se focar especificamente em apartamentos, que constituem a tipologia habitacional onde reside quase metade da população. A criação destes arquétipos visa resolver a escassez de modelos de acesso livre que integrem a geometria e os materiais de construção. A metodologia adotada inclui a simplificação de plantas habitacionais reais e a validação rigorosa dos modelos, de forma a garantir o rigor e a representatividade das habitações modeladas.

Os modelos concebidos são compatíveis com o software *EnergyPlus*, permitindo que futuros estudos efetuem simulações energéticas detalhadas e possibilitando análises de desempenho térmico e energético dos edifícios. A principal limitação identificada ao longo deste estudo foi a falta de informação detalhada sobre habitações unifamiliares térreas, o que acabou por condicionar o âmbito da investigação à tipologia de apartamentos. Contudo, os resultados obtidos fornecem uma representação fiável e detalhada dos edifícios estudados, o que é relevante tanto para o contexto académico como para a aplicação prática dos estudos de eficiência energética de edifícios.

A criação desta base de dados de arquétipos constitui uma ferramenta valiosa, que poderá ser utilizada como referência para estudos futuros, promovendo a continuidade da investigação sobre o parque habitacional e a eficiência energética em Portugal. Entre as sugestões para futuros trabalhos, destaca-se a expansão dos arquétipos para abranger habitações unifamiliares térreas, que representam uma parcela significativa do setor habitacional português. A realização de simulações energéticas completas, incorporando dados concretos sobre a operação dos edifícios e sistemas de climatização, com o objetivo de comparar os resultados simulados com os valores reais de consumo energético das habitações existentes constituirá outra das oportunidades de investigação a desenvolver.

**Palavras-chave:** Edifícios residenciais; Edifícios de Referência; Desempenho energético; Arquétipos; Simulação de edifícios.

## Abstract

This research aimed to develop representative archetypes of the Portuguese housing stock, with its focus specifically on apartments, which are the most common housing type in Portugal. The creation of these archetypes seeks to address the lack of available data regarding the geometry, construction materials, and other elements of Portuguese dwellings. The adopted methodology includes the simplification of real housing floor plans and the rigorous validation of the models to ensure the accuracy and representativeness of the modelled dwellings.

The models created are compatible with the *EnergyPlus* software, enabling future research to conduct detailed energy simulations and allowing for the analysis of thermal and energy performance of the buildings. The main limitation identified during this study was the lack of detailed information on single-story detached houses, which ultimately constrained the scope of the research to apartment typologies. However, the results provide a reliable and detailed representation of the studied buildings, which is relevant both for academic purposes and for the practical application of energy efficiency studies in buildings.

The creation of this database of archetypes constitutes a valuable tool that can serve as a reference for future research, promoting the continuation of studies on the housing stock and energy efficiency in Portugal. Among the suggestions for future work, the expansion of the archetypes to include single-story detached houses, which represent a significant portion of the Portuguese housing sector, stands out. Additionally, conducting comprehensive energy simulations, incorporating concrete data on building operations and HVAC systems, with the aim of comparing simulated results with the actual energy consumption values of existing dwellings, presents another valuable research opportunity to be explored.

**Keywords:** Residential buildings; Reference buildings; Energy performance; Archetypes; Building simulation

## Nomenclatura

### Siglas e acrónimos

ADENE	Agência Nacional para a Energia
AQS	Águas Quentes Sanitárias
ASIEPI	<i>Assessment and Improvement of the EPBD Impact</i>
BPD	<i>Building Performance Database</i>
BPIE	<i>Buildings Performance Institute Europe</i>
DOE	Departamento de Energia (dos Estados Unidos da América)
ELPRE	Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios
EM	Estados-Membros
ENEA	Agência nacional italiana para novas tecnologias energéticas e desenvolvimento económico sustentável
EPDB	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
ER	Edifícios de Referência
HVAC	<i>Heating, Ventilating and Air Conditioning</i>
IEE	<i>Intelligent Energy Europe</i>
INE	Instituto Nacional de Estatística
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Buildings</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PNEC	Plano Nacional Energia e Clima
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RNC	Roteiro para a Neutralidade Carbónica
SCE	Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
SDG	<i>Sustainable Development Goals</i>
TABULA	<i>Typology Approach for Building Stock Energy Assessment</i>
UBEM	<i>Urban Building Energy Models</i>
UE	União Europeia

# Índice

Agradecimentos .....	2
Resumo .....	3
Abstract.....	4
Nomenclatura.....	5
Índice .....	6
Índice de Figuras.....	8
Índice de Tabelas .....	9
1 Introdução .....	10
1.1 Enquadramento .....	10
1.2 Objetivos e Perguntas de Investigação.....	15
1.3 Organização do Documento.....	16
2 Revisão Bibliográfica.....	17
2.1 Definição de um edifício de referência .....	17
2.1.1 Metodologia para criar edifícios de referência .....	18
2.2 Elementos de um edifício de referência .....	20
2.3 Edifícios de referência em Portugal .....	21
3 Métodos.....	23
3.1 Recolha e tratamento de informação.....	23
3.2 Seleção dos casos mais relevantes .....	24
3.3 Definição dos modelos geométricos .....	26
3.4 Verificação e integridade do modelo da envolvente térmica .....	28
4 Resultados e Discussão .....	30
4.1 Tipologias e representatividade dos resultados.....	30
4.2 Espaços a desconsiderar .....	30
4.3 Arquétipos desenvolvidos .....	31
4.3.1 Período 1919-1945 .....	31
4.3.2 Período 1946-1960 .....	32
4.3.3 Período 1961-1980 .....	34
4.3.4 Período 1981-2000 .....	35
4.3.5 Período 2001-2010 .....	37
5 Conclusões e Sugestões Futuras.....	40
6 Referências.....	41
A. Anexos.....	43
Anexo A.....	43

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.1</b> - Emissão de CO <sub>2</sub> equivalente EU-27 em milhões de toneladas [8].....	10
<b>Figura 1.2</b> - Anos de construção do parque habitacional português (adaptado [14]) .....	11
<b>Figura 1.3</b> - Edifícios com e sem necessidade de reparação, em Portugal, por quantidade (adaptado [14]).....	12
<b>Figura 1.4</b> - Consumo final de energia em Portugal, 2020 (adaptado [20]).....	14
<b>Figura 2.1</b> - Exemplo de parametrização e seleção de edifícios de referência (adaptado [24]).	17
<b>Figura 2.2</b> - Metodologia geral para definir os ER (adaptado [23]). .....	18
<b>Figura 2.3</b> - Fluxo de trabalho do modelo energético para definir ER (adaptado [25]).....	20
<b>Figura 2.4</b> - Parâmetros para definir um modelo ER de acordo com o DOE (adaptado [23])...	21
<b>Figura 3.1</b> - Edifícios clássicos por época de construção, 2021 [26].....	23
<b>Figura 3.2</b> - Alojamentos familiares clássicos de residência habitual, segundo número de divisões, 2021 [26].....	24
<b>Figura 3.3</b> - Alojamentos familiares clássicos, ocupados como residência habitual, segundo o escalão de área útil, 2021 [26].....	24
<b>Figura 3.4</b> - Exemplo de uma planta definida no <i>AutoCAD</i> .....	25
<b>Figura 3.5</b> - Resumo esquemático da metodologia aplicada: passos do desenvolvimento do trabalho (verde) e passos a adicionar em trabalhos futuros (laranja). .....	29
<b>Figura 4.1</b> - Planta adaptada da original "06-1919/45" .....	31
<b>Figura 4.2</b> - Planta do modelo "06-1919/45" .....	31
<b>Figura 4.3</b> – Vista, em perspetiva do modelo 3D "06-1919-45".....	32
<b>Figura 4.4</b> - Planta adaptada da original "06-1946/60" .....	33
<b>Figura 4.5</b> - Planta do modelo "06-1946/60" .....	33
<b>Figura 4.6</b> - Vista em perspetiva do modelo 3D "06-1946/60" .....	33
<b>Figura 4.7</b> - Planta adaptada da original "07-1946/60".....	33
<b>Figura 4.8</b> - Planta do modelo "07-1946/60" .....	33
<b>Figura 4.9</b> - Vista em perspetiva do modelo 3D "07-1946/60" .....	34
<b>Figura 4.10</b> - Planta adaptada da original "04-1961/80-1" .....	34
<b>Figura 4.11</b> - Planta do modelo 04-1961/80-1" .....	34
<b>Figura 4.12</b> - Vista em perspetiva do modelo 3D "04-1962/80" .....	35
<b>Figura 4.13</b> - Planta adaptada da original "03-1961/80-2" .....	35
<b>Figura 4.14</b> - Planta do modelo "03-1961/80-2".....	35
<b>Figura 4.15</b> - Vista em perspetiva do modelo 3D "03-1961/80" .....	35
<b>Figura 4.16</b> - Planta adaptada da original "08-1981/00-1" .....	36
<b>Figura 4.17</b> - Planta do modelo "08-1981/00-1".....	36
<b>Figura 4.18</b> - Vista em perspetiva do modelo 3D "08-1981/00-1" .....	36
<b>Figura 4.19</b> - Planta adaptada da original "04-1981/00-2" .....	37
<b>Figura 4.20</b> - Planta do modelo "04-1981/00-2".....	37
<b>Figura 4.21</b> - Vista em perspetiva do modelo 3D "04-1981/00-2" .....	37
<b>Figura 4.22</b> - Planta adaptada da original "02-2001/10-2" .....	38
<b>Figura 4.23</b> - Planta do modelo "02-2001/10-2" .....	38
<b>Figura 4.24</b> - Vista em perspetiva do modelo 3D "02-2001/10-2" .....	38
<b>Figura 4.25</b> - Planta adaptada da planta original.....	38
<b>Figura 4.26</b> - Planta do modelo "05-2001/10" .....	38
<b>Figura 4.27</b> - Vista em perspetiva do modelo 3D "05-2001/10" .....	38
<b>Figura 4.28</b> – Sombreamento, de cor roxa, aplicado ao edifício “05-2001/10”.....	39

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> - Elementos construtivos, tendo em conta os períodos construtivos .....	27
<b>Tabela 2</b> - Plantas período 1919-1945, tipologia T3.....	30
<b>Tabela 3</b> - Plantas período 1946-1960, tipologia T3.....	31
<b>Tabela 4</b> - Plantas período 1946-60, tipologia T2.....	31
<b>Tabela 5</b> - Plantas período 1961-1980, tipologia T3.....	33
<b>Tabela 6</b> - Plantas período 1961-80, tipologia T2.....	33
<b>Tabela 7</b> - Plantas período 1981-2000, tipologia T3.....	35
<b>Tabela 8</b> - Plantas período 1981-2000, tipologia T2.....	35
<b>Tabela 9</b> - Plantas período 2001-2010, tipologia T3.....	36
<b>Tabela 10</b> - Plantas período 2001-2010, tipologia T2.....	36
<b>Tabela 11</b> - Resumo dos nove modelos 3D.....	38

# 1 Introdução

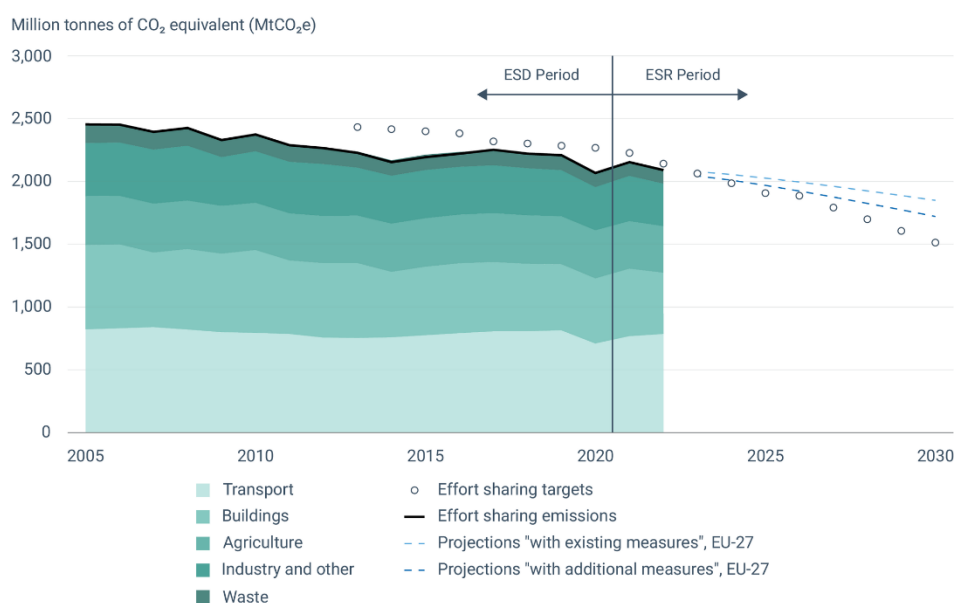
## 1.1 Enquadramento

As aspirações e prioridades para a temática da sustentabilidade têm sido definidas a um nível global, e principalmente, na União Europeia (UE), onde existe uma crescente e acentuada preocupação da atual sociedade para com o meio ambiente e a sua preservação, a gestão ponderada e cuidada dos recursos naturais e o uso racional e eficiente das energias, principalmente das fontes de energia não renováveis. Os passos até agora realizados e as alterações deles decorrentes têm surtido efeito nos Estados Membros, a nível governamental e pessoal, alterando gradualmente, as antigas práticas, ditas insustentáveis[1-3].

Desde o início da revolução industrial, no século XIX, as atividades humanas têm sido o grande impulso para as alterações climáticas, principalmente derivado da queima de combustíveis fósseis, como o carvão ou gás natural, entre outros, tendo como consequência o aumento da temperatura média da superfície do planeta para valores de 1,1°C acima das registadas no final do século XIX, tendo sido a última década, de 2010 a 2020, a mais quente desde que há registo [4].

Os desafios resultantes das alterações climáticas são inúmeros, no entanto, existem já algumas iniciativas para tentar reverter este problema, recorrendo a acordos internacionais para guiarem o respetivo processo. Acordos para definir os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) e o acordo de Paris, são exemplos que têm como finalidade cortar emissões e promover a adaptação aos impactos ambientais ao mesmo tempo que tentam assegurar o financiamento necessário para estas alterações [4].

A Europa, com os seus 27 Estados-Membros (EM), tem dado passos significativos para reduzir as emissões e os impactos ambientais, através da sua legislação de base, o Regulamento (EU) 2018/1999 [5], a chamada Lei Europeia do Clima, que visa atingir neutralidade carbono até 2050 [6]. No entanto, de acordo com o relatório anual da Agência Europeia do Ambiente esse objetivo muito dificilmente será atingido, uma vez que a redução, até 2030, em 55% das emissões de gases com efeito de estufa, comparando com as de 1990, não será realizável. As métricas associadas às medidas aplicadas atualmente, projetam uma redução máxima de 43%. Mesmo com a implementação de medidas adicionais impostas individualmente em 18 dos EM, no limite, apenas se poderá verificar uma redução de 48%. Mais intervenções são cruciais para atingir os objetivos propostos [7].



**Figura 1.1** - Emissão de CO<sub>2</sub> equivalente EU-27 em milhões de toneladas [8].

A Figura 1.1 apresenta o progresso decrescente da emissão de CO<sub>2e</sub>, com base em várias projeções, repartidas também por setores, antes e após a aplicação das medidas da decisão de execução (UE) 2020/2126 da Comissão, de 16 de dezembro de 2020 que estabelece as dotações anuais de CO<sub>2e</sub> dos Estados-Membros para o período de 2021 a 2030 [9].

O desempenho energético dos edifícios é também um fator importante a ter em conta se o objetivo for a sustentabilidade e a redução da emissão de CO<sub>2e</sub>, visto que perto de 40% da energia final e 36% das emissões diretas e indiretas dos gases com efeito de estufa são atribuídos ao setor, confirmando também por esta via, a prioridade em atingir os objetivos energéticos e de clima da UE [10]. Dentro deste contexto, o parque habitacional existente necessita de planos de renovação que promovam a poupança e a implementação de fontes de energia renovável. No entanto, a diversidade do parque habitacional dificulta a aplicação de um método único que possa ser comum a todos os EM, uma vez que são contabilizados e influenciados por diversos fatores, desde as condições climáticas, o uso energético, a idade até ao tipo de construção existente [10].

O facto de 85% dos edifícios na Europa terem sido construídos antes do ano 2000, dos quais 75% apresentam baixo desempenho energético, é de importância extrema para fomentar um acréscimo da sua eficiência energética, representando estes, a maior percentagem de consumo energético na Europa. O setor da construção de edifícios é, portanto, crucial para atingir os objetivos climáticos e energéticos da UE que estabeleceu quadros legislativos, tais como a Diretiva (EPDB) 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, atualizada no ano 2023, e a Diretiva (UE) 2023/1791 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de setembro de 2023, relativa à eficiência energética e que altera o Regulamento (UE) 2023/955 (reformulação) [1], [11], [12]. Em conjunto, ambas as diretivas promovem políticas que irão ajudar a atingir um parque habitacional eficiente e descarbonizado até 2050, criar um ambiente estável para investimento e, por fim, permitir que consumidores e empresas façam escolhas mais informadas para poupar energia e dinheiro [13].

O parque habitacional português, de acordo com os Censos realizados no ano 2021, apresenta-se como tendo sido, na grande maioria, construído entre as décadas de 60 e 90, (aproximadamente 43%), o que corresponde a mais edifícios contruídos nessa época do que da década de 90, aos dias de hoje, sendo que apenas 3,1% foram construídos na última década (Figura 1.2). Isto representa uma baixa dinâmica de construção, que acaba por ser refletida no envelhecimento do parque habitacional.[14]

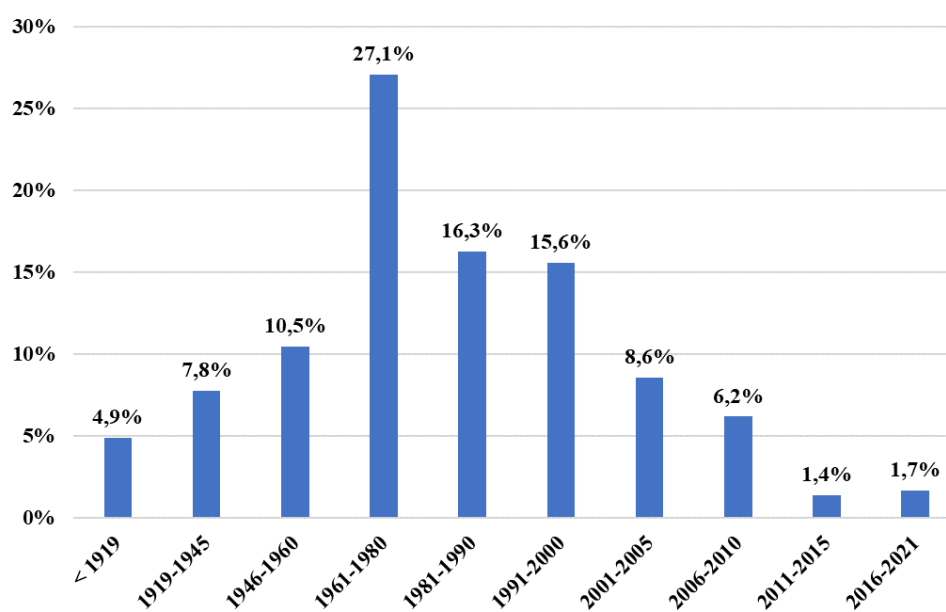
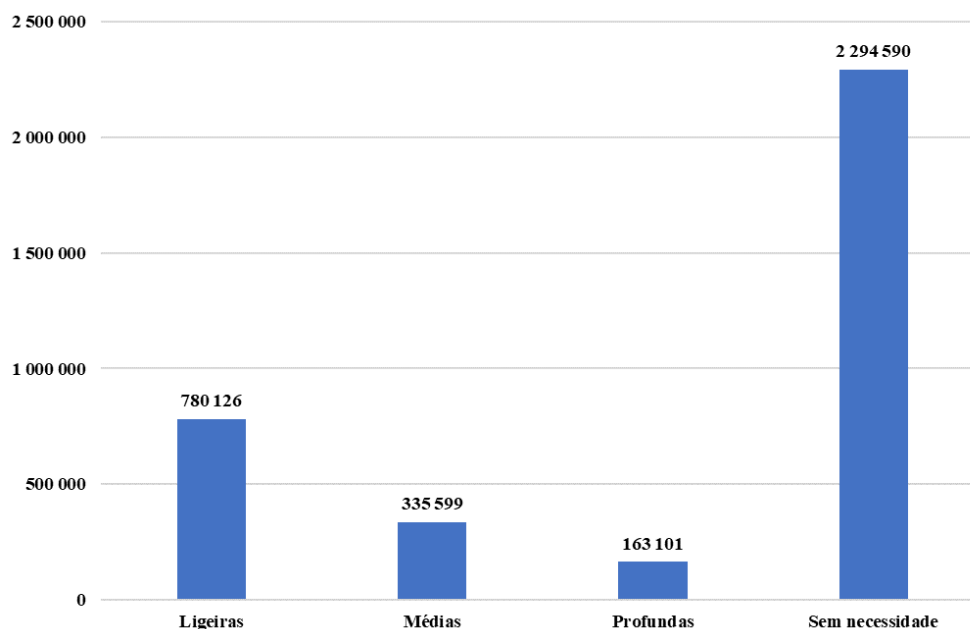


Figura 1.2 - Anos de construção do parque habitacional português (adaptado [14])

Apesar disso, segundo os mesmos Censos, 64,2% dos edifícios destinados para habitação não necessitam de reparações, dos restantes 35,8%, a maioria necessita de reparações ligeiras, 9,4% de reparações médias e apenas 4,6% requer reparações profundas (Figura 1.3). No entanto, os dados não repartem os edifícios com necessidade de reparações por ano ou idade de construção, o que resulta numa análise de acrescida dificuldade, na avaliação das necessidades de renovação do parque habitacional, necessário, não só para a melhoria da condição de conforto térmico dos moradores, como para o aumento da eficiência energética dos mesmos. Visto ser um conceito muito abrangente, ao representar todas as reparações eventualmente necessárias (até à data de referência) de todas as componentes dos edifícios, incluindo a estrutura, cobertura, paredes e caixilho exterior, é de difícil análise, não se conhecendo exatamente quantos e quais os edifícios que necessitam de intervenção e correção ao mesmo tempo que não existem dados que permitam relacionar e especificar com exatidão o tipo de intervenção necessária com os números associados às reparações ligeiras, médias e profundas, torna complexa a qualificação e quantificação da dimensão efetiva deste problema em Portugal [14], [15].



**Figura 1.3** - Edifícios com e sem necessidade de reparação, em Portugal, por quantidade (adaptado [14])

A nível europeu, a Diretiva EPDB promove a melhoria contínua e acentuada do desempenho energético dos edifícios, sendo para tal, necessário estabelecer uma metodologia comum de cálculo do seu desempenho energético e a aplicação de requisitos mínimos mais restritos para edifícios novos e existentes, de modo a aumentar o parque residencial e não residencial com necessidades quase nulas de energia, tendo em especial atenção a certificação e regulamentação na avaliação e controlo destes edifícios [11].

De acordo com o Artigo 2º-A da EPBD, cabe a cada EM estabelecer a sua própria estratégia de renovação a longo prazo. No entanto, esse artigo define a necessidade de englobar na legislação nacional, critérios e estratégias de renovação a longo prazo, de modo a converter o parque imobiliário, residencial e não residencial, público e privado, em edifícios descarbonizados e de elevada eficiência energética, com o objetivo de transformar, de forma rentável, os edifícios existentes em edifícios com necessidades quase nulas do ponto de vista energético. Estes critérios pressupõem a caracterização do parque imobiliário nacional, a identificação das renovações mais relevantes para cada tipo de edifício e a sua zona climática, as políticas e ações que incentivam a renovação profunda e rentável do parque

habitacional, especialmente das frações com pior desempenho energético e de incentivo para novas tecnologias inteligentes, entre outros. Com a estratégia desenvolvida em cada EM, prevê-se que a emissão de gases com efeito de estufa seja reduzida, num valor entre 80-95%, comparando com valores de 1990. Estas metas serão faseadas com indicadores para 2030, 2040 e 2050 [11]. Já o artigo 6º define que todos os EM tomem as medidas necessárias de modo a assegurar que os edifícios novos cumpram todos os requisitos mínimos de desempenho energético, tendo em conta a viabilidade económica, ambiental e técnica dos sistemas de elevada eficiência energética.

Portugal comprometeu-se a alcançar a neutralidade carbónica até 2050, em linha com os objetivos climáticos da UE, através da aprovação do Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050). De acordo com o roteiro, e de forma a cumprir com os objetivos da descarbonização e da transição energética, social e económica do país, foi desenvolvido e aprovado em 2020 o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030) cujo âmbito visa estabelecer as metas e objetivos, e concretizar políticas e medidas até 2030. Em específico para os edifícios, o PNEC 2030, estabelece as linhas de atuação concretas que permitem alcançar a redução da intensidade carbónica e a renovação do parque imobiliário nacional, com foco no objetivo de implementação do conceito de “Nearly Zero Energy Buildings” (NZEB) tanto na renovação de edifícios como na construção de novos [16].

Em concordância com o comprometimento de Portugal, o Governo português, aprovou, através da Resolução do Conselho de Ministros 8-A/2021, de 3 de fevereiro, a Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios (ELPRE). Esta estratégia visa alinhar-se com os objetivos, nacionais e europeus, referidos anteriormente para alcançar a neutralidade carbónica, promovendo a eficiência energética dos edifícios existentes transformando-os, como já referido, em edifícios NZEB. A estratégia estabelece metas de poupança de energia primária de 11% até 2030 e 34% até 2050, além de uma redução de 26% nas horas de desconforto na habitação até 2030 e de 56% até 2050. Está prevista a renovação de uma área total de cerca de 364 milhões de metros quadrados até 2030 e 748 milhões de metros quadrados até 2050.

As medidas da ELPRE incluem a intervenção na envolvente dos edifícios, a substituição de sistemas por alternativas mais eficientes, a promoção de energias renováveis e a adoção de soluções técnicas quando adequadas à renovação energética dos edifícios abrangidos, devidamente articuladas com a identificação e análise dos mecanismos de resposta às falhas de mercado, mediante, entre outras medidas, a criação e desenvolvimento de programas de financiamento para a renovação, a mobilização de investimentos públicos e privados, bem como a consolidação das políticas de incentivo e monitorização do mercado [17].

A ELPRE, de modo a atingir os objetivos, organiza as suas políticas e ações em sete eixos principais:

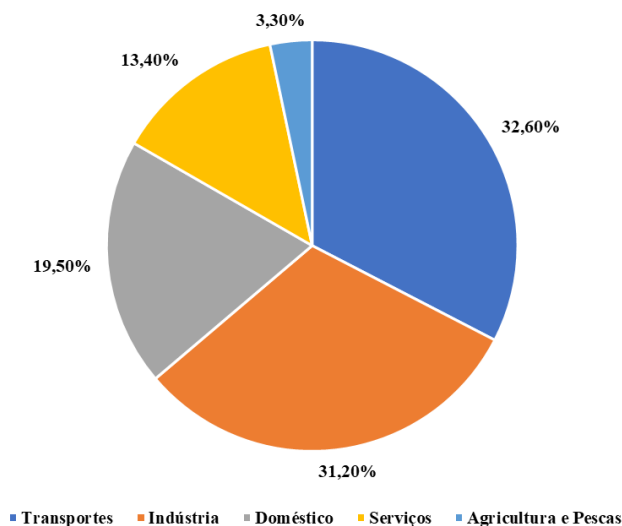
- A renovação do edificado cujo objetivo envolve a criação de um enquadramento financeiro adequado, incluindo novas linhas de financiamento e a revisão do Programa de Eficiência Energética na Administração Pública, ao abranger as eficiências material e hídrica, e o aumento do desempenho ambiental dos edifícios;
- O desenvolvimento da inteligência dos edifícios, incentivando a investigação e a inovação tecnológica;
- O reforço normativo e regulamentar que visa fortalecer a certificação energética dos edifícios, ao aproveitar medidas que permitam utilizar certificados energéticos como mecanismo de acesso a benefícios ou incentivos;
- Combater a falta de formação e qualificação profissional no desempenho de edifícios e em matéria de eficiência energética e de recursos, ao alinhar currículos e projetos educacionais de forma a promover a descarbonização e eficiência energética dos edifícios abrangidos;

- O combate à pobreza energética com a redução dos custos com energia e o apoio a famílias vulneráveis através de campanhas de sensibilização e uso de tecnologias de informação para educar cidadãos e empresas;
- Assegurar a implementação de medidas para melhorar o conhecimento e a sensibilidade dos cidadãos e empresas, públicas e privadas, para os benefícios inerentes à renovação dos edifícios;
- Assegurar a implementação de indicadores e mecanismos para monitorizar o progresso da ELPRE e avaliar os resultados no desempenho energético dos edifícios, mediante a colaboração entre entidades públicas para criar e desenvolver um sistema de monitorização eficaz [17].

Ao nível global, a Organização das Nações Unidas (ONU), criou 17 objetivos de desenvolvimento sustentável: “Os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável são a nossa visão comum para a humanidade e um contrato social entre os líderes mundiais e os povos. São uma lista das coisas a fazer em nome dos povos e do planeta e um plano para o sucesso”. Citados do antigo secretário-geral das nações unidas Ban Ki-moon, estes objetivos, definem as prioridades globais, até 2030, em áreas que afetam a qualidade de vida de cidadãos presentes e futuros, no planeta terra [18].

A ONU tem desempenhado o papel de supervisor dos progressos dos países, ao nível dos *Sustainable Development Goals* (SDG) ou Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) através do *SDG Index & Monitoring* [18]. Esta avaliação de desempenho coloca Portugal em 18º lugar de 166 países membros da ONU, com uma pontuação de 80 pontos em 100, onde a pontuação máxima corresponde à execução e realização de todos os 17 ODS [19].

A nível do desenvolvimento sustentável da habitação e da construção, foca, sobretudo os objetivos 7 e 11. O primeiro será importante visto que o setor da habitação, em Portugal, é o terceiro setor que consome mais energia, e corresponde a 19,5% do total da energia final no ano de 2020. Relativamente ao segundo, os edifícios habitacionais são os constituintes base de qualquer cidade e comunidade, quer seja sustentável ou não [20].



**Figura 1.4** - Consumo final de energia em Portugal, 2020 (adaptado [20]).

O Objetivo 7, dedicado às energias renováveis e acessíveis, estabelece uma série de metas fundamentais. Em primeiro lugar, visa garantir o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis aos serviços de energia. Isso requer um aumento substancial na participação das energias renováveis na matriz energética global, promovendo a transição para fontes mais limpas e sustentáveis.

Além disso, o objetivo pretende duplicar a taxa global de melhoria da eficiência energética, reconhecendo a importância de otimizar o uso dos recursos existentes para promover a sustentabilidade e a estabilidade energética [21].

A cooperação internacional desempenha um papel fundamental nesse contexto, facilitando o acesso à pesquisa de novas tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias avançadas de combustíveis fósseis. Essa cooperação também estimula o investimento em toda a infraestrutura de energia. Além disso, o objetivo envolve a expansão e modernização da infraestrutura e da tecnologia de fornecimento de serviços de energia, com o propósito de torná-los modernos e sustentáveis para todos os países [21].

Em suma, o objetivo de ter energias renováveis e acessíveis até 2030, exige um compromisso global de cooperação internacional para facilitar investimentos, pesquisa e desenvolvimento tecnológico. O seu propósito é promover o bem-estar da sociedade e alcançar serviços acessíveis, confiáveis e sustentáveis [21].

O Objetivo 11, por sua vez, visa promover cidades e comunidades sustentáveis, abordando diversos pontos cruciais. Primeiramente, pretende-se garantir o acesso de todos a habitação segura e adequada, a preços acessíveis, proporcionando acesso a serviços básicos e contribuindo para uma sociedade mais inclusiva e equitativa [22].

Em segundo lugar, o objetivo procura promover a urbanização inclusiva e sustentável, fortalecendo as capacidades de planeamento e gestão dos ambientes urbanos. Visando criar ambientes urbanos propícios para o desenvolvimento das comunidades e o atendimento das suas necessidades [22].

Outro elemento deste objetivo é a redução significativa do número de mortes e dos impactos causados por catástrofes naturais. Isso inclui a mitigação de perdas económicas durante tais eventos, visando proteger os grupos mais vulneráveis e em situações de pobreza. Além disso, o objetivo busca reduzir o impacto ambiental negativo nas cidades, *per capita*, com foco especial na qualidade do ar, na gestão de resíduos municipais e noutros aspetos ambientais relevantes [22].

Em suma, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº11 procura promover o bem-estar geral não apenas nos edifícios residenciais, mas também no ambiente circundante, incentivando uma comunidade diversificada, coesa e segura para todos os seus habitantes. Isso inclui medidas de prevenção e mitigação de catástrofes, bem como a redução de impactos ambientais adversos [22].

Em conclusão, será fundamental compreender a situação atual do parque habitacional em Portugal, incluindo a avaliação do estado dos edifícios, sua tipologia e métodos construtivos e dos programas de renovação existentes que visam melhorar a eficiência energética e promover a construção sustentável. A adoção e adaptação das diretrizes da EPBD para a política de construção e renovação em Portugal, são cruciais para determinar se os requisitos e critérios estabelecidos serão resilientes a longo prazo.

Assim, esta pesquisa, juntamente com a subsequente compilação de literatura, pretende perseguir o objetivo de ser aplicada numa variedade de estudos, incluindo iniciativas de renovação e reabilitação, que empregam materiais e técnicas inovadoras, gestão de consumo de energia, e a implementação de sistemas inteligentes de ventilação natural, visando melhorar a resiliência e o conforto térmico do parque habitacional português no futuro. Esta abordagem pode ser de grande utilidade para os decisores políticos, profissionais da área da construção e outros interessados em promover práticas sustentáveis e eficientes no setor habitacional.

## 1.2 Objetivos e Perguntas de Investigação

O presente trabalho de investigação tem como objetivo principal desenvolver arquétipos representativos do parque habitacional português, com o intuito de criar uma biblioteca de edifícios residenciais de referência. Esses edifícios serão usados como referenciais em estudos de simulação e

modelação do desempenho energético das edificações, nomeadamente na determinação das necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento em condições de referência ou em condições reais de utilização.

Os arquétipos selecionados terão como base a análise de estudos prévios, realizados por outros autores, os quais podem incluir artigos científicos, teses de mestrado ou doutoramento ou ainda documentos de entidades públicas nacionais relacionadas com a área da habitação. Esta análise visa sintetizar os modelos representativos existentes.

Além disso, outro objetivo adicional do trabalho é transformar esses arquétipos representativos em modelos digitais para simulação, utilizando a ferramenta *EnergyPlus*, procurando identificar características ausentes, simplificações possíveis e validar os resultados obtidos por meio do uso deste *software*. O processo visa fornecer aos especialistas do setor uma base de dados confiável, útil e de fácil compreensão sobre o parque habitacional português.

Para definir a caracterização geométrica, tipológica por ano de construção e a subsequente caracterização das soluções construtivas, os objetivos específicos foram delineados e enquadrados no seguinte faseamento metodológico:

- 1) Investigação de conceitos e conhecimento existente;
- 2) Desenvolvimento e definição do modelo de caracterização dos arquétipos representativos;
- 3) Análise e validação crítica dos resultados e da abordagem adotada;
- 4) Conclusões e possíveis recomendações para investigações futuras.

Esta abordagem metodológica, que será aprofundada posteriormente, visa estabelecer uma estrutura basilar para o estudo, cuja finalidade será permitir a compreensão detalhada e a análise criteriosa do parque edificado português, além de contribuir para o desenvolvimento de estratégias eficazes de eficiência energética e sustentabilidade no setor da construção.

### 1.3 Organização do Documento

No capítulo 2 mostram-se os estudos referentes à revisão bibliográfica cujo conteúdo foca-se na apresentação das metodologias abordadas tanto para a investigação como para definir e selecionar critérios para determinar os arquétipos, assim como os edifícios de referência existentes para Portugal.

No capítulo 3 irá apresenta-se, de forma detalhada, a metodologia e as ferramentas de software adotadas para desenvolver os arquétipos representativos do parque edificado português. Explica-se a recolha e tratamento da informação e a seleção criteriosa dos casos mais relevantes para o estudo. A metodologia também descreve os procedimentos para a definição dos modelos geométricos e a sua validação.

No capítulo 4, apresentam-se os resultados e inclui-se a discussão dos mesmos, analisando a representatividade dos resultados e das tipologias habitacionais modeladas comparando com o parque habitacional português. Para além disso, aborda-se a exclusão de determinados espaços e por último a apresentação dos arquétipos desenvolvidos.

Por fim, o capítulo 5, tecem-se as principais conclusões, como o resumo dos resultados alcançados, a verificação e confirmação do cumprimento das perguntas de investigação e a implicação dos resultados e as suas possíveis aplicações práticas e teóricas no tema da habitação, para além de se identificarem as limitações do estudo e as sugestões futuras para próximas investigações, que possam ampliar o estudo deste trabalho.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Definição de um edifício de referência

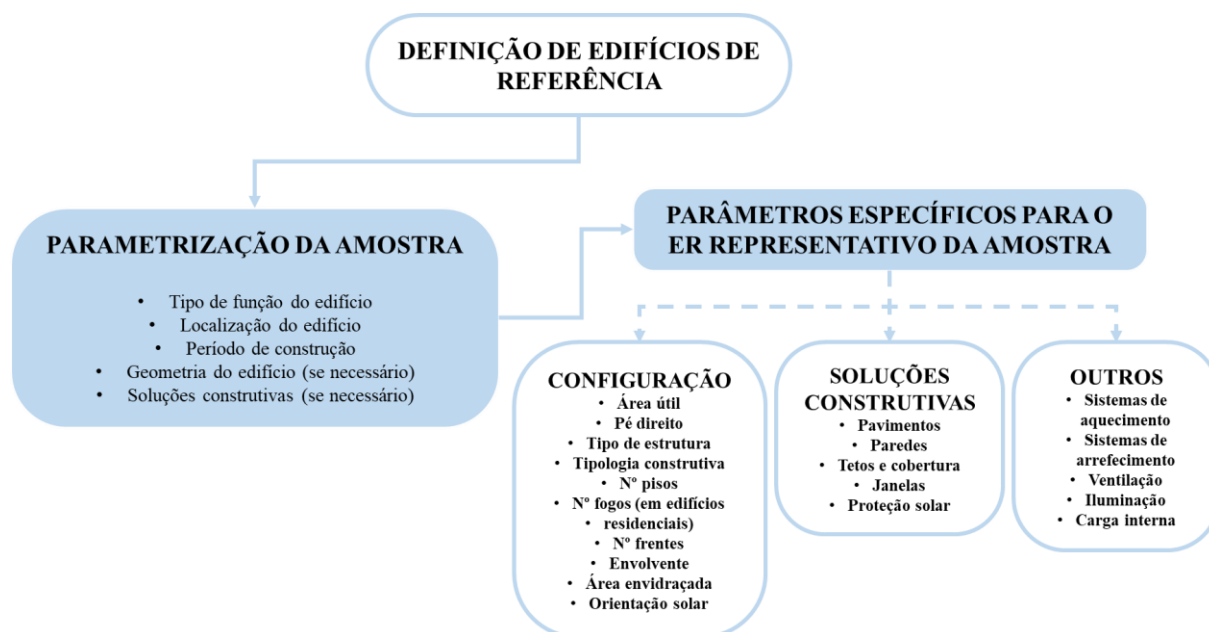
A definição de um edifício de referência não tem, até aos dias de hoje, uma metodologia aceite universalmente para ser utilizada, no entanto, alguns EM tais como a Alemanha e a Dinamarca, já desenvolveram catálogos bastante detalhados e extensos dos seus ER, sendo, portanto, importante determinar os procedimentos a seguir para delinear uma metodologia geral aplicável à realidade de cada EM [23].

Existe, no entanto, uma definição que tem por base o Anexo III da EPBD, onde se definem os ER, caracterizando-se os edifícios, o seu funcionamento usual e a geografia envolvente, incluindo condições climáticas interiores e exteriores. Em resumo, representam o edifício médio de um dado país ou local [23].

A criação de modelos revela divisão entre especialistas da área. Alguns defendem que os ER devem ser o mais completos possível, outros defendem que esses modelos completos não serão realistas e aumentam em demasia a sua complexidade [23].

A EPBD também requer que os EM definam pelo menos dois ER para edifícios existentes e sujeitos a renovações e outro para edifícios recentes. Estes edifícios são separados em categorias de edifícios familiares singulares, e apartamentos (edifícios familiares múltiplos), listados no Anexo I da EPBD [23].

Um dos problemas comuns na definição de ER será a falta de informação sobre como os definir, visto que é difícil encontrar fontes fiáveis de referência. A necessidade acrescida de informação externa, também recai sobre a metodologia aplicada para avaliar o desempenho energético dos edifícios. As orientações sugerem que os EM façam cálculos e simulações através de programas de simulação dinâmica, o que acresce ainda mais a necessidade de uma base forte e segura, de informação [23].



**Figura 2.1** - Exemplo de parametrização e seleção de edifícios de referência (adaptado [24]).

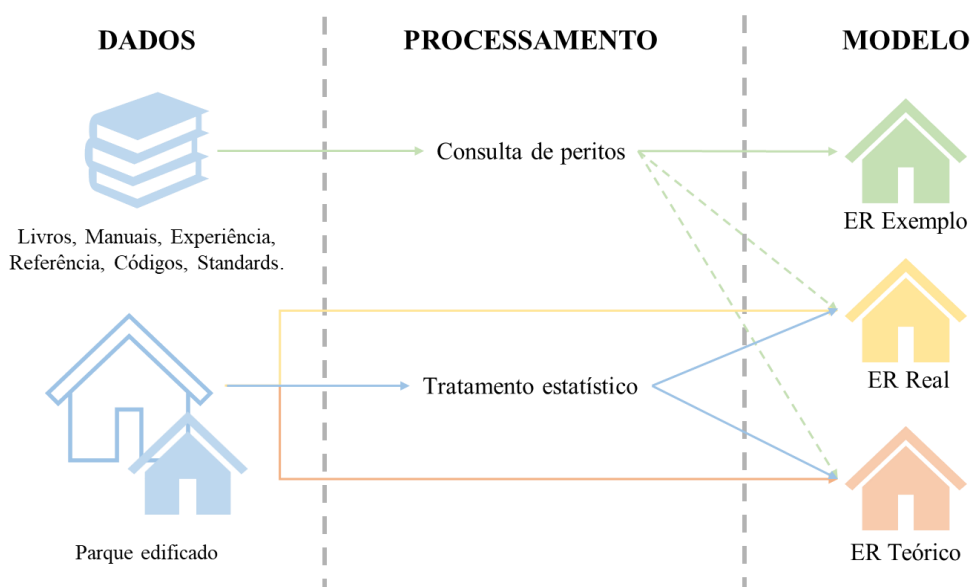
### 2.1.1 Metodologia para criar edifícios de referência

Com base no artigo “Reference buildings for cost optimal analysis: Method of definition and application; Corngati et al. (2012)”, a Diretiva EPBD salienta como documento de referência, o projeto “Typology Approach for Building Stock Energy Assessment” (TABULA), onde são definidas três metodologias para classificar os ER:

A primeira determina que quando não existe informação estatística disponível e apenas se depende de estudos e experiência de especialistas na área, deverá definir-se apenas um “edifício (de referência) exemplo”, onde a combinação destas fontes fornece um grupo provável do parque edificado para determinada localização e idade [23].

A segunda consiste na seleção de um “edifício (de referência) real”, onde o ER é o edifício típico de uma certa categoria, baseado num edifício real cujas características são aproximadamente idênticas às que provêm da análise estatística. Para isto é necessária uma grande quantidade de informação sobre o parque habitacional [23].

Por último, a terceira metodologia define a criação de um “edifício (de referência) teórico” tendo por base análise estatística para definir as características mais comuns do ER [23].



**Figura 2.2** - Metodologia geral para definir os ER (adaptado [23]).

No entanto, para o artigo acima identificado, o modelo definido no estudo teve por base duas referências principais, a agência italiana nacional para novas tecnologias energéticas e desenvolvimento económico sustentável (ENEA) e a metodologia estabelecida pelo Departamento de Energia (DOE) dos Estados Unidos da América, neste caso aplicado a um edificado de escritórios [23].

A ENEA definiu também as construções por idades e por três zonas climáticas principais, com dois modelos principais, onde o mais representativo foi selecionado. Esta agência também disponibilizou uma descrição relativamente completa na forma, da construção e dos sistemas do edifício, juntamente com uma subsequente análise de 50 projetos realizados em Itália nos últimos dez anos, serviu para compreender as características dos edifícios contemporâneos [23].

Formaram-se quatro modelos, um para edifícios existentes e outros três para construções novas, todos estes modelos tendo por base um edifício de escritórios médio, variando entre si as características físicas, tanto de construção como de sistemas. Estes modelos, muito idênticos entre si, tiveram por base transmissão térmica de, e para, o exterior, definindo apenas a construção das paredes exteriores, do teto, das janelas e do piso acima do solo, com valores e métodos de construção usuais [23].

Por outro lado, na tese de doutoramento “Construção Energeticamente Sustentável: Metodologia de apoio à decisão em intervenções de reabilitação de edifícios; Brandão de Vasconcelos, Ana. (2015)”, para definir o ER para Portugal, considerou-se a definição concretizada pelo trabalho desenvolvido pela EPBD, os projetos TABULA e o “Assessment and Improvement of the EPBD Impact” (ASIEPI). Teve ainda em conta o “Buildings Performance Institute Europe” (BPIE) que realizou estudos dos EM sobre as características do parque edificado bem como as políticas em vigor.

À semelhança do artigo anteriormente referido, são propostas três metodologias para estabelecer ER. As metodologias recorrem à criação de um edifício virtual, quer utilizando informação de materiais e sistemas obtidos através de consulta dos peritos e de outras fontes de informação, quer a partir de dados estatísticos disponíveis. A primeira metodologia difere das restantes, tendo por base a seleção de um edifício existente que representa o mais típico dentro de certos parâmetros predefinidos [24].

Como no artigo anterior, têm sido adotados diferentes critérios para caracterizar os ER, pelo que, para além do DOE, este trabalho recorre ainda aos projetos TABULA e ASIEPI, juntamente com o relatório BPIE.

O projeto TABULA define cinco parâmetros, o país, a região ou zona climática, o período de construção, a dimensão do edifício e um parâmetro adicional. Para além destes parâmetros, podem também ser considerados a área de construção de referência, o método de cálculo para construção, as condições de fronteira, a envolvente térmica, os coeficientes de transmissão térmica, as pontes térmicas e, por fim, o cálculo dos sistemas de abastecimento de energia e combustível [24].

Quanto ao projeto ASIEPI, cada país apresentou um edifício de moradia unifamiliar baseada unicamente num parâmetro de tipologia construtiva, diferenciado em moradias de banda, geminadas ou isoladas [24].

Por último o relatório BPIE caracteriza os edifícios pelo tipo de construção, idade, tamanho e localização [24].

A abordagem proposta por esta tese apresenta os parâmetros a serem considerados para a seleção de amostras do parque edificado português, entre os quais o tipo de função do edifício, a sua localização e o período de construção como os mais relevantes [24].

Devido à falta de informação estatística disponível, apenas estes três parâmetros foram considerados no trabalho, mas, apesar disso, foram entendidos como suficientes para identificação das amostras necessárias para caracterizar os ER [24].

Por último, a tese “Building energy modelling at urban scale using multi-detail archetypes: addressing the uncertainties and applications; Azevedo de Sousa Monteiro, Cláudia. (2018)”, apresenta três abordagens para obter os ER, correspondendo, cada uma, a diferentes fontes de informação disponível, viabilidade e limitação.

A primeira corresponde a um modelo gerado a partir de literatura disponível. A segunda corresponde a um modelo gerado a partir de certificados energéticos e de um inquérito realizado na zona de Lisboa, considerando também parâmetros como a construção, os horários, o sombreamento e os equipamentos ou sistemas utilizados. Por último, a terceira, é composta por informação gerada a partir de dados energéticos reais e parâmetros atualizados de consumo energético [25].

Foi criada uma metodologia específica para o desenvolvimento dos arquétipos do parque edificado, caracterizado por três capítulos, um primeiro com base na classificação, o seguinte com base na parametrização e o último dedicado à criação do modelo.

A classificação tem como base o uso, o período de construção, o tamanho, o tipo de cobertura, e o tipo de edificado (moradia, apartamento, etc.) [25].

A parametrização envolve não só a geometria, mas também a definição dos materiais e técnicas de construção, bem como os equipamentos e os períodos de ocupação e utilização [25].

Finalmente, a simulação, como o nome indica, é a criação dos modelos 3D e de simulação dinâmica de modo a obter os resultados pretendidos [25].

Esta metodologia levou à criação de 42 arquétipos para realizar os cálculos de simulação energética de modo a obter valores de referência para cada arquétipo, permitindo estimar o consumo urbano de energia [25].

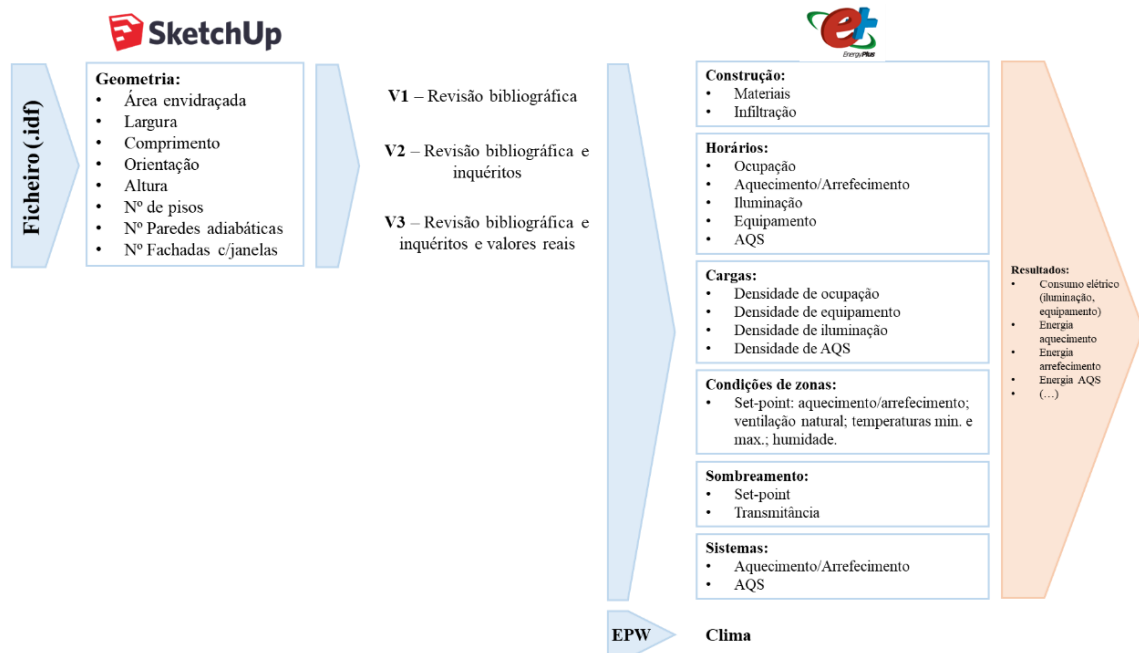


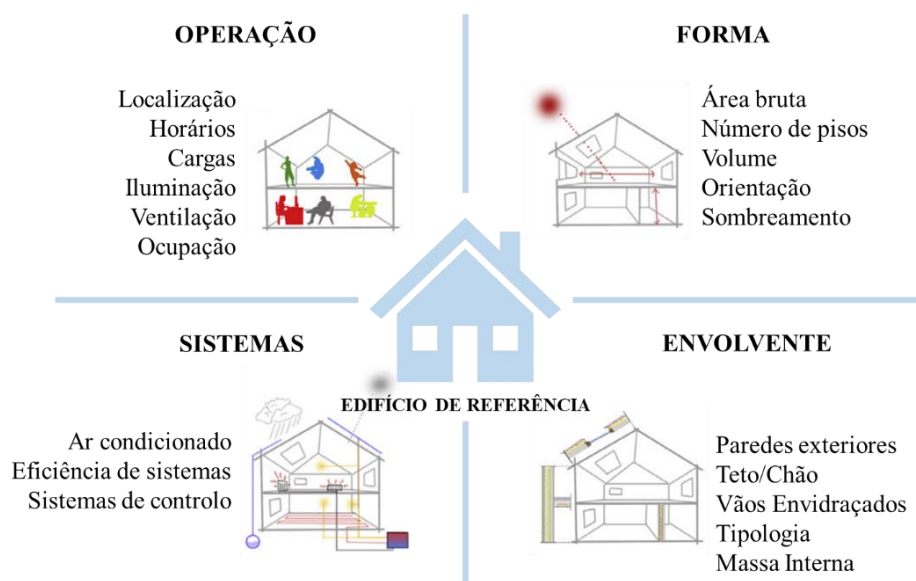
Figura 2.3 - Fluxo de trabalho do modelo energético para definir ER (adaptado [25]).

## 2.2 Elementos de um edifício de referência

Os elementos recolhidos para formar um ER podem ser divididos em quatro áreas principais:

- A forma do edifício, a construção, os sistemas internos e por fim o funcionamento típico. A forma do edifício pode ser repartida pelo tipo (escola, habitação, etc.), área ocupada e tipologia do mesmo.
- A construção, que, naturalmente, envolve as tecnologias e os materiais usados permitindo analisar as características termofísicas do edificado.
- Os sistemas de arrefecimento e aquecimento disponíveis, de ventilação mecânica, de geração de energia e de produção a partir de renováveis (se existirem).
- E, por último, o funcionamento, que tem por base os padrões de horário que afetam a utilização do edifício, incluindo a iluminação, os equipamentos, entre outros fatores.

De acordo com o estudo, estas áreas e subsequentes repartições são inspiradas no estabelecido pelo DOE. Além dos pontos anteriormente referidos a idade, localização e tipo de edifício também será recomendado [23].



**Figura 2.4** - Parâmetros para definir um modelo ER de acordo com o DOE (adaptado [23]).

### 2.3 Edifícios de referência em Portugal

Existem diversas ferramentas disponíveis para simular o desempenho energético dos edifícios. A nível nacional, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) pode ser utilizado para determinar e calcular as necessidades anuais e energia útil tanto para aquecimento e arrefecimento, como para AQS e também as necessidades nominais anuais globais de energia primária [24].

No entanto, foi selecionada uma ferramenta internacional, o *EnergyPlus*. Este software distingue-se por um maior rigor na modelação geométrica dos edifícios e uma integração simplificada de sistemas de sombreamento, ventilação e de produção energética. Permite ainda a simulação em períodos inferiores a uma hora facilitando o estudo do comportamento térmico do edifício, entre outras características [24].

Em conclusão, o REH não permite uma análise energética tão rigorosa quanto o *EnergyPlus*, dado que a informação necessária inserida no programa terá de ser identificada por projetistas, ou seja, necessita de ser confirmada e verificada por pessoal experiente na área. Este método, mesmo sendo elaborado e utilizado para a generalidade dos edifícios existentes, proporciona uma estimativa aproximada das necessidades energéticas [24].

A análise e simulação dinâmica, *EnergyPlus*, permite pois, uma maior complexidade e resultados mais aproximados da realidade [24].

Por último, para definir o ER, tomou-se por base duas entidades de dados estatísticos portugueses, o Instituto Nacional de Estatística (INE) e a agência para a energia (ADENE) que disponibilizam informação relativa ao parque habitacional nacional. Esta informação permitiu criar um ER com as soluções mais representativas, tendo sido selecionado um edifício de habitação existente entre 1961-1990, em Lisboa [24].

A metodologia utilizada na tese “Building energy modelling at urban scale using multi-detail archetypes: addressing the uncertainties and applications; Azevedo de Sousa Monteiro, Cláudia. (2018)”, levou à criação de 42 arquétipos para realizar os cálculos de simulação energética de modo a obter valores de referência para cada arquétipo, permitindo estimar o consumo urbano de energia. O estudo de caso desta investigação realizou-se apenas numa área de Lisboa, no Parque das Nações e Olivais, onde foram selecionados diversos edifícios de habitação e não residenciais, com diferentes tipologias e períodos de construção [25].

De modo a abordar o desafio que é a recolha de informação, vários projetos foram desenvolvidos. O “Building Performance Database” (BPD) e o “European Building Stock Observatory” são exemplos de bases de dados de nível nacional, consideradas como fundamentais para o estudo [25].

Em Portugal, Lisboa, a Câmara Municipal tem dois portais de dados, a Lisboa Interativa e Lisboa Aberta, com dados relativos ao ambiente, edifícios, cartografia, mobilidade [25].

É seguro dizer que várias cidades estão a desenvolver as bases de dados do seu território urbano, no entanto, estas bases de dados têm lacunas no consumo energético, no comportamento dos ocupantes e nos sistemas instalados, o que dificulta a definição dos modelos e limita a sua validação. Vários estudos atuais apresentam plataformas desenvolvidas para resolver esta lacuna em alternativa à utilização de dados reais [25].

Todos estes documentos, no entanto, não partilham nenhuma informação sobre os seus edifícios de referência, apenas referindo de forma geral os seus métodos e alguns resultados, daí o propósito desta tese e a necessidade de produzir arquétipos disponíveis, que possam ser acessíveis publicamente e utilizados por qualquer pessoa.

### 3 Métodos

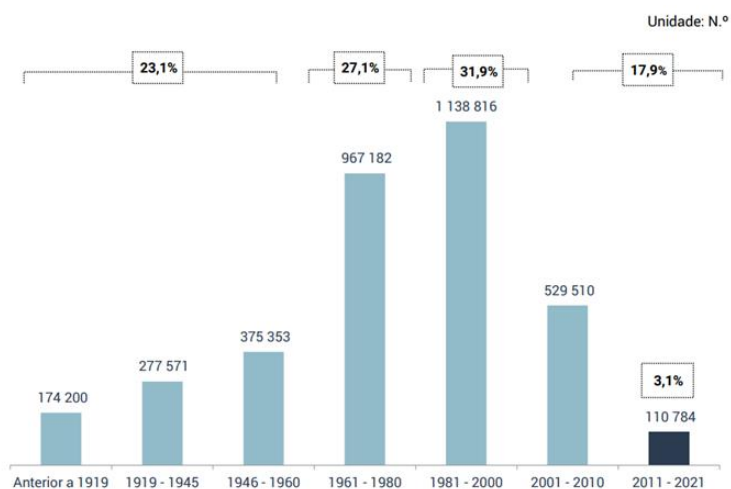
#### 3.1 Recolha e tratamento de informação

Na etapa, mais complexa, do trabalho desenvolvido que recai sobre a investigação do edificado português de modo a obter os arquétipos necessários e propostos, foi primeiramente realizada uma pesquisa para verificar se existia já algum trabalho realizado, em Portugal, sobre ER. Esta pesquisa produziu pouca informação, visto ter-se obtido apenas informação geral e não informação relevante sobre as características do ER, para ser possível replicar e adicionar ao caso de estudo deste trabalho. Este foi também um dos motivos impulsionadores para a escrita desta tese dada a falta de informação deste tema, que possa ser acessível publicamente e utilizada por qualquer pessoa.

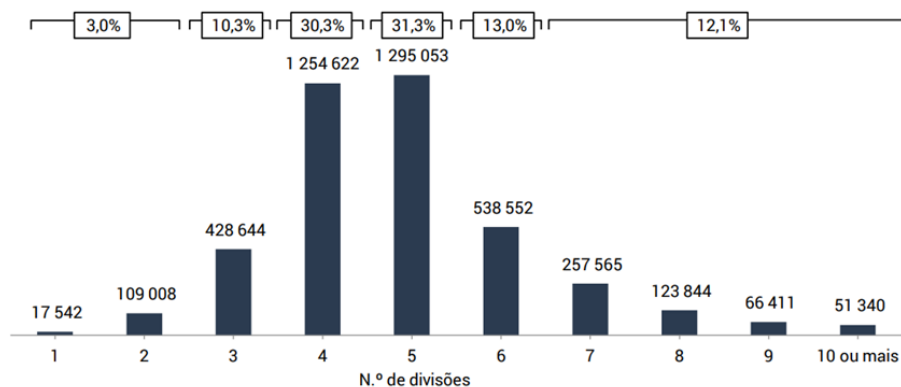
Perante o sério problema encontrado na pesquisa inicial do trabalho, teve de se procurar outros métodos para obter informação fidedigna sobre vários e diversos tipos de edifícios residenciais, entre os quais habitações plurifamiliares e unifamiliares. Como tal optou-se por alargar a pesquisa e adicionar documentos referentes a arquitetura e habitação, à investigação realizada inicialmente, focada primariamente em estudos de engenharia de energia, eficiência energética e edifícios de referência. Ao fazer esta alteração foi possível expandir imensamente o leque de opções e de resultados de obtidos, tendo sido este o passo fundamental para progredir.

De modo a simplificar e resumir toda a pesquisa realizada, foi criada uma base de dados onde se inserem várias informações, entre as quais, o link de pesquisa, o título do documento, os autores, o ano de publicação, o tipo de documento, a área de estudo, a existência, ou não, de plantas das habitações, as características mais importantes do edificado, o ano dos edifícios e, por último, um pequeno resumo, tendo sido estes os elementos considerados fundamentais na realização da pesquisa. Esta base de dados está apresentada no Anexo A.

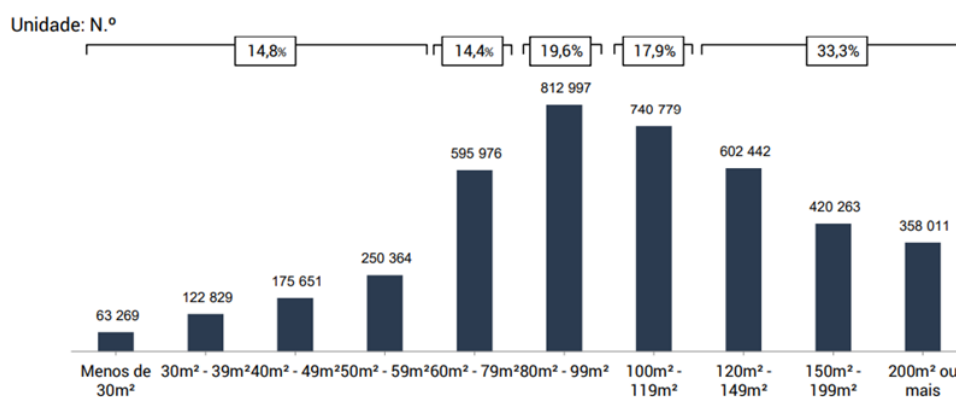
A pesquisa resultou em 24 documentos, com quantidades elevadas de plantas dos edifícios, pelo que o passo seguinte consistiu em como reduzir e selecionar quais plantas do edificado obtido que iriam ser estudadas. Para realizar esta redução e simplificação de informação, realizou-se um estudo fundamentado em bases estatísticas do Instituto Nacional de Estatística (INE), neste caso dos Censos de 2021 [26] e do documento “Estatísticas da Construção e Habitação 2022” [27]. Estes dois recursos permitiram realizar uma seleção fundada e apoiada nas características reais do parque habitacional português, tendo tido por base vários pontos essenciais, entre os quais, a época de construção, o número de divisões, a tipologia e a área média do fogo.



**Figura 3.1** - Edifícios clássicos por época de construção, 2021 [26]



**Figura 3.2** - Alojamentos familiares clássicos de residência habitual, segundo número de divisões, 2021 [26]



**Figura 3.3** - Alojamentos familiares clássicos, ocupados como residência habitual, segundo o escalão de área útil, 2021 [26]

A época de construção tornou-se a característica de referência visto a sua repartição por décadas, estar alinhada com o método de separação dos anos realizada pelos Censos. O resultado são sete períodos diferentes que começam em datas anteriores a 1919 e acabam à data dos últimos censos, em 2021.

Esta repartição permitiu formar arquétipos específicos por períodos de construção tendo-se constituído como um ponto fundamental, visto que as soluções construtivas ao longo dos anos de estudo se foram alterando, até, de forma coincidente, com a divisão entre períodos, permitindo um estudo mais característico e realista do parque edificado português.

Outro dos pontos importantes para simplificar a escolha das plantas para o estudo foi a identificação da tipologia mais usual. A redução das opções para apenas as tipologias T2 e T3 facilitou a apresentação de informação ao estar focada em obter apenas os fogos mais típicos do parque edificado português, embora se tenham selecionado alguns casos de maior e menor tipologia.

Em concordância com a tipologia, a área média foi coincidentemente muito aproximada dos valores obtidos aquando da redução das plantas para os casos T2 e T3, demonstrando, assim, que foi realmente uma boa simplificação.

### 3.2 Seleção dos casos mais relevantes

Com a informação anterior, foi possível proceder à escolha das plantas para finalmente fazer a sua transposição para os modelos 3D e de simulação. Foram escolhidas, para cada período, pelo menos oito plantas, tendo havido uma exceção no período de 1961 a 1980, onde apenas se escolheram 4 plantas, visto que as características eram bastante semelhantes ao período anterior de 1946 a 1960. No entanto não foi possível obter dados suficientes para a década, de 2011 a 2021, visto que foi difícil encontrar dados suficientes e variados de edifícios recentes.

Estas plantas, para cada período, foram escolhidas aleatoriamente, tendo em conta a seleção de tipologias T2 e T3 (mais uma vez com alguns casos extra para diversificar o estudo), para não influenciar a seleção e de modo a obter variados tipos de alojamentos, quanto ao seu formato e número de pisos, entre outras características.

Algumas das plantas selecionadas apresentavam ambas as tipologias e ambas foram incluídas no estudo, pelo que a totalidade de plantas selecionadas resultou em 60 alojamentos distintos entre si, possibilitando a obtenção de mais e variados alojamentos.

Para simplificar a identificação de cada caso, foi utilizado um código de identificação “XX-Período-X”, correspondente à ordem de cada planta, à identificação do referido período e, por último, à diferente tipologia dentro do mesmo tipo de alojamento, quando existe. É também relevante referir que foi efetuada uma outra base de dados que resume todos estes casos, apresentando a informação fundamental de cada um, nomeadamente, a área de cada divisão e o perímetro, em contacto com o exterior, da planta. A informação deste Excel também será disponibilizada em Anexo.

A área para cada divisão foi obtida utilizando uma ferramenta de software adicional, o *AutoCAD*. Este, em conjunto com as figuras de cada planta, permitiu obter as áreas aproximadas de cada divisão dos alojamentos. Dada a escala e dimensão diferentes de cada figura, houve necessidade de se encontrar a correspondência certa ao tamanho de cada planta, tendo a solução recaído na utilização, como referência, da dimensão média de uma porta, assumindo uma largura de 0,90m. Deste modo, todas as plantas estariam, à partida, na mesma escala e seriam correspondentes entre si.



Figura 3.4 - Exemplo de uma planta definida no *AutoCAD*

Como 60 casos diferentes, são um número ainda elevado para conseguir realizar um estudo eficaz, fez-se, novamente, uma seleção que foi focada apenas em casos T2 e T3, para reduzir este número. Este passo restringiu a seleção inicial de 60 para um total de apenas 43 casos, 23 de tipologia T3 e 20 de tipologia T2.

O objetivo final desta seleção criteriosa será ficar apenas um caso de tipologia T3 e outro de T2 para cada período em estudo, tendo sido selecionados três critérios: a área total ocupada pelos quartos, a percentagem de ocupação (dos quartos) e o rácio entre a área total de pavimento e o perímetro exterior (A/P). Com os valores destes critérios e a sua média, é possível utilizar dois métodos. O primeiro será simplesmente utilizar o “senso comum” visto que é relativamente intuitivo, utilizando a média dos critérios, perceber qual a tipologia mais usual. O segundo método envolve utilizar uma ponderação. Considerando que os três critérios têm um peso igual e aplicando o conceito da norma de um vetor pode-se calcular o vetor que se encontra mais próximo do vetor de referência, que neste caso específico corresponde à da média. A planta que tiver a ponderação mais baixa será a escolhida visto ser a mais

próxima da média, logo, a teoricamente mais idêntica e representativa do ER para este caso de estudo. A equação utilizada foi a seguinte:

$$f_p = \left[ (\%Occ_{avg} - \%Occ_i)^2 + (A_{total,avg} - A_{total,i})^2 + (A/P_{avg} - A/P_i)^2 \right]^{0.5} \quad (1)$$

A utilização do segundo método vem apenas confirmar que o recurso à análise do “senso comum” é suficiente para reduzir os casos de estudo. Portanto, finalmente foi possível obter duas plantas. Uma T2 e outra T3, para cada período. Com esta seleção de plantas ficou concluída a etapa que permite, finalmente, transcrever todos os dados para o programa de modelação 3D.

### 3.3 Definição dos modelos geométricos

Para fazer a definição dos modelos geométricos e as considerações relativas à volumetria, zonamento, e definição dos vãos, foram utilizados dois *softwares* principais, o *SketchUp* e o *EnergyPlus*, também foi utilizado o *AutoCAD* que foi considerado um programa secundário que apenas simplificou alguns processos.

O *SketchUp* foi o escolhido para realizar a modelação em três dimensões dos fogos selecionados. Esta ferramenta é conhecida como o software do mercado mais fácil de usar e de aprender, com a vantagem de ter todas as funcionalidades de um programa de modelação 3D convencional. O *SketchUp*, por consequência, permite uma produtividade elevada com possibilidade de obter resultados rapidamente [28].

O segundo software escolhido foi o *EnergyPlus*. Este programa é gratuito, open-source e é desenvolvido pelo DOE, é um programa de simulação de energia utilizado por engenheiros, arquitetos e investigadores para modelar o consumo energético (aquecimento, arrefecimento, ventilação, iluminação, etc) e o uso de água em edifícios. As ferramentas e as capacidades mais notáveis incluem um avançado sistema de cálculo de climatização Heating, Ventilating and Air Conditioning (HVAC), facilidade de cálculo de transferências de calor, modelos avançados das fenestraçãoes, entre outros [29].

O *SketchUp* foi escolhido devida à alta compatibilidade com o *EnergyPlus*, utilizando uma extensão denominada de *Euclid* que permite criar e alterar os dados da geometria para os modelos energéticos de edifícios, de modo que fiquem compatíveis com o *EnergyPlus* [30].

Outro passo será definir as “*EnergyPlus Zones*”, uma para cada zona térmica necessária, sendo que, neste caso, as áreas não úteis ficaram reduzidas a uma única, para simplificar e reduzir o número de zonas em cada planta.

Como as plantas de cada alojamento escolhido foram desenhadas a partir do *AutoCAD*, é necessária outra extensão que permita de forma simples e direta passar um ficheiro do tipo “.dwg” para um formato compatível com o software *SketchUp*, a extensão selecionada foi o *TECLASoftware*.

Outro dos pontos importantes a referir é a utilização dos horários por defeito do *EnergyPlus*. Visto que o objetivo deste trabalho será apenas fornecer as bases dos arquétipos (quanto à sua geometria e materiais) e não as simulações energéticas do mesmo, nenhuma dessas componentes foi alterada (iluminação, ocupação, infiltrações), por consequência, o uso de sistemas HVAC também foi desprezado.

Por último, outro pormenor relevante é a necessidade de introduzir materiais e as respetivas propriedades para cada construção, uma vez que os dados fornecidos por defeito pelo *EnergyPlus*, não são adequadas para o caso de estudo.

Esta identificação dos materiais foi obtida através da literatura disponível, e reúne, em certa medida, algumas das soluções tipo incluídas no ITE50 do LNEC, sendo no entanto, uma recomendação do que

será mais provável encontrar em cada arquétipo, atendendo ao seu ano de construção e à regulamentação em vigor nesse período.

As considerações relativas à volumetria, zonamento e definição dos vãos tiveram por base princípios muito simples. A volumetria dos modelos 3D partiu das plantas dos edifícios, no entanto como a grande maioria não incluía informações detalhadas sobre a altura interna dos edifícios, foi necessário adotar uma estimativa para o pé-direito, ou seja a altura entre o piso e o teto, para cada arquétipo. Para o efeito, foi assumido uma altura média de 3m, valor considerado comum em construções residenciais para os períodos em estudo. É de notar que o pé-direito, em edificações destinadas à habitação segundo o Decreto-Lei nº38382, Artigo 65º, mínimo é de 2,70m [32].

Ao adotar esta altura média é possível criar uniformidade entre os vários períodos, o que facilita a comparação e a análise do comportamento dos edifícios em estudo.

No processo de zonamento, um ponto fundamental é a simplificação das zonas térmicas de cada planta, ao consolidar as áreas não úteis numa única zona térmica. No entanto, em alguns casos, não é possível fazer essa simplificação. Estas situações normalmente ocorrem quando a zona não útil inclui um vão envidraçado na superfície da parede exterior. Neste caso, a presença deste vão envidraçado permite a entrada de radiação solar, o que resulta num ganho térmico significativo para a zona em questão.

Deste modo, as divisões que anteriormente seriam desconsideradas passam a ser relevantes para o cálculo e simulação dinâmica do desempenho energético, pelo que a introdução destas divisões na simulação é importante, visto que a radiação solar incidente no edifício pode alterar o balanço energético global do edifício, alterando os valores do conforto térmico e o consumo energético dos sistemas de climatização.

A definição dos vãos exigiu atenção redobrada, principalmente porque os casos de estudo envolvem apartamentos que na sua maioria estão encastrados em edifícios multifamiliares, ou seja, com outras unidades habitacionais por cima, por baixo e nas suas laterais. Nesta situação torna-se importante produzir de forma precisa as condições de fronteira entre os apartamentos adjacentes de modo a garantir a simulação idêntica com a realidade.

Para isso, foi implementada a “condição periódica”, este método no fundo permite ao *EnergyPlus* assumir que as superfícies opostas, como paredes, tetos e os pisos, possuem a mesma condição de fronteira, já que são delimitadas por apartamentos vizinhos, definindo inicialmente que as superfícies são necessariamente idênticas (geometria estritamente igual), bem como o seu comportamento térmico.

Um dos casos onde esta abordagem é particularmente relevante é em situações onde a “condição periódica” é implementada em pisos intermédios, onde o apartamento se encontra encaixado entre unidades habitacionais vizinhas. Este passo é considerado crucial para a simulação térmica, visto que, ao simular edifícios multifamiliares, as trocas térmicas entre apartamentos são importantes para a verificação dos modelos. No entanto, nos casos onde seja possível, é mais importante realizar este passo, em alternativa às situações com condições de fronteira adiabáticas, caso normal onde não é possível aplicar a “condição periódica”.

Ao fazer esta definição das fronteiras, é possível melhorar a precisão das simulações do desempenho energético das divisões dos arquétipos em estudo, assegurando uma menor distorção dos valores e permitindo, assim, uma maior aproximação à realidade.

Os arquétipos, assim como as definições dos elementos construtivos foram avaliados e validados pelo Grupo Termotecnia da Universidade de Sevilha, responsáveis pela transposição da EPDB em Espanha e pela definição e elaboração dos ER para Espanha. Os elementos construtivos adotados encontram-se sumarizados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Elementos construtivos, tendo em conta os períodos construtivos

Elemento	Período Construtivo				
	1919-45	1946-60	1961-80	1980-00	2001-10
<b>ENVOLVENTE OPACA</b>					
Parede Interior I (divisão da fração)	Reboco 10mm + Tijolo maciço de barro 70mm + reboco 10mm		Reboco 10mm + tijolo furado 90mm + Reboco 10mm		
Parede Interior II (separação de fogos)	Reboco 10mm + Tijolo maciço de barro 90mm + reboco 10mm		Reboco 10mm + tijolo furado 110mm + Reboco 10mm		
Parede Interior III (separação de edifícios contíguos)	reboco 1cm + Tijolo maciço de barro 110mm + Tijolo maciço de barro 110mm + reboco 1cm		Reboco 10mm + Tijolo furado 110mm + Tijolo furado 110mm + Reboco 10mm		Reboco 10mm + Tijolo furado 110mm + 30mm XPS/PUR/EPS + Tijolo furado 110mm + Reboco 10mm
Parede Exterior	reboco 1cm + Tijolo maciço de barro 110mm + Tijolo maciço de barro 110mm + reboco 1cm		Reboco 10mm + Tijolo furado 110mm + Câmara de Ar 40mm + Tijolo furado 110mm + Reboco 10mm	Reboco 10mm + Tijolo furado 110mm + XPS 30mm* + Tijolo furado 110mm + Reboco 10mm	
Cobertura	Cobertura em telha cerâmica com desvão ventilado + betonilha de regularização 30mm + laje de betão armado 20cm + reboco 1cm		Cobertura em telha cerâmica com desvão ventilado** + betonilha de regularização 30mm + laje aligeirada 30cm*** + reboco 1cm	Cobertura em telha cerâmica com desvão ventilado** + betonilha de regularização 30mm + XPS 20mm* + laje aligeirada 30cm*** + reboco 1cm	
Pavimento I (interior)	Pavimento cerâmico ou de madeira 10mm + betonilha de regularização 80mm + laje de betão armado 20cm + reboco 1cm		Pavimento cerâmico ou de madeira 10mm + betonilha de regularização 80mm + laje aligeirada 30cm*** + reboco 1cm		
Pavimento II (em contacto com o solo)	Pavimento cerâmico ou de madeira 10mm + betonilha de regularização 80mm + laje de betão armado 20cm + gravilha de assentamento 200mm				Pavimento cerâmico ou de madeira 10mm + betonilha de regularização 80mm + XPS 30mm* + laje de betão armado 20cm + gravilha de assentamento 200mm
Pavimento III (em contacto com o ar exterior)	Pavimento I				Pavimento I + 30mm* XPS pelo exterior
<b>VÃOS ENVIDRAÇADOS</b>					
Elemento Envidraçado	Vidro Simples (U=5.8, g=0.87)		Vidro Duplo (U=2.7-3.3, g=0.75)	Vidro Duplo (U=1.4-2.9, g=0.42-0.75)	
Caixilho	Madeira/Ferro	Ferro/Alumínio s/ corte térmico	Alumínio c/ ou s/ corte térmico		

\*espessura varia de acordo com as exigências regulamentares e o uso de isolamento térmico só se aplica depois de 1990, ver RCCTE 1990 e 2006, assim como o REH 2013 e o novo SCE.

\*\*pode ser de cobertura plana impermeabilizada.

\*\*\*a laje aligeirada no final dos anos 70/80 passa ser uma solução muito popular, contudo, a solução de laje maciça continua a aplicar-se no sector residencial

### 3.4 Verificação e integridade do modelo da envolvente térmica

A última etapa da metodologia consiste na avaliação da qualidade da envolvente térmica e validação dos modelos. A validação, neste contexto, refere-se ao processo de submeter os modelos a uma simulação de controlo para identificar a existência de eventuais erros na definição de materiais e superfícies.

A envolvente térmica é um dos principais elementos a ser verificado, uma vez que determina as trocas de calor entre o edifício, o ambiente externo e os espaços adjacentes. Para garantir que a sua construção está apropriada a ser analisada pelo *EnergyPlus* é necessário verificar vários pontos importantes:

- **A geometria**, na qual está incluída a localização exata dos vértices de cada superfície, ou seja a posição no espaço tridimensional, bem como a área da superfície;
- **A construção**, que implica a verificação dos materiais e das camadas de cada superfície, garantindo que estas correspondem às propriedades térmicas apresentadas anteriormente;
- **A zona onde se insere a superfície**, que deve ser revista pois é necessário que esta esteja corretamente atribuída à zona térmica adequada, permitindo ao *EnergyPlus* calcular e simular com mais exatidão os fluxos de calor e o comportamento térmico de cada zona;

- **A condição de fronteira exterior**, que determina se as superfícies estão em contacto com o exterior, com uma superfície adjacente, ou se deve ser considerado como uma superfície adiabática (ou seja, sem trocas de calor);
- Por último, o **objeto de fronteira exterior**, que se relaciona com a identificação da superfície oposta que está em contacto com a superfície em estudo, o que garante que a superfície de contacto seja corretamente representada (por exemplo, para que uma parede não esteja em contacto, face com face, com um teto).

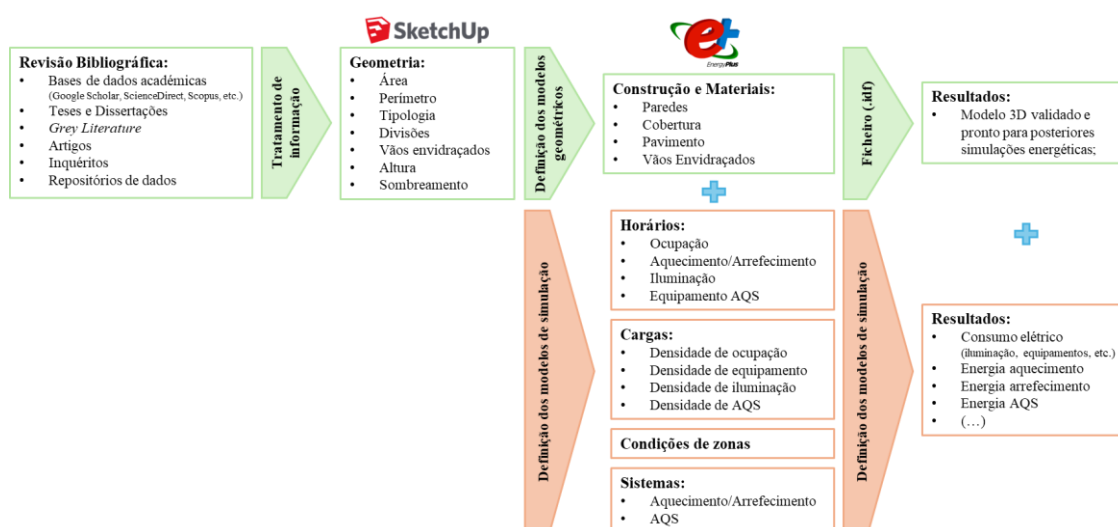
A verificação destes parâmetros, é usualmente realizada de forma faseada, pois o *software EnergyPlus* interrompe a simulação ao identificar erros classificados como “fatais”, exigindo que estes erros fiquem resolvidos até que a simulação possa ser reiniciada. Estes erros são listados num documento de output no formato “.txt”, onde são destacados, por parágrafo.

O objetivo final será garantir que nenhum erro considerado “fatal” permaneça no *output*. Por outro lado, os erros que são apenas avisos, geralmente indicam aspetos que podem ser corrigidos, mas que não são obrigatórios de resolver, ou seja, não impedem a execução da simulação. Esses avisos podem ocorrer aquando do desenvolvimento do documento, caso este não se encontre totalmente acabado e preenchido para fazer uma simulação completa.

Sendo o foco desta fase da metodologia apenas a verificação da qualidade do modelo do arquétipo e não necessariamente a realização de uma simulação dinâmica completa e definitiva, estes avisos não apresentam nenhum problema inerente.

Esta abordagem final de validação garante que os arquétipos produzidos estão corretamente modelados, sem a presença de inconsistências que possam comprometer os resultados. Além do mais, garante que os modelos criados estão adequadamente preparados para a realização de análises e simulações de desempenho energético, conforto térmico, entre outros parâmetros essenciais para investigação futura.

A Figura 3.5 ilustra, de forma esquemática, o resumo da metodologia utilizada ao longo deste estudo. Os componentes destacados a verde representam a sequência metodológica aplicada, ao apresentar as etapas fundamentais que foram seguidas de forma sistemática durante o desenvolvimento do trabalho. Por outro lado, os componentes destacados a laranja, indicam pontos adicionais que podem ser explorados ou integrados em projetos futuros, como um acréscimo aos resultados apresentados. Esses pontos sugerem melhorias e possíveis formas de complementar a análise atual, com o objetivo de melhorar as conclusões e ampliar o âmbito deste estudo.



**Figura 3.5** - Resumo esquemático da metodologia aplicada: passos do desenvolvimento do trabalho (verde) e passos a adicionar em trabalhos futuros (laranja).

## 4 Resultados e Discussão

Este capítulo irá apresentar todos os edifícios modelados utilizando a metodologia descrita nos capítulos anteriores. Conforme foi referido no capítulo da revisão bibliográfica, a escassez de arquétipos e a limitada disponibilidade de referências bibliográficas, no sentido geral, para obter informações relacionadas com a geometria das habitações, os materiais de construção e as características dos vãos envidraçados, representou um desafio significativo.

De certa forma, foi esta carência de dados, essenciais para a criação dos modelos tridimensionais e posterior simulação térmica e energética, que motivou a realização deste estudo.

Ao longo deste capítulo, vão ainda ser descritos os principais parâmetros geométricos e construtivos que fundamentam os modelos 3D criados, fornecendo, assim, uma visão abrangente sobre os elementos que compõem a envolvente térmica e as soluções adotadas especificamente, para cada arquétipo.

### 4.1 Tipologias e representatividade dos resultados

Os resultados que se seguem referem-se exclusivamente a alojamentos localizados em habitação coletiva para apartamentos específicos. Estes alojamentos incluem apartamentos de tipologia encaixada, de esquina e ainda de ponta. Estas diferentes configurações são relevantes, uma vez que influenciam o desempenho energético e térmico dos espaços, servindo assim, para representar diferentes variáveis de exposição solar, ventilação e interações com as unidades adjacentes.

As habitações unifamiliares, de piso térreo, não foram incluídas neste trabalho, sobretudo devido à significativa escassez de dados disponíveis em literatura técnica e científica que permita criar arquétipos representativos e capazes de reproduzir, de forma fidedigna, a realidade. Releva-se a ausência de informações detalhadas sobre a geometria e outros parâmetros essenciais, para a dificuldade na criação destes arquétipos.

Acresce ainda que as habitações unifamiliares térreas apresentam características específicas que as diferenciam das tipologias de habitações multifamiliares (apartamentos), como uma maior exposição às condições exteriores da envolvente térmica (pavimento, elementos de fachada e cobertura), com o correspondente aumento na complexidade do comportamento térmico destes edifícios.

Pese embora a relevância que estas habitações têm no contexto do parque habitacional português, especialmente em áreas suburbanas e rurais, considerou-se que só por si poderiam ser objeto de uma investigação específica e dedicada, pelo que o âmbito deste trabalho foi limitado à habitação coletiva, sendo importante realçar que futuras investigações podem vir a preencher essa lacuna.

Segundo os dados do Eurostat, o gabinete de estatísticas da UE, quase metade da população portuguesa reside em apartamentos, representando cerca de 46,7%, enquanto 36,5% residem em moradias isoladas e 18% em habitações geminadas. Estes dados, atualizados em 2020, refletem a distribuição da população portuguesa pelo parque habitacional [33].

Ao ter em consideração que o âmbito deste estudo se foca apenas em apartamentos, a sua representatividade é significativa do parque habitacional português, englobando uma grande parcela da tipologia residencial mais comum no país.

### 4.2 Espaços a desconsiderar

As varandas e os espaços exteriores não foram incluídos na apresentação dos modelos dos arquétipos, uma vez que não são considerados elementos fundamentais para a análise do desempenho energético, salvo se forem transformadas em zonas fechadas como marquises ou solários, esta condição, no entanto, era impossível de prever nas plantas estudadas. Por outro lado, continua a ser possível

distinguir a sua localização pelas plantas originais e pela existência de portas envidraçadas em algumas superfícies exteriores.

Os vãos de escada, que estão presentes em praticamente todas as plantas estudadas, desempenham um papel crucial na configuração dos edifícios e, na maioria dos casos, são posicionados no interior das edificações, ao servir como elemento central na planta para facilitar a circulação dos residentes, podendo no entanto, ser desconsiderados para o estudo de simulação energética das habitações.

### 4.3 Arquétipos desenvolvidos

Para simplificar a apresentação de todos os fogos analisados, apenas será apresentada a planta “original” de cada unidade habitacional, acompanhada da sua versão simplificada, desenvolvida através do *SketchUp*. Esta abordagem pretende criar uma visualização mais clara e objetiva, ao permitir uma comparação direta entre a planta inicial e o modelo utilizado para o *EnergyPlus*.

Adicionalmente, para cada planta será incluída uma tabela justificativa, que apresenta os critérios que fundamentam a sua escolha, como referido no capítulo da metodologia, principalmente os pontos da razão área/perímetro, a percentagem de ocupação dos quartos e a área total. Estes três parâmetros, em conjunto com a ponderação, definem a planta selecionada para representar o arquétipo do período em questão.

#### 4.3.1 Período 1919-1945

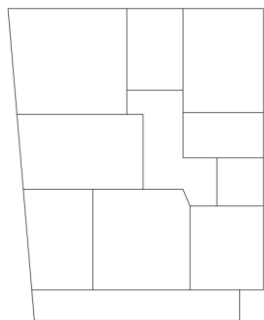
A planta escolhida como referência para o período 1919-1945, foi escolhida tendo por base a distribuição anual realizada no decorrer do trabalho. Está identificada como “06-1919/45”.

**Tabela 2** - Plantas período 1919-1945, tipologia T3

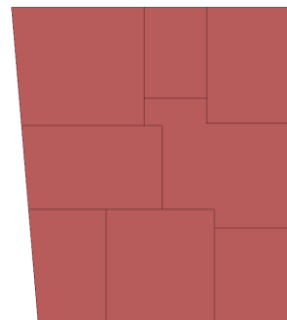
Tipologia T3	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Área total Quartos	Área total	Perímetro (ext.)	A/P	%Occ.	Ponderação
01-1919/45	11,40	12,50	18,40	42,30	119,40	17,60	6,78	35,43	0,28
02-1919/45	23,60	14,30	27,50	65,40	123,60	19,00	6,51	52,91	0,27
04-1919/45	11,30	11,30	11,90	34,50	73,60	18,30	4,02	46,88	0,44
06-1919/45	14,50	20,90	11,40	46,80	102,40	20,00	5,12	45,70	0,14
8-1919/45	14,60	16,30	15,80	46,70	108,80	15,00	7,25	42,92	0,23
				<b>Média</b>			<b>Média</b>	<b>Média</b>	
				105,56			5,94	44,77	

Como é possível verificar pela tabela, o edifício escolhido é o que tem a ponderação mais reduzida, logo, o mais semelhante com a média dos edifícios escolhidos. O procedimento desta etapa será replicado para os restantes períodos.

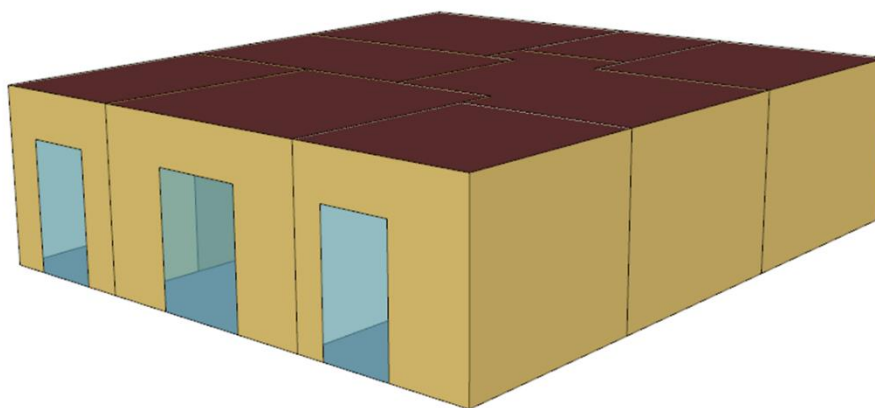
É de referir que a abreviatura “% Occ.” corresponde à percentagem de ocupação dos quartos na área total da planta.



**Figura 4.1** - Planta adaptada da original "06-1919/45"



**Figura 4.2** - Planta do modelo "06-1919/45"



**Figura 4.3** – Vista, em perspectiva do modelo 3D "06-1919-45"

Nesta planta como em muitas outras só se teve em especial atenção a simplificação das zonas não úteis. Algumas zonas não úteis não podem ser simplificadas se tiverem vãos envidraçados, pois a exposição solar será importante para os cálculos de simulação dinâmica.

As janelas e as portas envidraçadas tiveram todas por base a planta apresentada à esquerda. A maioria das plantas tinha algo que indicava a posição das janelas, embora não disponibilizasse a altura das mesmas, o mesmo sucedendo com as portas. Para o efeito, recorreu-se a uma altura média, para as janelas, de 1.10 m e para as portas envidraçadas de 2.20 m, igual às portas convencionais.

A localização das portas também está sempre apresentada na planta de referência.

#### 4.3.2 Período 1946-1960

Para representar o período de 1946-1960, foram identificadas duas plantas, uma de tipologia T2 e uma T3. Nos restantes períodos, serão igualmente apresentadas duas plantas.

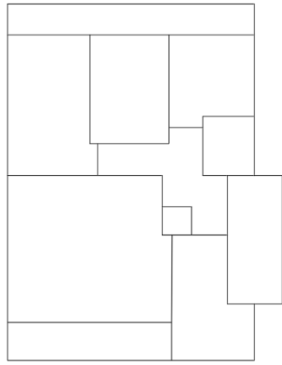
**Tabela 3** - Plantas período 1946-1960, tipologia T3

Tipologia T3	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Area total Quartos	Area total	Perimetro (ext.)	A/P	%Occ.	Ponderação
01-1946/60-2	13,00	13,40	10,50	36,90	78,50	18,80	4,18	47,01	53,00
02-1946/60-1	22,00	13,40	13,60	49,00	115,30	26,00	4,43	42,50	15,95
04-1946/60-1	26,40	28,00	18,70	73,10	196,40	30,00	6,55	37,22	65,35
06-1946/60	22,60	16,40	14,00	53,00	134,60	23,10	5,83	39,38	4,06
					<b>Média</b>		<b>Média</b>	<b>Média</b>	
					131,20		5,25	41,525	

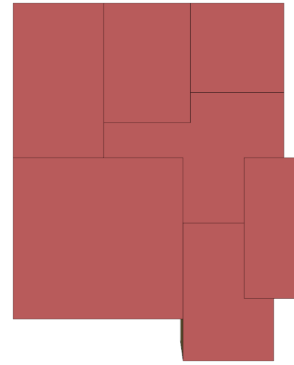
**Tabela 4** - Plantas período 1946-60, tipologia T2

Tipologia T2	Quarto 1	Quarto 2	Area total Quartos	Area total	Perimetro (ext.)	A/P	%Occ.	Ponderação
01-1946/60-1	14,00	12,40	26,40	63,15	18,10	3,49	41,81	39,88
02-1946/60-2	15,30	15,30	30,60	93,10	17,50	5,32	32,87	11,30
04-1946/60-2	28,30	19,00	47,30	171,30	28,50	6,01	27,61	69,30
05-1946/60	17,00	16,00	33,00	73,10	18,30	3,99	45,14	30,52
07-1946/60	20,50	17,50	38,00	99,40	18,00	5,52	38,23	3,61
08-1946/60-2	17,70	25,50	43,20	100,30	31,10	3,23	43,07	5,43
09-1946/60	23,00	23,00	46,00	119,80	26,60	4,50	38,40	16,92
				<b>Média</b>		<b>Média</b>	<b>Média</b>	
				102,88		4,58	38,16	

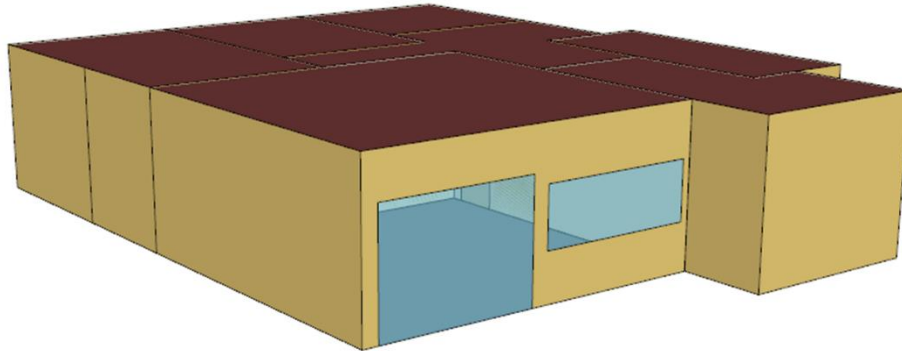
A primeira planta a ser apresentada será a “06-1946/60” uma planta T3



**Figura 4.4** - Planta adaptada da original "06-1946/60"



**Figura 4.5** - Planta do modelo "06-1946/60"

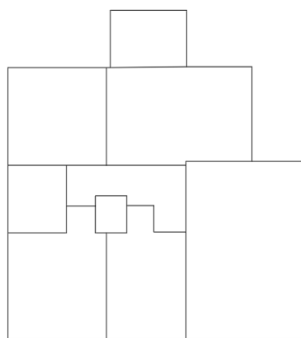


**Figura 4.6** - Vista em perspectiva do modelo 3D "06-1946/60"

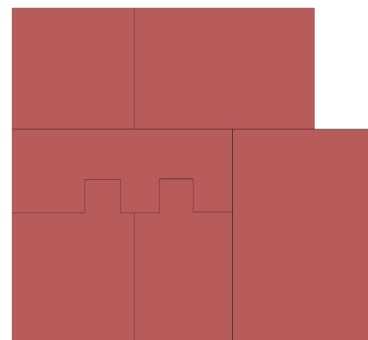
Esta planta teve apenas algumas simplificações, à semelhança do caso anterior. As zonas não úteis foram interligadas e a zona de ligação da pequena dispensa e da sala também foi simplificada, por forma que a sala tivesse um formato uniforme, sem reentrâncias que pudessem criar problemas na simulação.

Neste caso também foi possível realizar a “condição periódica” visto a condição de fronteira ser idêntica na zona dos quartos. É possível tomar esta opção uma vez que é a zona de interligação entre apartamentos logo, as paredes divisórias entre apartamentos, são idênticas nesse aspeto.

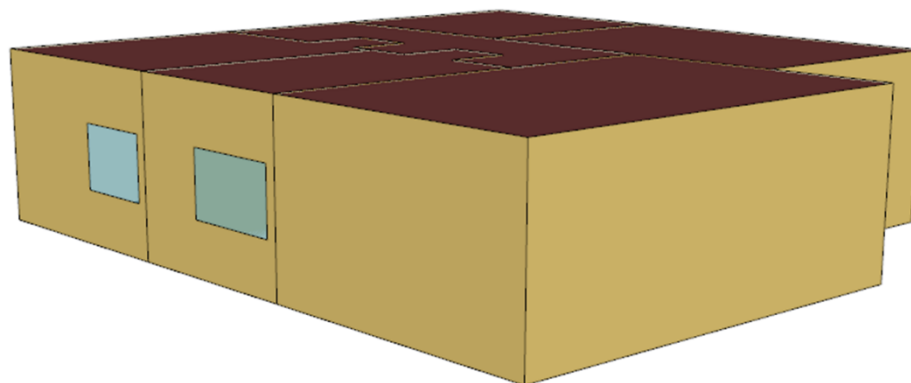
A próxima planta será a “07-1946/60” de tipologia T2.



**Figura 4.7** - Planta adaptada da original "07-1946/60"



**Figura 4.8** - Planta do modelo "07-1946/60"



**Figura 4.9** - Vista em perspectiva do modelo 3D "07-1946/60"

À semelhança dos casos anteriores, fez-se a simplificação das zonas não úteis da planta. Neste caso podia-se ter simplificado mais a planta, no entanto, para tentar manter as áreas das zonas úteis mais aproximadas da planta original, decidiu-se não fazer essa alteração na sua totalidade.

### 4.3.3 Período 1961-1980

Para este período, as plantas a serem apresentadas são as “04-1961/80-1” e “03-1961/80-2”, T3 e T2, respetivamente. As habitações construídas durante estas duas décadas, apresentam versões alternativas, com diferentes tipologias, tendo, no entanto, em linha com o referido nos capítulos anteriores, sido escolhidas as tipologias mais adequadas ao presente caso de estudo.

Este período é o que apresenta menos plantas obtidas no processo de pesquisa, visto que, pela investigação realizada, as construções eram muito semelhantes às do período anterior, muito provavelmente motivada por tempos de construção muito longos com a consequente longevidade das plantas utilizadas, com muitos casos de sobreposição do ano de construção.

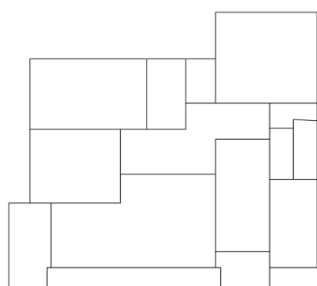
**Tabela 5** - Plantas período 1961-1980, tipologia T3

Tipologia T3	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Area total Quartos	Area total	Perimetro (ext.)	A/P	%Occ.	Ponderação
01-1961/80	29,00	30,00	20,50	79,50	216,90	36,00	6,03	36,65	34,94
04-1961/80-1	24,50	19,90	12,50	56,90	164,30	29,10	5,65	34,63	17,80
<b>Média</b>							<b>Média</b>	<b>Média</b>	
181,97							6,44	36,63	

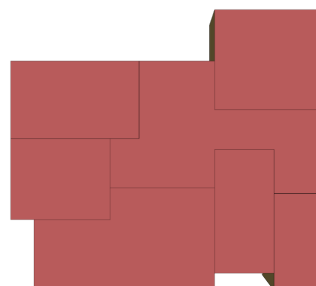
**Tabela 6** - Plantas período 1961-80, tipologia T2

Tipologia T2	Quarto 1	Quarto 2	Area total Quartos	Area total	Perimetro (ext.)	A/P	%Occ.	Ponderação
02-1961/80	14,40	11,70	26,10	53,40	12,00	4,45	48,88	19,58
03-1961/80-2	15,20	19,70	34,90	91,10	21,10	4,32	38,31	19,58
<b>Média</b>							<b>Média</b>	<b>Média</b>
72,25							4,38	43,59

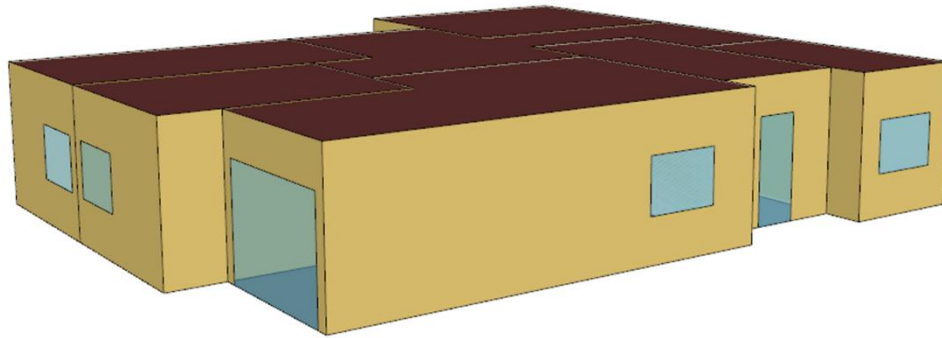
A primeira a ser exposta será a “04-1961/80-1”.



**Figura 4.10** - Planta adaptada da original "04-1961/80-1"



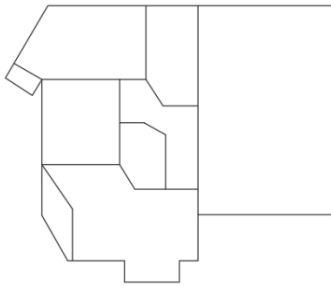
**Figura 4.11** - Planta do modelo 04-1961/80-1"



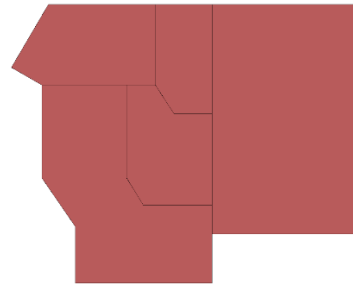
**Figura 4.12** - Vista em perspetiva do modelo 3D "04-1962/80"

Esta planta demonstra perfeitamente a razão principal para a simplificação das zonas não úteis da planta, uma vez que, se não fosse efetuada, iam ser criadas muitas divisões de pouco interesse para o caso de estudo.

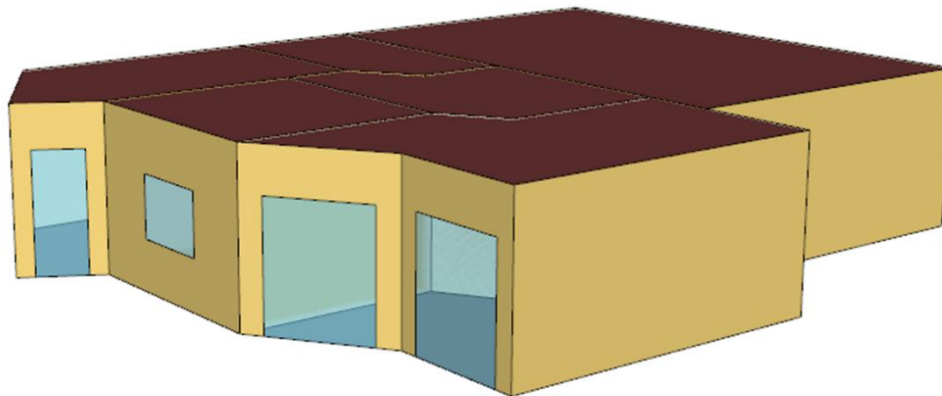
A próxima planta será a e "03-1961/80-2".



**Figura 4.13** - Planta adaptada da original "03-1961/80-2"



**Figura 4.14** - Planta do modelo "03-1961/80-2"



**Figura 4.15** - Vista em perspetiva do modelo 3D "03-1961/80"

Esta planta difere das restantes pois duas das áreas apresentam uma geometria mais complexa e irregular, que, pelas suas características, interferem com o método de cálculo da distribuição solar. Também nesta situação se procedeu à simplificação das zonas térmicas.

#### 4.3.4 Período 1981-2000

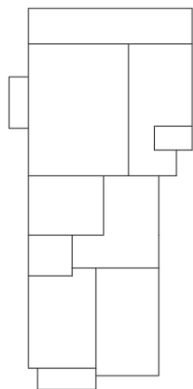
O próximo período a ser referido será o 1981-2000 que contem as plantas, T3 e T2, dos respetivos planos, "08-1981/00-1" e "04-1981/00-2".

**Tabela 7 - Plantas período 1981-2000, tipologia T3**

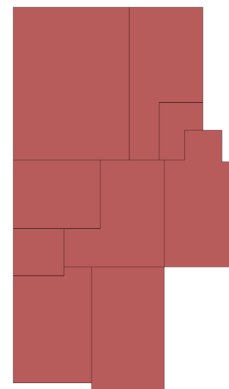
Tipologia T3	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Area total Quartos	Area total	Perimetro (ext.)	A/P	%Occ.	Ponderação
01-1981/00-1	21,00	21,00	21,00	63,00	209,20	26,70	7,84	30,11	70,23
01-1981/00-2	22,50	21,00	21,50	65,00	224,60	26,70	8,41	28,94	85,68
03-1981/00-2	14,40	15,80	16,70	46,90	108,30	17,30	6,26	43,31	31,62
04-1981/00-1	12,50	17,60	11,50	41,60	105,90	24,10	4,39	39,28	33,58
05-1981/00-2	16,10	18,50	11,20	45,80	103,40	14,60	7,08	44,29	36,64
06-1981/00-2	12,60	15,40	16,50	44,50	112,60	31,30	3,60	39,52	26,97
08-1981/00-1	16,20	15,40	10,60	42,20	111,80	30,10	3,71	37,75	27,69
				<b>Média</b>			<b>Média</b>	<b>Média</b>	
				139,40			5,90	37,60	

**Tabela 8 - Plantas período 1981-2000, tipologia T2**

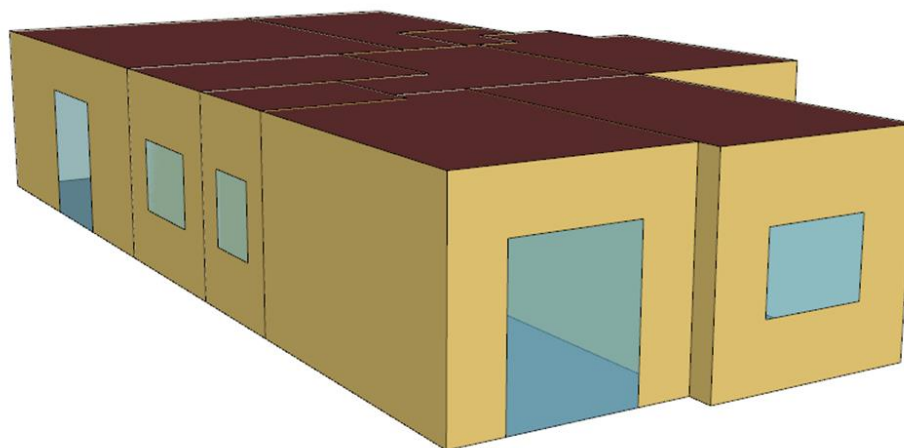
Tipologia T2	Quarto 1	Quarto 2	Area total Quartos	Area total	Perimetro (ext.)	A/P	%Occ.	Ponderação
04-1981/00-2	17,00	11,50	28,50	88,10	21,20	4,16	32,35	6,29
05-1981/00-1	11,50	15,70	27,20	78,91	20,70	3,81	34,47	14,53
06-1981/00-1	16,60	18,60	35,20	86,10	25,40	3,39	40,88	8,93
07-1981/00-1	21,50	21,50	43,00	126,60	29,70	4,26	33,97	33,27
09-1981/00	17,70	14,70	32,40	87,20	18,20	4,79	37,16	6,38
			<b>Média</b>			<b>Média</b>	<b>Média</b>	
			93,38			4,08	35,76	



**Figura 4.16 - Planta adaptada da original "08-1981/00-1"**



**Figura 4.17 - Planta do modelo "08-1981/00-1"**



**Figura 4.18 - Vista em perspectiva do modelo 3D "08-1981/00-1"**

Nesta planta 08-1981/00-1, de um T3, à semelhança das anteriores, a única alteração realizada foi a redução das zonas não úteis para uma única divisão. Esta tipologia é de esquina de um edifício, embora não seja perceptível pela figura. No entanto, também pode ser representada como um apartamento encaixado (removendo as janelas na lateral do edifício), visto que a ponderação realizada não tem em conta a área envidraçada do edificado.

A próxima planta a ser apresentada será a correspondente à tipologia T2, o “04-1981/00-2”.

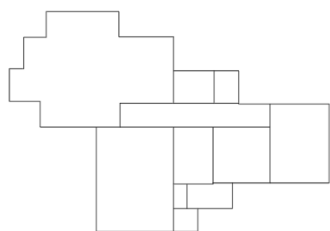


Figura 4.19 - Planta adaptada da original "04-1981/00-2"

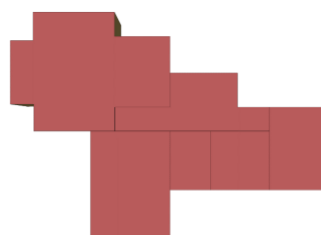


Figura 4.20 - Planta do modelo "04-1981/00-2"

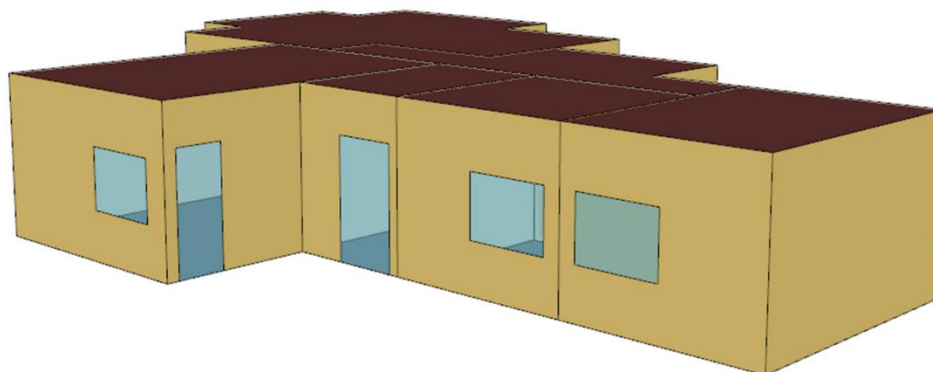


Figura 4.21 - Vista em perspectiva do modelo 3D "04-1981/00-2"

À semelhança do exemplo anterior, apenas foram reduzidas as zonas não úteis da planta.

#### 4.3.5 Período 2001-2010

Para finalizar a parte de apresentação de resultados, o período de 2001-2010, identifica as plantas “02-2001/10-2” e a “05-2001/10”.

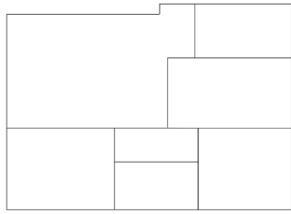
Tabela 9 - Plantas período 2001-2010, tipologia T3

Tipologia T3	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Area total Quartos	Area total	Perimetro (ext.)	A/P	%Occ.	Ponderação
01-2001/10-2	12,90	14,40	15,60	42,90	106,70	24,40	4,37	40,21	18,57
02-2001/10-2	19,10	16,50	18,90	54,50	123,60	18,60	6,65	44,09	2,91
03-2001/10-4	20,00	20,00	24,00	64,00	175,20	19,70	8,89	36,53	50,43
07-2001/10-1	14,70	9,70	12,70	37,10	88,20	13,90	6,35	42,06	36,88
08-2001/10-2	19,70	20,30	19,30	59,30	131,70	19,20	6,86	45,03	7,47
				<b>Média</b>				<b>Média</b>	<b>Média</b>
				125,08				6,62	41,58

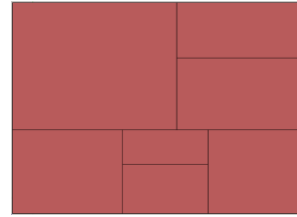
Tabela 10 - Plantas período 2001-2010, tipologia T2

Tipologia T2	Quarto 1	Quarto 2	Area total Quartos	Area total	Perimetro (ext.)	A/P	%Occ.	Ponderação
01-2001/10-1	14,20	13,80	28,00	87,20	24,20	3,60	32,11	15,55
03-2001/10-3	20,10	28,00	48,10	151,70	16,70	9,08	31,71	49,28
05-2001/10	20,10	17,60	37,70	110,50	22,50	4,91	34,12	8,05
06-2001/10	13,60	13,60	27,20	80,10	23,20	3,45	33,96	22,58
07-2001/10-2	10,90	12,50	23,40	73,40	11,10	6,61	31,88	29,19
08-2001/10-1	19,70	20,30	40,00	112,40	15,80	7,11	35,59	10,21
			<b>Média</b>				<b>Média</b>	<b>Média</b>
			102,55				5,80	33,23

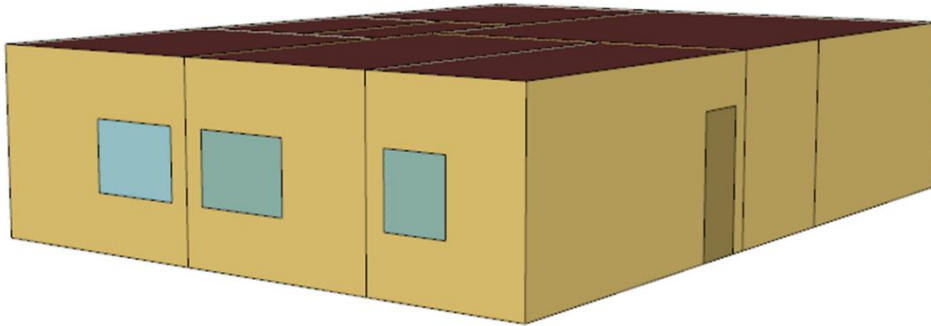
A primeira, de tipologia T3 “02-2001/10-2”, será a próxima a ser apresentada.



**Figura 4.22** - Planta adaptada da original "02-2001/10-2"



**Figura 4.23** - Planta do modelo "02-2001/10-2"

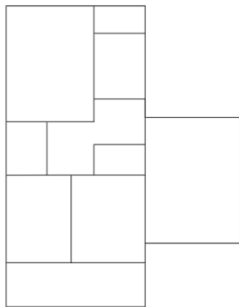


**Figura 4.24** - Vista em perspectiva do modelo 3D "02-2001/10-2"

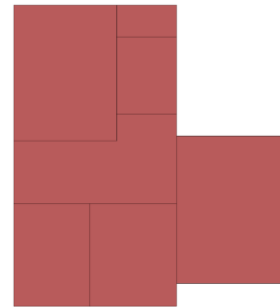
Nesta planta, novamente, apenas se fizeram algumas alterações de simplificação das áreas úteis para ficarem com uma geometria não complexa. Como em alguns casos anteriores também foi possível realizar a “condição periódica” visto que as condições de fronteira de algumas superfícies são idênticas.

Outro dos pontos que teve de ser considerado é o facto da entrada deste apartamento estar aberta ao ar. No entanto, considerou-se que não está exposta ao vento, visto ser uma zona abrigada e apenas estar exposta ao sol.

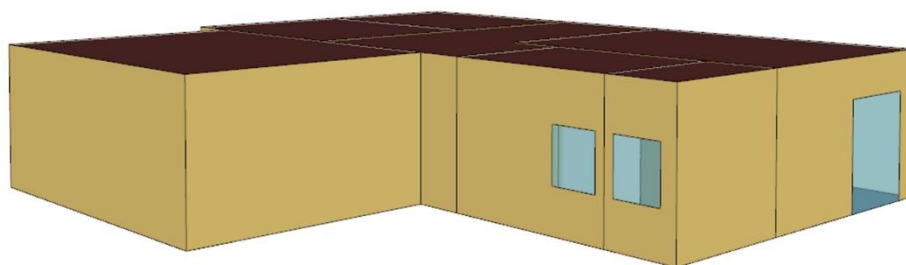
Por último, a planta “05-2001/10”, que é de tipologia T2.



**Figura 4.25** - Planta adaptada da planta original

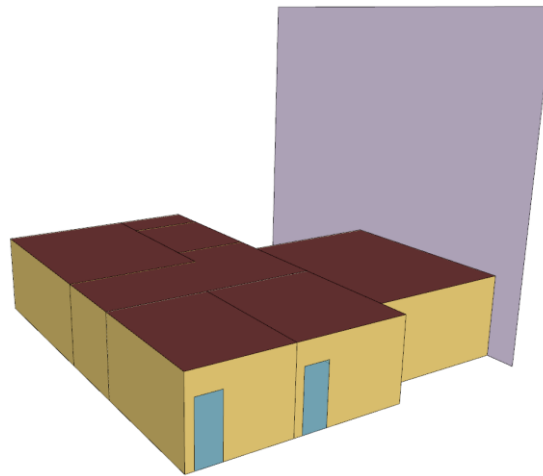


**Figura 4.26** - Planta do modelo "05-2001/10"



**Figura 4.27** - Vista em perspectiva do modelo 3D "05-2001/10"

Esta planta tal como as anteriores, teve a etapa de redução para uma única divisão das zonas não úteis. No entanto, neste caso específico, houve necessidade de inserir sombreamento ao edifício de modo a representar a sombra proveniente do prédio adjacente. Este sombreamento tem uma altura de 9m e está junto ao vão de escadas.



**Figura 4.28** – Sombreamento, de cor roxa, aplicado ao edifício “05-2001/10”

Espera-se, portanto, que os modelos criados representem, de forma fidedigna, as habitações de tipologia de apartamento do parque habitacional português.

**Tabela 11** - Resumo dos nove modelos 3D

06-1919/45	06-1946/60	07-1946/60
04-1961/80	03-1961/80	08-1981/00-1
04-1981/00-2	02-2001/10-2	05-2001/10

## 5 Conclusões e Sugestões Futuras

Este trabalho resultou em nove arquétipos representativos do parque edificado residencial português, neste caso, especificamente com foco em apartamentos, que são o tipo de habitação predominante em Portugal. Os arquétipos concebidos retratam vários períodos de construção, e abrangem diferentes tipologias de disposição das divisões e de utilização do espaço interior das habitações e destinam-se a estudos de modelação do desempenho térmico e energético de edifícios. Os modelos foram ajustados individualmente para incluir materiais de construção característicos das épocas da edificação correspondente a cada habitação.

Os nove arquétipos são fornecidos e disponibilizados no formato “.idf”, formato este que é compatível com a utilização do programa *EnergyPlus* e que posteriormente permitirá ajustes conforme as necessidades de novos estudos, sejam elas relacionadas com o desempenho energético ou com o conforto térmico.

A primeira pergunta de investigação colocada era referente à criação de uma biblioteca de edifícios residenciais de referência, tarefa que foi concluída com sucesso. Foram selecionadas nove plantas, consideradas representativas, abrangendo tipologias e geometrias distintas. Foi ainda possível recolher informação relativa ao parque habitacional português, tanto quanto à sua tipologia, bem como aos elementos construtivos e materiais utilizados, ao longo das várias épocas.

O outro objetivo importante, também igualmente atingido, foi a conversão das nove plantas representativas em modelos digitais que permitem a simulação em *EnergyPlus*. A construção dos modelos inclui as simplificações e validações necessárias para garantir a precisão e robustez dos mesmos, ao assegurar a sua aptidão para futuros estudos de simulação térmica e energética dos arquétipos criados.

Espera-se que os resultados obtidos sirvam como referência sólida para futuros estudos de simulação e modelação do desempenho energético das habitações em Portugal. A criação de arquétipos detalhados e representativos permite que as condições reais das residências sejam refletidas com maior precisão nas simulações.

Além disso, é ambição que este trabalho contribua para o desenvolvimento de uma base de dados estruturada e acessível, que facilite a compreensão e utilização para investigadores futuros, promovendo assim, a continuidade e expansão de conhecimento sobre o parque habitacional e a eficiência energética das construções em Portugal.

O principal desafio que ocorreu no decorrer da investigação deste estudo foi a escassez de informação disponível sobre o tema, tanto no que diz respeito aos edifícios em si, como à geometria e elementos de construção utilizados. A falta de uma base consolidada de dados relativa ao parque habitacional português é um fator que, naturalmente, dificulta a criação de arquétipos representativos.

A bibliografia existente, embora apresente metodologias gerais para a criação de modelos de edifícios, não oferece diretamente os arquétipos que foram desenvolvidos neste trabalho, ou seja, apenas os refere de uma forma muito abrangente e não específica, do modo como foram obtidos.

Uma das principais sugestões para trabalhos futuros, envolve a amplificação dos arquétipos criados para incluir habitações unifamiliares térreas, já que representam uma parte relevante do setor habitacional português. Esse desenvolvimento permitirá uma análise mais abrangente do parque habitacional nacional.

Outra extensão possível será a realização de simulações energéticas detalhadas, utilizando dados precisos das características operacionais e dos sistemas de climatização desses arquétipos. Isso permitirá comparações diretas entre os valores médios reais dos edifícios existentes e os arquétipos produzidos, enriquecendo a análise de desempenho energético.

## 6 Referências

- [1] Diretiva (UE) 2023/1791 do Parlamento Europeu e do Conselho de 13 de setembro de 2023 relativa à eficiência energética e que altera o Regulamento (UE) 2023/955 (reformulação) (Texto relevante para efeitos do EEE), vol. 231. 2023. Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/dir/2023/1791/oj/por>
- [2] A. Brandão de Vasconcelos, «Construção Energeticamente Sustentável – Metodologia de apoio à decisão em intervenções de reabilitação de edifícios (Energy Sustainable Construction – A decision model tool for building refurbishment)», 2015. doi: 10.13140/RG.2.1.4320.1368.
- [3] Regulamento (UE) 2021/1119 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de junho de 2021 que cria o regime para alcançar a neutralidade climática e que altera os Regulamentos (CE) n.º 401/2009 e (UE) 2018/1999 («Lei europeia em matéria de clima»), vol. 243. 2021. Acedido: 8 de fevereiro de 2024. [Em linha]. Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj/por>
- [4] U. Nations, «What Is Climate Change?», United Nations. Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>
- [5] «REGULAMENTO (UE) 2018/ 1999 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO - de 11 de dezembro de 2018 - relativo à Governação da União da Energia e da Ação Climática, que altera os Regulamentos (CE) n.º 663/ 2009 e (CE) n.º 715/ 2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, as Diretivas 94/ 22/ CE, 98/ 70/ CE, 2009/ 31/ CE, 2009/ 73/ CE, 2010/ 31/ UE, 2012/ 27/ UE e 2013/ 30/ UE do Parlamento Europeu e do Conselho, as Diretivas 2009/ 119/ CE e (UE) 2015/ 652 do Conselho, e revoga o Regulamento (UE) n.º 525/ 2013 do Parlamento Europeu e do Conselho».
- [6] «Total net greenhouse gas emission trends and projections in Europe». Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/total-greenhouse-gas-emission-trends>
- [7] «Trends and Projections in Europe 2023 — European Environment Agency». Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2023>
- [8] «Greenhouse gas emissions trends and projections under the scope of the Effort Sharing legislation, EU-27 — European Environment Agency». Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/eu-27-ghg-emission-trends-2>
- [9] Decisão de Execução (UE) 2020/2126 da Comissão de 16 de dezembro de 2020 que estabelece as dotações anuais de emissões dos Estados-Membros para o período de 2021 a 2030 em conformidade com o Regulamento (UE) 2018/842 do Parlamento Europeu e do Conselho (Texto relevante para efeitos do EEE), vol. 426. 2020. Acedido: 8 de fevereiro de 2024.. Disponível em: [http://data.europa.eu/eli/dec\\_impl/2020/2126/oj/por](http://data.europa.eu/eli/dec_impl/2020/2126/oj/por)
- [10] F. Filippidou e N. J. P. Jimenez, «Achieving the cost-effective energy transformation of Europe’s buildings», JRC Publications Repository. Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC117739>
- [11] Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação). 2021. Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/31/2021-01-01/por>
- [12] Regulamento (UE) 2023/955 do Parlamento Europeu e do Conselho de 10 de maio de 2023 que cria o Fundo Social em matéria de Clima e que altera o Regulamento (UE) 2021/1060, vol. 130. 2023. Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/955/oj/por>
- [13] «Energy Performance of Buildings Directive». Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en)
- [14] Instituto Nacional de Estatística, «Censos 2021. XVI Recenseamento Geral da População. VI Recenseamento Geral da Habitação: Resultados definitivos». Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://www.ine.pt/xurl/pub/65586079>
- [15] «Sistema Integrado de Metainformação - conceitos». Acedido: 2 de setembro de 2024. Disponível em: <https://smi.ine.pt/Conceito/Detalhes/2658>

- [16] «Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios de Portugal (ELPRE PT)». Acedido: 6 de setembro de 2024. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-transversais/relacoes-internacionais/politica-energetica/estrategia-de-longo-prazo-para-a-renovacao-dos-edificios-de-portugal-elpre-pt/>
- [17] «elpre-pt-07-08-2024.pdf». Acedido: 6 de setembro de 2024. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/media/54mjo0vk/elpre-pt-07-08-2024.pdf>
- [18] «17 Objetivos • ODS - BCSO Portugal». Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://ods.pt/ods/>
- [19] «Sustainable Development Report 2023». Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://dashboards.sdindex.org/>
- [20] «Energia em Números, edição 2022». Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/destaques/energia-em-numeros-edicao-2022/>
- [21] UNO, «Objetivo 7: Energias renováveis e acessíveis», Nações Unidas - ONU Portugal. Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://unric.org/pt/objetivo-7-energias-renovaveis-e-acessiveis/>
- [22] UNO, «Objetivo 11: Cidades e comunidades sustentáveis», Nações Unidas - ONU Portugal. Acedido: 8 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://unric.org/pt/objetivo-11-cidades-e-comunidades-sustentaveis-2/>
- [23] S. P. Corgnati, E. Fabrizio, M. Filippi, e V. Monetti, «Reference buildings for cost optimal analysis: Method of definition and application», *Applied Energy*, vol. 102, pp. 983–993, fev. 2013, doi: 10.1016/j.apenergy.2012.06.001.
- [24] A. Brandão de Vasconcelos, «Construção Energeticamente Sustentável – Metodologia de apoio à decisão em intervenções de reabilitação de edifícios (Energy Sustainable Construction – A decision model tool for building refurbishment)», 2015. doi: 10.13140/RG.2.1.4320.1368.
- [25] C. Azevedo de Sousa Monteiro, «Building energy modeling at urban scale using multi-detail archetypes: addressing the uncertainties and applications», Tese de Doutoramento, IST, 2018.
- [26] «Portal do INE». Acedido: 20 de setembro de 2024. Disponível em: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESpub\\_bo ui=66323830&PUBLICACOESstema=00&PUBLICACOESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_bo ui=66323830&PUBLICACOESstema=00&PUBLICACOESmodo=2)
- [27] «Portal do INE». Acedido: 20 de setembro de 2024. Disponível em: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESpub\\_bo ui=280978640&PUBLICACOESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_bo ui=280978640&PUBLICACOESmodo=2)
- [28] «SketchUp Portugal», SketchUp Portugal. Acedido: 20 de setembro de 2024. Disponível em: <https://www.sketchup.ibercad.pt/>
- [29] «EnergyPlus». Acedido: 20 de setembro de 2024. Disponível em: <https://energyplus.net/>
- [30] «Euclid | Big Ladder Software». Acedido: 17 de outubro de 2024. Disponível em: <https://bigladdersoftware.com/projects/euclid/>
- [31] «SCE.ER». Acedido: 20 de setembro de 2024. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energias-renovaveis-e-sustentabilidade/sce-er/>
- [32] «Regulamento Geral das Edificações Urbanas - RGEU - Capítulo III | DR». Acedido: 21 de outubro de 2024. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/decreto-lei/1951-120610500-120611145>
- [33] «Statistics | Eurostat». Acedido: 17 de outubro de 2024. Disponível em: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ILC\\_LVHO01\\_\\_custom\\_982668/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ILC_LVHO01__custom_982668/default/table?lang=en)

## A. Anexos

## Anexo A

Tabela A.1 - Base de dados de pesquisa de plantas de edifícios

Nº	LINK	TITULO	AUTOR(ES)	ANO	TIPO DE DOCUMENTO	ÁREA DE ESTUDO	PLANTA	CARACTERÍSTICAS / EDIFÍCIOS	ANO EDIFICADO	RESUMO
1	<a href="https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09613218.2016.1097407">https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09613218.2016.1097407</a>	Significance of mobility in the life-cycle assessment of buildings	Joana Bastos, Stuart A. Batterman & Fausto Freire	2015	ARTIGO	Investigação de edifícios, Departamento de Engenharia Mecânica de Coimbra e Departamento de Ciências de Saúde Ambientais - Ciclo de Vida / Emissões / Energia	Sim	Apartamento da zona central de Lisboa e uma casa geminada suburbana também de Lisboa, 8 apartamentos no prédio de 4 andares (2 por piso) com área útil de 102m <sup>2</sup> e a casa geminada com dois pisos e área útil de 104m <sup>2</sup> . Ambos os planos foram baseados em edifícios desenhados para o Bairro de Alvalade em Lisboa. (foram escolhidos devido ao facto de serem edifícios representativos do parque edificado português e devido a apresentarem bastante informação). A informação de materiais de construção é apresentada em tabela. Neste bairro existem 9 tipos de edifícios.	Planeado em 1940s	-
2	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778813006920?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778813006920?via%3Dihub</a>	Life-cycle energy and greenhouse gas analysis of three building types in a residential area in Lisbon	Joana Bastos, Stuart A. Batterman & Fausto Freire	2014	ARTIGO	Investigação de edifícios, Departamento de Engenharia Mecânica de Coimbra e Departamento de Ciências de Saúde Ambientais - Ciclo de Vida / Emissões / Energia	Sim	Idêntico ao documento anterior no entanto apresenta 3 tipos de Edifício do Bairro de Alvalade de Lisboa (o mais pequeno, o intermédio e o maior). Os edifícios têm 3 ou 4 andares, e 2 apartamentos por piso. O mais pequeno apresenta uma área por piso de 122m <sup>2</sup> e tipologia T2, o médio apresenta área do piso de 157m <sup>2</sup> e tipologia T3, por último o maior apresenta área por piso de 260m <sup>2</sup> e tipologia T5.	Planeado em 1940s	-

Nº	LINK	TITULO	AUTOR(ES)	ANO	TIPO DE DOCUMENTO	ÁREA DE ESTUDO	PLANTA	CARACTERÍSTICAS / EDIFÍCIOS	ANO EDIFICADO	RESUMO
3	<a href="https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/11370">https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/11370</a>	Análise dos Sistemas Construtivos Portugueses	Francisco Faria	2013 (apresenta ser mais antigo devido a um dos prédios não ter data de conclusão)	TESE	Construção de Edifícios, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto	Sim	1º - Prédio na Rua Arqt. Marques da Silva, 14 habitações, 5 pisos (uma meia cave, 3 pisos plenos, último piso recuado), todos os pisos apresentam três fogos T3, o último piso apresenta dois fogos T2 (Apresenta tamanho de janelas) 2º - Habitações SAAL da Bouça, quatro bandas de habitações de quatro pisos, todos os fogos T3, quartos do piso 1 e 3, algumas variações de tipologia resultando em T5 por ter dois quartos no piso 4 e quando não tem piso 1 apresenta tipologia T1. 3º - Cooperativa de Habitação "As Sete Bicas", edifícios de 4 pisos com envasamento para espaços de comercio garagem e arrecadação. O modulo de base compõem-se por um T3 e um T2 (apresenta tamanho de janelas). 4º - Prédio na Rua do Teatro, 5 pisos, os apartamentos standard T3 (com um quarto extra na zona de serviço), onde os últimos pisos são duplex, são 7 fogos. O piso térreo tem apenas o hall e acessos de áreas comuns.	1º - ano de construção 1958/60 2º - ano de construção 1975/77 3º - ano de construção 1987/95 4º - ano de construção 1994/?	Apresenta um resumo da caracterização geral da construção portuguesa e alguns aspetos dominantes. Também refere a formação da tradição atual, as origens, o percurso e o contexto contemporâneo. Faz também uma proposta de classificação em três classes principais. Análise de 10 tipos de edifícios representativos. Dentro de cada edifício é apresentada a localização, a volumetria, o programa, a conceção geral, a estrutura, as fachadas, os vãos, a cobertura, o revestimento e o "sistema predominante"
5	<a href="https://arquivomunicipal3.cm-lisboa.pt/X-arqWEB/">https://arquivomunicipal3.cm-lisboa.pt/X-arqWEB/</a>	Projetos de arquitetura habitacional (código de referência - PT/AMLSB/RJA/01) <b>PESQUISAR ASSIM LINK NÃO É DIRETO</b>	Rui Jervis de Atouguia	1945-1994	DOCUMENTOS COMPOSTOS	Projetos de arquitetura habitacional	Sim	Vários projetos de habitação do arquivo municipal de Lisboa (136 documentos)	1945-1994 (indicação do arquivo)	-
8	<a href="https://www.mdpi.com/2076-3417/11/5/2427">https://www.mdpi.com/2076-3417/11/5/2427</a>	Modelling the Evolution of Construction Solutions in Residential Buildings' Thermal Comfort	Reis, I.F.G.; Figueiredo, A.; Samagaio, A	2021	ARTIGO	INESC Coimbra, DEEC—University of Coimbra; RISCO Research Centre, Department of Civil Engineering, University of Aveiro; Department of Environment and Planning, University of Aveiro - thermal comfort/performance	Sim	Usa um edifício de referência real, área total de 176m <sup>2</sup> , T3 e apresenta a área de envidraçado segundo a orientação. E soluções construtivas	2003	Apresenta uma evolução teórica de soluções construtivas e de conforto térmico, utiliza uma habitação base e apenas altera as soluções construtivas. Utiliza <i>EnergyPlus</i> e divide a casa em 3 zonas térmicas.
10	<a href="https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/134590">https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/134590</a>	Tipologias de Habitação Contemporânea: Experiências em Portugal no século XXI	Alexandra Ressurreição Paulo	2021	TESE	FAUP - Faculdade de Arquitetura / Habitação, Tipologia, Arquitetura, Adaptabilidade	Sim	1º - Bloco da Carvalhosa, Porto; 2º - Bairro das Estacas; 3º - Bloco das Águas Livres; 4º - Conjunto Residencial de Ramalde; 5º Bairro da Bouça; 6º - Bairro de São Vítor; 7º - Edifício Cooperativa SACHE; 8º Edifício Castro e Melo; 9º - Edifício EPUL Entrecampos	1º - 1945/49; 2º - 1949/55; 3º - 1953/55; 4º - 1952/60; 5º - 1973/78; 6º - 1974/77; 7º - 1979/89; 8º - 1991/96; 9º - 2011	Faz o enquadramento teórico da família do século XX e apresenta

Nº	LINK	TITULO	AUTOR(ES)	ANO	TIPO DE DOCUMENTO	ÁREA DE ESTUDO	PLANTA	CARACTERÍSTICAS / EDIFÍCIOS	ANO EDIFICADO	RESUMO
11	<a href="https://sigarra.up.pt/faup/en/pub_gera_l.pub_view?pi_pub_base_id=205647">https://sigarra.up.pt/faup/en/pub_gera_l.pub_view?pi_pub_base_id=205647</a>	Modelos de habitação na década de 1960. Dois edifícios de habitação plurifamiliar da Santa Casa da Misericórdia do Porto	José Miguel Urzal Carvalho Pacheco Magalhães	2017	TESE	FAUP - Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto / Estudo arquitetónico	Sim	1º - Edifício na R. de S. Catarina. 2º - tipo de habitação plurifamiliar portuense (duplicação por simetria); 3º - Modelos de habitação frequentes na substituição lote a lote; 4º - Bairro Daniel Constant; 5º Campo do Luso; 6º - Conjunto Habitacional na Foz	1º - n/d; 2º - 1939; 3º - 1960s; 4º - 2000; 5º - 1961/68; 6º - 1967	Faz enquadramento das particularidades da habitação plurifamiliar e da Santa Casa da Misericórdia do Porto. Apresenta dois conjuntos habitacionais construídos pela instituição e os modelos de habitação na década de 60s (inserção urbana, conjunto edificado, desenho do fogo)
12	<a href="https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/cursos/mcr/dissertacao/2353642467248">https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/cursos/mcr/dissertacao/2353642467248</a>	Edifícios modernistas em Lisboa, 1925 - 1940. Caracterização construtiva e patológica	Vera Lúcia Nobre Hígino	2013	TESE	IST - Mestrado em Construção e Reabilitação.	Sim	1º - Tipo 1, Zona 1, frente larga, 1 fogo por piso; 2º - Tipo 2, 1 fogo por piso, cinco compartimentos e uma cozinha (exclui despensa, pia de despejo, WC), é universal e aplicada em todas as zonas da cidade. 3º - Pós 1930, 2 fogos por piso, tipo 2 em simetria, mínimo 4 compartimentos e uma cozinha (exclui os anteriormente excluídos), aplicada em todas as zonas quando lote superior a 16m de largura. 4º - Tipo 4, Zona 1, mais de sete compartimentos excluindo cozinha, despensas, pia de despejo e WC, nº de fogos é definido pela largura do lote. 5º - Tipo 5, Zona 2 e 3, 2 fogos por piso, frente estreita, 3 compartimentos por fogo e uma cozinha (exclui os excluídos anteriormente); 6º - Tipo 1, Zona 1, frentes largas, grande profundidade de lote, 300m <sup>2</sup> de área bruta e pátio interior; 7º - Tipo 4, edifícios em L ou V, zona 1, áreas generosas, 7 compartimentos por fogo, exclui cozinha, etc. 8º - Tipo 5, tipologia para dotar o interior da habitação de luz e ventilação natural, "rabo de bacalhau"	1º - 1917/1920; 2º - 1934/1919-35; 3º - 1935/1932/1936; 4º - 1931/1929; 5º - 1934; 6º - 1936; 7º - 1936/1936; 8º - 1938	Divide a cidade de Lisboa em zonas, e distingue cinco tipologias. Refere também as anomalias mais recorrentes registadas.

Nº	LINK	TITULO	AUTOR(ES)	ANO	TIPO DE DOCUMENTO	ÁREA DE ESTUDO	PLANTA	CARACTERÍSTICAS / EDIFÍCIOS	ANO EDIFICADO	RESUMO
13	<a href="http://repositorio.ulsiada.pt/bitstream/11067/4039/1/mia_adriana_delgado_dissertacao.pdf">http://repositorio.ulsiada.pt/bitstream/11067/4039/1/mia_adriana_delgado_dissertacao.pdf</a>	Tipologias habitacionais em blocos de habitação coletiva: uma pequena comunidade independente	Adriana Inês Santana Delgado	2018	TESE	UNIVERSIDADE LUSÍADA DE LISBOA Faculdade de Arquitetura e Artes Mestrado Integrado em Arquitetura - Arquitetura de habitação/ Edifícios de habitação/ Planeamento urbano	Sim	1º - Bairro das Estacas, Lisboa, quatro blocos de habitação, cada bloco com 7 edifícios, cada edifício com 8 habitações, 5 pisos por edifício, sendo o primeiro para zonas comuns e comércio, segundo e terceiro piso são simplex, o quarto e quinto são duplex, cada piso tem 2 apartamentos, os blocos centrais são T2 e os extremos são T3 (alguns T4). 2º - Bloco habitacional das Águas Livres, 12 pisos (serviços, habitações, etc.) 3 primeiros pisos usados para estacionamento, zonas comuns, escritórios. O piso 2 a 9 é para habitação, tipologias de T1 a T4, 7 fogos por piso. 3º - Conjunto habitacional Cinco Dedos, 5 edifícios iguais, cada piso tem 7 fogos, seis T3 e um T2, 9 pisos. Pé direito de 2,46m com uma área total de 65m <sup>2</sup> . 4º - T3 unidade tipo mas pode variar de T2 a T5, salvo algumas exceções cada apartamento tem 96m <sup>2</sup> de área total (três quadrados 4x4m), dois apartamentos por piso.	1º - 1952/55; 2º - 1956; 3º - 1973/75; 4º - 1975/76 (1ªfase) e 2006 (2ªFase)	Apresenta 4 casos de estudo de habitação coletiva

Nº	LINK	TITULO	AUTOR(ES)	ANO	TIPO DE DOCUMENTO	ÁREA DE ESTUDO	PLANTA	CARACTERÍSTICAS / EDIFÍCIOS	ANO EDIFICADO	RESUMO
14	<a href="https://core.ac.uk/download/pdf/144015043.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/144015043.pdf</a>	EDIFÍCIOS MODERNOS DE HABITAÇÃO COLECTIVA – 1948/61: Desenho e Standard na Arquitetura Portuguesa	José Fernando Gonçalves	n/d	TESE	UPC - Department de Projectos d'Arquitectura - Arquitetura, enquadramento e planeamento urbano, história em Portugal	Sim	<p>Apresenta plantas de alguns edifícios:</p> <p>“protótipos urbanos”</p> <p>Bairro das Estacas – 1949-55</p> <p>Bloco de Costa Cabral, Porto – 1953-1955</p> <p>Conjunto de Edifícios na Avenida Infante Santo – 1953-1962</p> <p>Conjunto de Edifícios na Avenida Brasil – 1953-1963</p> <p>“protótipos de habitação mínima”</p> <p>Edifício Ouro – 1951-1954</p> <p>“protótipos de construção racional”</p> <p>Conjunto de Edifícios na Avenida EUA (lado norte) – 1955-1956</p> <p>Conjunto de Edifícios na Avenida EUA (lado sul) – 1956-1959</p> <p>Edifício Olivais Norte – 1960-1964</p> <p>“protótipos de modernidade”</p> <p>Edifícios no Cruzamento da Avenida dos Estados Unidos com a Avenida de Roma - 1952-1957</p> <p>Edifício da Praça D. Afonso V – 1952-1955</p> <p>Bloco das Águas Livres – 1953-1956</p> <p>Edifício Parnaso – 1954-1957</p> <p>Blocos de Habitação em Olivais Norte – 1959-1964</p> <p>Edifício da Mãe D'Água – 1960</p>	(já apresentados nas características/edifícios)	Um primeiro capítulo referente ao primeiro modernismo em Portugal (1928-48), os seus antecedentes referindo o urbanismo de Lisboa e Porto, o problema da habitação urbana nos anos 20/30 e a implementação de habitação coletiva e uma segunda parte onde são apresentados os projetos de experimentação da modernidade na arquitetura portuguesa. (os edifícios referidos)
15	<a href="https://arp.org.pt/revista_antiga/pdf/2012008.pdf">https://arp.org.pt/revista_antiga/pdf/2012008.pdf</a>	Caracterização arquitetónica e construtiva do património edificado do núcleo urbano antigo do Seixal	Tiago Miguel Ferreira, Cátia Santos, Romeu Vicente, J. A. Raimundo Mendes da Silva	2013	ARTIGO	Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro e Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra - Património Edificado, Tipificação, Reabilitação	Sim	1º - Edifícios de frente estreita, largura entre 4 e 7,5m, um fogo por piso (ou apenas uma habitação), três divisões por piso, normalmente de dois pisos (podem ter até 4 pisos). 2º - Edifícios de frente larga, largura superior a 8m, dois pisos, dois fogos por piso. 3º - Edifícios em banda, de dois ou um piso. 4º - Edifício térreo; 5º - Edifício singular	n/d	Aborda o assunto dos núcleos urbanos antigos na perspetiva da análise e inventariação das características do edificado. O processo de tipificação e caracterização construtiva apresenta-se como síntese das principais formas de construção presentes, tomando como caso de estudo o núcleo urbano antigo do Seixal.

Nº	LINK	TITULO	AUTOR(ES)	ANO	TIPO DE DOCUMENTO	ÁREA DE ESTUDO	PLANTA	CARACTERÍSTICAS / EDIFÍCIOS	ANO EDIFICADO	RESUMO
16	<a href="https://www.portaldahabitacao.pt/documentos/20126/58203/af_IHRU_Habitacao_Social.pdf/599a85af-53b2-d4cf-9235-1cb40f108706?t=1549647743553">https://www.portaldahabitacao.pt/documentos/20126/58203/af_IHRU_Habitacao_Social.pdf/599a85af-53b2-d4cf-9235-1cb40f108706?t=1549647743553</a>	HABITAÇÃO CEM ANOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS EM PORTUGAL 1918-2018	Autores Diversos	2018	Documento	Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana	Sim	1º - Bairro de casas económicas de Lisboa 1927; 2º - Bairro Operário Conde de Monte Real, Cascais 1930, 133 fogos tipo A e 123 tipo B, casas unifamiliares em banda, com um ou dois quartos; 3º - Bairro de Casas para Pescadores de Costa da Caparica, 1946 e 1958 (2 fases), distribuído em blocos de dois pisos com 4 fogos isolados e em banda; 4º - Lisboa, Travessa Sargento Abílio, 1999/00, 91 fogos, 2 fogos simplex por piso, 3 a 5 pisos; 5º - Lisboa Qta. das Fonseca, 1992, 210 fogos, quatro fogos simplex por piso, 10 pisos; 6º - Lisboa, Qta. dos Barros I, 1996/98, 162 fogos, 3 fogos simplex por piso, 9 pisos; 7º - Porto, Pasteleira, 2000, 375 fogos, três fogos simplex por piso, 5 a 6 pisos; 8º - Lisboa, Flamengas, 1981-1996, 1237 fogos, 4 fogos simplex por piso, 5 pisos; 9º - Lisboa, Av. Cidade de Luanda, 1999/01, 132 fogos, 4 fogos simplex por piso, 8 a 9 pisos; 10º - Oeiras, Laveiras-Caxias, 1998, 112 fogos, 4 fogos simplex por piso, 4 pisos; 11º - Lisboa, Entrecampos, EPUL, 2005/10, 612 fogos, 8 a 9 pisos; 12º - Oeiras, Moinho das Rolas, 1998/03, 413 fogos, 4+2 pisos; etc.	(já apresentados nas características/edifícios)	Aborda diversos assuntos sobre a habitação em Portugal, a sua história, transformação e implementação. Mais para o final faz uma leitura de projetos. Refere também a política de habitação em Portugal de 2002 a 2017, programas, políticas públicas implementadas e instituições envolvidas.
17	<a href="https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/28035">https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/28035</a>	Habitar em Lisboa no século XXI: Adequação funcional da habitação coletiva urbana contemporânea aos novos modos de habitar e aos novos modelos sociais	Ana Moreira	2022	TESE	Universidade de Lisboa, Faculdade de Arquitetura	Sim	Quinta dos Alcoutins, 2000 Páteo de Belém, 2001/05 Quinta de Alvalade, 2003/04 a 2008/11 EPUL Telheiras Norte III, n/d Benfica Stadium, 2020 Jardins de São Lourenço, 2005/09 EPUL Entrecampos, 2005/08/10, só tem planta deste Quinta do Mineiro, 2005	(já apresentados nas características/edifícios)	Apresenta casos de estudo, sobre alguns loteamentos de iniciativa privada entre 2000 e 2015 (8 loteamentos). A presente investigação propõe a análise e caracterização do parque habitacional na cidade de Lisboa, nos primeiros 15 anos do século XXI, procurando identificar os modelos habitacionais oferecidos pelo mercado imobiliário em contexto urbano, com base numa análise de casos de estudo criteriosamente selecionados, seguindo uma metodologia delineada para o efeito, baseada numa primeira análise planimétrica e conceptual, à qual se seguem a análise espacial através da teoria Space Syntax e a análise dos usos aplicando-se métodos de Avaliação Pós-Ocupação, entre eles a realização de Inquéritos a Moradores.

Nº	LINK	TITULO	AUTOR(ES)	ANO	TIPO DE DOCUMENTO	ÁREA DE ESTUDO	PLANTA	CARACTERÍSTICAS / EDIFÍCIOS	ANO EDIFICADO	RESUMO
19	<a href="https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/80398">https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/80398</a>	A casa burguesa do Porto no séc. XXI. Diálogo entre o habitar contemporâneo e a identidade dos espaços interiores burgueses.	Andreia Patrícia Alba da Costa	2013	TESE	FAUP - Faculdade de Arquitetura	Sim	Período Mercantilista. Período Iluminista. Período Liberal.	n/d	Apresenta diversos tipos de prédios de diversas épocas da cidade do Porto. “mercantilista”, “iluminista”, “liberal”. Bem como a adaptação das casas unifamiliares para plurifamiliares. Também realiza um caso de estudo que compara diversos edifícios de uma rua no Porto do período “Mercantilista”, aprofundando o seu estado de conservação, utilização e tipologia. Tentando adaptar e otimizar o espaço disponível do edifício criando diversas estratégias de aproveitamento do espaço.
20	<a href="https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/83123">https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/83123</a>	BIM na avaliação de sustentabilidade de edifícios	Ana Beatriz de Castro Nunes	2022	TESE	Universidade do Minho - Engenharia Civil	Sim	Caso de Estudo, edifício unifamiliar tipo, T3, 3 pisos, com apenas 2 pisos visíveis, pé direito 3m, cada andar com 79m <sup>2</sup> , 25,5% da fachada é envidraçada, identifica as soluções construtivas.	2021	-
21	<a href="https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/38833/3/Ponto%206timo%20de%20rentabilidade%20económica%20dos%20envidraçados.pdf">https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/38833/3/Ponto%206timo%20de%20rentabilidade%20económica%20dos%20envidraçados.pdf</a>	Ponto ótimo de rentabilidade económica dos envidraçados aplicados em edifícios localizados em Portugal	Ana Cristina da Costa Rebelo	2016	TESE	Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra - Departamento de Engenharia Mecânica (especialidade de Energia e Ambiente)	Sim	-	-	Este documento serviu mais para identificação da área total de envidraçado que se pode encontrar, apenas apresenta um caso de uma moradia e um apartamento, ambos com as suas plantas.
22	<a href="https://recip.ipp.pt/handle/10400.2/19238">https://recip.ipp.pt/handle/10400.2/19238</a>	Estratégia para alcançar o Nearly Zero Energy Building (NZEB) na reabilitação energética de um edifício residencial	André Filipe Araújo Esteves	2021	TESE	ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto - Engenharia Civil - Ramo de Construções	Sim	Caso de Estudo, um edifício de 5 pisos, com 8 fogos. Apresenta a envolvente exterior. (Não identifica se é um edifício tipo, apenas refere que vão ser implementadas medidas de melhoria e redução de consumo energético)	1984	O principal objetivo do presente relatório passa por tentar alcançar a classificação de um Nearly Zero Energy Building num edifício residencial existente
23	<a href="https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/109984">https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/109984</a>	O prédio de rendimento portuense. Topologias, tipologias e modelos de habitação plurifamiliar na 1ª metade do séc. XX	Maria Gisela Antunes Lameira	2017	TESE	FAUP - Faculdade de Arquitetura	Sim	1º - Modelos de habitação, Porto, 1930/1929/1944/1938/1936/1954/1938; 2º - Edifícios com Disposição em Fila, Porto, 1936/1939/1937; 3º - Edifícios com disposição por articulação de núcleos, Porto, 1932/1938/1939/1936; 4º - Edifícios com configuração em L, Porto, 1943/1950/1948; Edifício com divisão dia/noite, Porto, 1958. OUTRAS PLANTAS	(já apresentados nas características/edifícios)	Delimita 5 tipos de edifícios e modelos de habitação, embora apresentados num volume 2 da tese não apresentado.

Nº	LINK	TITULO	AUTOR(ES)	ANO	TIPO DE DOCUMENTO	ÁREA DE ESTUDO	PLANTA	CARACTERÍSTICAS / EDIFICIOS	ANO EDIFICADO	RESUMO
24	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778811006475?via%3Dihub">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778811006475?via%3Dihub</a>	Life-cycle assessment of a house with alternative exterior walls: Comparison of three impact assessment methods	Helena Monteiro, Fausto Freire	2011	ARTIGO	ADAI-LAETA, Department of Mechanical Engineering, University of Coimbra. Building envelope - Primary energy/Environmental impacts/Life-cycle assessment	Sim	Edifício de referência baseado numa casa unifamiliar em Portugal, de dois pisos, localizada em Coimbra, com 132m <sup>2</sup> de área útil. Apresenta também listagem de soluções construtivas	n/d	A life-cycle (LC) model has been implemented for a Portuguese single-family house. The first goal is to characterize the main LC processes (material production and transport, heating, cooling, maintenance) assessing seven alternative exterior walls for the same house to identify environmentally preferable solutions. The second goal is to compare the results of three life-cycle impact assessment (LCIA) methods