

## **Avaliação Económica de Soluções e Instalações para a Eficiência Energética em Edifícios**

**Patrícia Maria Pereira Vieira**

Licenciada em Engenharia Civil pelo Instituto Politécnico de Bragança

Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em  
**Engenharia da Construção à**  
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão do**  
**Instituto Politécnico de Bragança**

Este trabalho foi efetuado sob a orientação de:  
Prof. Jorge Lopes, Ph.D

Bragança, dezembro de 2016

## **AGRADECIMENTOS**

No decorrer deste trabalho foi auxiliada direta e indiretamente por diversas pessoas, com sua compreensão e disponibilidade, contribuíram para a realização deste trabalho, às quais reservo este espaço como forma de agradecimento.

Tenho, no entanto, de agradecer de uma forma distinta:

Ao meu orientador, Professor Jorge Lopes, Ph.D, expresso a minha gratidão, pela disponibilidade que demonstrou desde o contacto inicial, por ter sido sempre recetivo, por toda a contribuição que deu ao longo da pesquisa, pelos seus ensinamentos, pelo seu incentivo, pela sua supervisão, e pela sua sempre imediata disponibilidade.

Ao professor Manuel Joaquim da Costa Minhoto e á professora Maria Isabel Lopes Marcelino Dias de Abreu, pela disponibilidade e pelas dúvidas esclarecidas.

Á Câmara Municipal de Vieira do Minho pelo fornecimento das plantas dos edifícios em estudo.

À minha família, em particular ao meu namorado, meus pais e minha irmã pelo apoio, motivação e dedicação prestados e que sempre me encorajaram e apoiaram incondicionalmente nesta fase da minha vida.

## Resumo

As medidas e opções de políticas relacionadas com a reabilitação energética de edifícios, dentro de um quadro mais geral da eficiência energética e descarbonização do ambiente, são temas que têm merecido uma crescente preocupação por parte de centros de investigação e outras organizações nacionais e internacionais.

Muitos estudos sugerem que, deixando de lado a evolução futura dos preços de energia, a eficiência económica de uma intervenção de reabilitação depende, de uma forma muito significativa, das características arquitetónicas, dos materiais utilizados na época de construção, para além da localização climática e do comportamento dos utilizadores.

Este trabalho tem como objetivo investigar os aspetos relacionados com a reabilitação energética dos edifícios do parque residencial nacional, dentro de um quadro de análise custos/benefícios em que se perspetivam duas formas de evolução de preços de energia.

A metodologia adotada neste trabalho consiste na revisão da literatura relevante desta área e de um caso de estudo composto de três edifícios de habitação unifamiliar construídos na mesma época e com a mesma localização geográfica, selecionados de forma a representarem um potencial para reabilitação. Para a análise das medidas de melhoria foram preconizados três tipos de cenários de reabilitação energética: i) cumprimento dos requisitos prescritos pelo Regulamento Energético de Habitação (REH); ii) reforço da envolvente; e iii) melhoria dos sistemas técnicos.

Como conclusões mais relevantes do estudo, pode-se referir que os custos de energia anual variam de uma forma muito significativa quando se compara a situação de não intervenção com a situação de intervenção com diferentes cenários de melhoria. No caso de se optar pela intervenção, a solução economicamente eficiente corresponde ao cenário de cumprimento dos requisitos mínimos prescritos pelo REH. São, ainda, sugeridos trabalhos para futuro desenvolvimento, que possam contribuir para uma melhor compreensão do tema aqui analisado.

Palavras-chave: edifícios de habitação; construção sustentável; reabilitação energética; avaliação económica

## **ABSTRACT**

There is an increasing concern for the part of national and international bodies and research centres alike on the issues related with policy options concerning the energetic rehabilitation of buildings, within the general context of energy efficiency and decarbonisation of the environment.

Several studies suggest that the economic efficiency of energetic rehabilitation in buildings depends upon, in a significant way, the architectonic characteristics of the building, the materials used at the time of construction, climatic location and the behaviour of prospective users, letting aside the future evolution of energy prices.

The aim of this study is to investigate the issues related with the energetic rehabilitation of buildings pertaining to the national residential stock, within the framework of a cost/benefit analysis in which two scenarios of evolution of energy prices are put forward. The methodology adopted in the study consists of the relevant literature review in the thematic area added to a case study comprised of three single-family housing units constructed at the same period and with the same geographic location. These buildings were chosen in a manner that they could conceivably be seen as a sample with economic potential for redevelopment. Three scenarios of intervention were devised: i) compliance with the requisites prescribed by the Energetic Housing Building Regulation (REH); ii) strengthening of the building envelope; and iii) improvement in the building technical systems.

The main conclusions of the study are that the annual costs of energy vary significantly when comparing the alternative of doing nothing with that of implementing different scenarios of energetic intervention. In the case of opting for an intervention, the economically efficient solution corresponds to the scenario of compliance with the requisites prescribed by the REH. Some suggestions for further development are put forward.

Keywords: housing building; sustainable construction; energetic rehabilitation; economic evaluation

# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	II
Resumo .....	III
ABSTRACT .....	IV
ÍNDICE.....	V
Índice de Figuras .....	XII
Índice de Tabelas .....	XIV
Índice de Gráficos.....	XV
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	- 1 -
1.1 - Enquadramento .....	- 1 -
1.2 - Objetivos.....	- 2 -
1.3 - Estrutura da Tese .....	- 3 -
1.4 - Metodologia.....	- 4 -
CAPÍTULO 2 – ESTADO DA ARTE .....	- 5 -
2.1 - A Energia no Mundo .....	- 5 -
2.2 - A Energia em Portugal .....	- 6 -
2.2.2 - A estratégia para a energia em Portugal .....	- 8 -
2.2.3. - Energia, a Europa e o futuro .....	- 9 -
2.2.4 - Descarbonização da eletricidade .....	- 10 -
2.2.5 - Dependência energética.....	- 11 -
2.2.5.1- Evolução da taxa de dependência energética .....	- 11 -
2.3 – Enquadramento Político – Legal.....	- 12 -
2.3.1 - Evolução legislativa.....	- 12 -
2.3.2 – Diretivas Europeias .....	- 13 -
2.3.3 – Regulamentação térmica em Portugal .....	- 14 -
2.4 – Certificação energética de edifícios em Portugal.....	- 15 -
2.4.1 - Regulamento do sistema de certificação energética (SCE) em edifícios .....	- 16 -

2.4.2 – Certificação energética de Edifícios .....	- 17 -
2.4.3 - Impacto do SCE na promoção da eficiência dos edifícios novos versus edifícios existentes.....	- 19 -
2.4.4 - Classes de desempenho energético em edifícios .....	- 20 -
2.5 – Breve Caracterização do parque habitacional Português.....	- 21 -
2.5.1 - Evolução do parque habitacional em Portugal .....	- 22 -
2.5.2 - Necessidades de reparação do parque habitacional .....	- 23 -
2.6 – Reabilitação energética de edifícios e sustentabilidade .....	- 26 -
2.6.1 - Caracterização do mercado de reabilitação em geral .....	- 27 -
2.6.2 - Reabilitação energética de edifícios .....	- 27 -
2.6.3 - Reabilitação energética em Portugal .....	- 28 -
2.6.4 - Importância do isolamento na reabilitação energética .....	- 29 -
2.6.5 – Edifícios de balanço nulo.....	- 30 -
<b>CAPÍTULO 3 – MEDIDAS DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO EXISTENTES .....</b>	<b>- 32 -</b>
3.1- Reabilitação térmica de fachadas exteriores.....	- 32 -
3.1.1- Tipos de parede construídas em Portugal .....	- 32 -
3.1.2 - Zonas climáticas e requisitos para paredes em contacto com o exterior .....	- 33 -
3.1.3 - Reforço de Isolamento térmico de Fachadas .....	- 34 -
3.1.3.1 - Isolamento de Fachadas pelo Exterior.....	- 35 -
3.1.3.1.1 – Sistema ETICS.....	- 35 -
3.1.3.1.2 - Revestimentos independentes com interposição de isolante térmico na caixa-de- ar – “Fachada Ventilada” .....	- 36 -
3.1.3.1.3 – Revestimentos isolantes – pré-fabricados descontínuos e/ou rebocos isolantes – “Vêtures” .....	- 37 -
3.2 - Reabilitação térmica de coberturas.....	- 37 -
3.2.1 - Tipos de coberturas construídas em Portugal .....	- 38 -
3.2.2 – Requisitos energéticos para coberturas.....	- 38 -

3.2.3 - Coberturas inclinadas .....	- 39 -
3.2.3.1 - Cobertura inclinada com desvão não habitável – Isolamento térmico na esteira horizontal.....	- 39 -
3.2.3.2 - Cobertura inclinada com desvão habitável – Isolamento térmico nas vertentes.....	- 40 -
3.2.4 - Coberturas horizontais.....	- 41 -
3.2.4.1 - Cobertura horizontal – isolamento térmico superior.....	- 41 -
3.2.4.2 - Cobertura horizontal – isolamento térmico intermédio.....	- 41 -
3.2.4.3 - Cobertura horizontal – isolamento térmico inferior.....	- 42 -
3.3 - Reabilitação térmica de vãos envidraçados .....	- 42 -
3.3.1 - Aplicação do Regulamento nos Vãos Envidraçados:.....	- 43 -
3.3.2 - Etiqueta Energética para escolher janelas eficientes .....	- 44 -
3.4. Reabilitação térmica de Pavimentos em contacto com Espaço não útil .....	- 44 -
3.4.1 - Pavimento sobre espaço não aquecido – Isolamento térmico inferior. ....	- 45 -
3.4.3 - Pavimento sobre espaço não aquecido – Isolamento térmico superior. ....	- 47 -
3.5 - Reabilitação Térmica de Paredes Interiores em Contacto com Espaços Não Úteis.....	- 47 -
3.6. – Reabilitação energética de sistemas de Aquecimento, Arrefecimento e Produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS).....	- 48 -
3.6.1 – Produção de águas quentes sanitárias .....	- 48 -
3.6.1.1 – Legislação em Portugal.....	- 48 -
3.6.1.2 – Tipos de equipamentos para produção de água quente.....	- 49 -
3.6.1.3 - A energia solar em Portugal para a produção de água quente.....	- 50 -
3.6.2- Reabilitação térmica dos sistemas de aquecimento e de arrefecimento .....	- 51 -
3.6.2.1 –Necessidades nominais de aquecimento .....	- 51 -
3.6.2.2 - Necessidades Nominais de Arrefecimento .....	- 52 -
3.6.2.3 - Tipos de equipamentos para aquecimento ambiente central .....	- 53 -

3.6.2.4 - Produção de água quente para aquecer a habitação – aquecimento central- 53

-

CAPÍTULO 4. ESTUDOS DE CASO .....	55 -
4.1. Introdução .....	55 -
4.2. Edifícios em análise .....	55 -
4.3. Descrição geral do edifício 1 .....	57 -
4.3.1 Caracterização geométrica do edifício 1 .....	57 -
4.3.2. Caracterização térmica e construtiva da envolvente - situação existente .....	58 -
4.4 Descrição geral do edifício 2 .....	58 -
4.4.1 Caracterização geométrica do edifício 2.....	58 -
4.4.2. Caracterização térmica e construtiva da envolvente - situação existente. ....	59 -
4.5 Descrição geral do edifício 3 .....	59 -
4.5.1 Caracterização geométrica do edifício 3.....	59 -
4.5.2. Caracterização térmica e construtiva da envolvente - situação existente. ....	60 -
4.6. Análise do desempenho dos edifícios em estudo.....	60 -
4.6.1. Edifício em estudo 1 .....	60 -
4.6.2. Edifício em estudo 2 .....	60 -
4.6.3. Edifício em estudo 3 .....	61 -
4.7. Cenários propostos de intervenção .....	61 -
4.7.1. Cenário 1_Cumprimento do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) .....	61 -
4.7.1.1. Isolamento térmico nas paredes exteriores .....	62 -
4.7.1.2. Pavimento exterior.....	63 -
4.7.1.3. Vãos envidraçados exteriores .....	64 -
4.7.1.4. Isolamento térmico na cobertura.....	64 -
4.7.1.5. Pavimentos interiores.....	65 -
4.7.1.6. Parede interior.....	66 -
4.7.1.7. Colocação de coletor solar .....	67 -

4.7.1.8. Colocação de unidade de ar condicionado.....	- 67 -
4.7.2 Cenário 2_Melhoramento da envolvente exterior.....	- 67 -
4.7.2.1. Parede exterior .....	- 67 -
4.7.2.2. Vãos envidraçados .....	- 68 -
4.7.2.3. Aplicação de isolamento sobre a laje de esteira no desvão de cobertura não habitável.....	- 69 -
4.7.2.4. Aplicação de isolamento sobre pavimentos em contacto com espaços não úteis.....	- 70 -
4.7.2.5. Aplicação de isolamento sobre paredes interiores em contacto com espaços não úteis.....	- 71 -
4.7.3. Cenário 3 - Melhoramento dos sistemas técnicos.....	- 72 -
4.7.3.1. Melhoria nos sistemas de Água quente sanitária .....	- 72 -
4.7.3.2. Melhoria da eficiência dos sistemas de climatização .....	- 72 -
4.8. Conclusões dos casos de estudo.....	- 73 -
<b>CAPÍTULO 5- ANÁLISE ECONÓMICA DOS CENÁRIOS PROPOSTOS .....</b>	<b>- 75 -</b>
5.1. Introdução .....	- 75 -
5.2 - Princípios de cálculo para a análise económica - Método Life Cycle Cost (LCC)-	75 -
5.3 Custos de intervenção e custos de energia nos edifícios em análise.....	- 76 -
5.3.1 Custo de investimento.....	- 76 -
5.3.2 Custos de Energia .....	- 77 -
5.4 Análise económica das intervenções nos edifícios em análise .....	- 78 -
5.5. Análise de um Edifício Tipo .....	- 82 -
5.5.1 Custos de intervenção das medidas de melhoria nos diferentes cenários do Edifício Tipo.....	- 83 -
5.4 Análise económica das intervenções no Edifício Tipo .....	- 85 -
<b>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES .....</b>	<b>- 89 -</b>
6.1 Introdução .....	- 89 -

6.2 – Sumário do Estudo.....	- 89 -
6.3 – Principais Conclusões do Estudo.....	- 90 -
6.4 Perspetivas de desenvolvimentos futuros .....	- 92 -
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	- 94 -
ANEXOS.....	XCVII
ANEXO A- CASOS DE ESTUDO.....	XCVII
ANEXO A1 –Apresentação dos valores referentes à ventilação (RPH,I e RPH,V) com base na folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC .....	XCVII
A1.1 - Dados referentes ao Edifício 1.....	XCVII
ANEXO A2 – Representação das Plantas, Cortes e Alçados dos edifícios em Estudo C	
A2.1 - Desenhos referentes ao Edifício 1 .....	C
A2.2 - Desenhos referentes ao Edifício 2 .....	CI
ANEXO A3 – Cálculos do btr dos espaços não úteis.....	CIII
ANEXO A4 – Cálculos dos coeficientes de transmissão térmica, U, e pontes térmicas planas. ....	CIV
ANEXO A5 – Folha de Cálculo de Avaliação do Comportamento Térmico e do desempenho energético de edifícios de acordo com o REH (Decreto-Lei n. °118/2013 de 20 de agosto) .....	CXXXIV
ANEXO A6 – Cenário de Melhoria Proposto 1 .....	CXL
ANEXO A7 – Cenário de Melhoria Proposto 2 .....	CXLVIII
A7.2 – Folha de Cálculo de Avaliação do Comportamento Térmico e do desempenho energético de edifícios de acordo com o REH (Decreto-Lei n. °118/2013 de 20 de agosto).....	CXLIX
ANEXO A8 – Cenário de Melhoria Proposto 3 .....	CLV
A8.2 – Folha de Cálculo de Avaliação do Comportamento Térmico e do desempenho energético de edifícios de acordo com o REH (Decreto-Lei n. °118/2013 de 20 de agosto).....	CLVII
ANEXO A9 – Medidas de Reabilitação de Pavimentos.....	CLXIII
ANEXO B – Analise Económica.....	CLXIV

ANEXO B1– Calculo dos custos de manutenção e investimento para cada cenário de estudo e para os edifícios em estudo.....	CLXIV
B2 – Analise do LCC para um período de tempo de 30 anos.....	CLXX
B2.4- Estudo LCC para o Cenário 3 .....	CLXXVI
B2.5- Análise dos casos de estudo nos diferentes cenários por metro quadrado .....	CLXXVIII

## Índice de Figuras

Figura 1 - Consumo da energia primária por região durante o período de 1965 até 2035 (Fonte: BP Energy Outlook).....	5 -
Figura 2 - Consumo de energia por fonte durante o período de 1965 até 2035 (Fonte: BP Energy Outlook) .....	6 -
Figura 3 -Repartição das fontes na geração de eletricidade em Portugal Continental no final de 2015, com especial ênfase nas fontes renováveis. (Fonte: REN, dezembro 2015; Análise APREN) .....	7 -
Figura 4 -Evolução da descarbonização da eletricidade em Portugal no período entre 1999 e 2030 (Fonte: REN, ERSE, Deloitte, análise APREN).....	10 -
Figura 5 -Evolução da taxa de dependência energética (Fonte: Impacto Macroeconómico do Setor da Eletricidade Renovável em Portugal, Deloitte, setembro 2014).....	12 -
Figura 6 -Evolução do número de certificados energéticos emitidos em Portugal (Fonte: ADENE) .....	18 -
Figura 7 -Classificação dos edifícios, em comparação com o consumo de referência. -	21 -
Figura 8 -Classes Energéticas, por tipo de edifício certificado em Portugal (Fonte: INE)-	21 -
Figura 9 — Evolução dos edifícios licenciados e dos edifícios concluídos com habitação, 2001-2011(Fonte: INE) .....	22 -
Figura 10 -Distribuição dos Edifícios e dos Alojamentos, por NUTS II (1991, 2001, 2011 e 2014) (Fonte: INE, Estimativas do Parque Habitacional) .....	23 -
Figura 11 -Necessidades de Reparação do Parque Habitacional (Fonte: INE) .....	24 -
Figura 12 -Proporção de edifícios concluídos por tipo de obra para os anos 2009 e 2014 (Fonte: INE, Estatísticas das Obras Concluídas).....	25 -
Figura 13- Evolução das obras de reabilitação e construção nova no total de obras concluídas no período de 2009 e 2014 (Fonte: INE, Estatísticas das Obras Concluídas). -	26 -
Figura 14- Peso da Reabilitação em países da união Europeia (Fonte: EUROCONSTRUCT, 74th Conference).....	28 -
Figura 15- Evolução das paredes exteriores em Portugal (Fonte: ADENE) .....	33 -

Figura 16- Sistema de isolamento térmico com revestimento espesso (esquerda). Sistema de isolamento térmico com revestimento delgado (direita). (Fonte: PLASTIMAR) .....	- 36 -
Figura 17- Esquema de revestimento independente com interposição de isolante térmico na caixa-de- ar .....	- 36 -
Figura 18- Esquema pré-fabricado fixado diretamente no suporte (esquerda). Solução de reboco isolante (direita).....	- 37 -
Figura 19- Tipos de coberturas em Portugal (Fonte: INE).....	- 38 -
Figura 20- Coberturas construídas em Portugal, consoante a época de construção ...	- 38 -
Figura 21- – Cobertura inclinada com desvão não-habitável- isolamento térmico na esteira horizontal.....	- 39 -
Figura 22- Cobertura inclinada com desvão habitável- isolamento térmico nas vertentes-	40 -
Figura 23- Tipos de soluções de janelas utilizadas em Portugal. (Fonte: INE e DGEG)..	- 43 -
Figura 24- Pavimentos sobre espaço exterior ou não-aquecido – Isolamento térmico inferior .....	- 45 -
Figura 25- Pavimentos sobre espaço exterior ou não-aquecido – Isolamento térmico intermédio.....	- 46 -
Figura 26- – Pavimentos sobre espaço exterior ou não-aquecido – Isolamento térmico superior .....	- 47 -
Figura 27- Utilização de equipamentos de produção de águas quentes sanitárias (AQS) (Fonte: Estudo ICESO 2010, DGEG e INE) .....	- 49 -
Figura 28- Sistema de termossifão (Fonte: ADENE).....	- 50 -
Figura 29- Sistema de circulação fechada (Fonte: ADENE).....	- 51 -
Figura 30- Peso da utilização de Equipamentos de Aquecimento Ambiente Central (Fonte: Estudo ICESO 2010, DGEG e INE) .....	- 53 -
Figura 31- Esquema relativo á Produção de água quente para aquecer a casa – Aquecimento Central (Fonte: ADENE) .....	- 54 -
Figura 32- Exemplo de isolamento térmico e acústico utilizando cortiça em lajes de esteira.....	- 69 -

## Índice de Tabelas

Tabela 1- Requisitos energéticos, $U_{\text{máx}}$ [W/m <sup>2</sup> .°C] para paredes (Fonte: REH).....	33
Tabela 2- Requisitos energéticos, $U_{\text{máx}}$ [W/m <sup>2</sup> .°C] para Coberturas (Fonte: REH)-	39
Tabela 3- Fatores Solares Máximos Admissíveis dos Vãos Envidraçados. (Fonte: REH)-	43
Tabela 4- Requisitos energéticos, $U_{\text{máx}}$ [W/m <sup>2</sup> .°C] para Pavimentos (Fonte: REH) -	45
Tabela 5- Caracterização dos sistemas técnicos presentes nos edifícios em estudo ..	57
Tabela 6- Requisitos energéticos – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos e de vão envidraçados, (Fonte: REH) ...	62
Tabela 7- - Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), e a tipologia construtiva das paredes após alteração das paredes de fachada, no cenário 1. ....	63
Tabela 8- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), e a tipologia construtiva do pavimento exterior após intervenção de reabilitação, no cenário 1.....	63
Tabela 9- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), tipo e características dos vãos envidraçados selecionados para análise, no cenário 1.....	64
Tabela 10- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva da cobertura após intervenção de reabilitação, no cenário 1. ....	65
Tabela 11- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva do pavimento interior após intervenção de reabilitação, no cenário 1. ....	66
Tabela 12- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva da parede interior após intervenção de reabilitação, no cenário 1... -	66
Tabela 13- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva da parede exterior após intervenção de reabilitação no cenário 2. ... -	67
Tabela 14- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva do desvão após intervenção de reabilitação, no cenário 2. ....	70
Tabela 15- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva do pavimento interior após intervenção de reabilitação, no cenário 2. ....	71
Tabela 16- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva da parede interior após intervenção de reabilitação, no cenário 2... -	71
Tabela 17- Custo da energia (€/kWh) para cada fonte energética (Fonte: ERSE).....	78
Tabela 18- Custos de investimento e de energia e LCC do edifício 1, nos diferentes cenários (€/m <sup>2</sup> ).....	79
Tabela 19- Custos de investimento e de energia e LCC do edifício 2, nos diferentes cenários (€/m <sup>2</sup> ).....	79

Tabela 20- Custos de investimento e de energia e LCC do edifício 3, nos diferentes cenários (€/m2).....	80 -
Tabela 21- Custos de intervenção das medidas de melhoria do cenário 1 do Edifício Tipo.....	83 -
Tabela 22- Custos de intervenção das medidas de melhoria do cenário 2 do Edifício Tipo.....	84 -
Tabela 23- Custos de intervenção das medidas de melhoria do cenário 3 do Edifício Tipo.....	84 -
Tabela 24- Custos de intervenção e de energia e LCC para os diferentes cenários do Edifício Tipo (€/m2).....	85 -

## **Índice de Gráficos**

Gráfico 1- LCC para os diferentes edifícios no cenário Existente. ....	80 -
Gráfico 2 -LCC para os diferentes edifícios no cenário1. ....	81 -
Gráfico 3- LCC para os diferentes edifícios no cenário2. ....	81 -
Gráfico 4- LCC para os diferentes edifícios no cenário 3. ....	82 -
Gráfico 5- LCC para o Edifício Tipo, cenário existente.....	85 -
Gráfico 6- LCC para o Edifício Tipo, cenário 1 .....	86 -
Gráfico 7- LCC para o Edifício Tipo, cenário 2.....	86 -
Gráfico 8- LCC para o edifício tipo no cenário 3.....	87 -

# **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

## **1.1 - Enquadramento**

Uma das grandes preocupações nos tempos atuais é utilizar medidas e políticas que permitam reduzir as necessidades energéticas dos edifícios. O objetivo primordial dessas ações é que tenham efeito positivo na economia bem como no ambiente natural e urbano.

Sendo o consumo de energia uma questão de grande relevância em prol do desenvolvimento sustentável, é conveniente focar atenções no conceito da eficiência energética, sendo esta traduzida pela otimização do uso da energia, tanto a nível da sua produção como a nível da redução do respetivo consumo.

Segundo DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia, o consumo de energia primária nos edifícios é de cerca de 30% em Portugal e 40% nos edifícios da União Europeia. Contudo, este valor pode ser reduzido através da implementação de medidas de eficiência energética. [1].

Para tal, entrou em vigor em Portugal, em dezembro de 2013, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) [2], que apresenta novos requisitos e mais exigências a serem cumpridas de modo que as metas 20-20-20 propostas pela União Europeia sejam atingidas. Estas metas consistem em 20% de redução das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990, 20% de redução do consumo de energia primária e aumento em 20% de quota de energia proveniente de fontes renováveis, para o ano de 2020.

Perante este cenário exige-se o uso mais racional da energia e o recurso a fontes de energia alternativas.

Em Portugal, a primeira regulamentação, denominada RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, (Decreto Lei 40/90) entrou em vigor no início de 1991. A intenção principal desse regulamento foi a de melhorar as condições de conforto no interior dos edifícios, que eram, em geral, insatisfatórias e encorajar a obtenção desse conforto sem gasto excessivo de energia

Os benefícios conseguidos com o incremento do isolamento térmico são evidentes para minimizar as trocas de calor com o exterior e reduzir as necessidades de aquecimento/arrefecimento, pois quanto menor for o coeficiente de transmissão térmica, menores serão as perdas pela envolvente e, conseqüentemente, a promoção das

poupanças energéticas. Com as novas exigências regulamentares, este é um momento propício para a avaliação do impacto que envolventes mal isoladas de edifícios existentes do parque habitacional nacional terão no desempenho energético.

Em consequência, da constatação desse panorama, surgiu este trabalho, no qual se pretende investigar as possibilidades de reabilitação energética de edifícios existentes. Procura-se avaliar o nível de eficiência energética em que se encontram os edifícios e desenvolver uma análise económica sobre os níveis de qualidade propostos, cuja intenção é viabilizar propostas de reabilitação apoiadas numa avaliação económica que estará na base da tomada de decisão.

Quando se pretende reabilitar um edifício é preciso ter a consciência de que cada caso é um caso, não existe um fluxograma, mas sim um conjunto de princípios gerais que devem ser aplicados em função das condicionantes existentes. Estas condicionantes podem ser de várias naturezas desde limitações de cariz financeiro, compatibilidade de materiais ou processos construtivos.

Os fatores que explicam o fraco investimento na reabilitação em detrimento da construção nova são a dificuldade em cumprir a legislação da construção, a falta de informação acerca dos processos construtivos e materiais tradicionais e a inexistência de profissionais com formação adequada nas técnicas tradicionais.

## **1.2 - Objetivos**

O propósito fundamental deste trabalho é investigar os aspetos relacionados com a reabilitação energética dos edifícios existentes dentro de um quadro de análise custos/benefícios, perspetivando diferentes formas de evolução de subida de preços de energia durante um período de estudo considerado. Assim, este trabalho tem os seguintes objetivos específicos:

- Investigar os aspetos relacionados com a reabilitação energética de edifícios, dentro do quadro das estratégias para a eficiência energética de edifícios;
- Analisar o comportamento térmico de três edifícios, com arquitetura idêntica e a mesma localização geográfica, construídos antes da entrada em vigor do RCCTE;
- Estabelecer cenários de melhoria de desempenho energético dos edifícios, tendo em conta a envolvente e os sistemas técnicos;

- Avaliar a análise económica dos cenários propostos, perspetivando duas alternativas de evolução dos preços da energia.

### **1.3 - Estrutura da Tese**

Este trabalho final de mestrado encontra-se dividido em seis capítulos, incluindo a introdução e conclusão. Neste capítulo introdutório serão apresentados os pontos que irão ser tratados ao longo do trabalho. É realizado um enquadramento geral e são definidos os objetivos deste trabalho bem como a estrutura e metodologia adotadas.

O segundo capítulo é dedicado à revisão do estado da arte, no qual é explanada a informação reunida e disponível sobre esta temática. É descrita a fundamentação do trabalho, abordando a temática do uso da energia no mundo, é apresentada a forma como a reabilitação de edifícios está enquadrada, nacional e internacionalmente, e em que isso se traduz em termos energéticos. É feita uma ligeira abordagem à legislação, nomeadamente ao Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) vigente em Portugal, onde se apresenta a evolução da regulamentação energética, da forma como está estruturada e as transformações legais ocorridas no sentido de tornar o edificado em Portugal mais sustentável e eficiente. São também descritos alguns dados sobre o parque habitacional português e aborda-se a importância do isolamento térmico para a construção sustentável.

No terceiro capítulo são descritas as soluções de reabilitação existentes no mercado e constantes da literatura relevante, abordando-se ligeiramente as vantagens e desvantagens da aplicação das mesmas no edificado existente, e são analisados os processos construtivos e os materiais utilizados neste tipo de construção. São, ainda, apresentadas, de forma resumida, as técnicas mais usuais em reabilitação para que sejam cumpridos todos os requisitos mínimos em prol do conforto e qualidade de vida.

No quarto capítulo, são apresentados os três edifícios de estudo, com a caracterização dos mesmos a nível de clima, soluções construtivas e restante informação necessária à aplicação do RCCTE. São calculados os coeficientes de transmissão térmica e apresentadas as plantas e alçados dos edifícios. Segue-se o estudo sobre os três cenários de intervenção propostos para cada edifício.

No quinto capítulo é feita uma avaliação económica (custo/benefício) dos cenários de intervenção propostos, analisados em termos de desempenho energético e em termos de

eficiência económica. São analisados e discutidos os resultados dos casos de estudo apresentados.

Por último, no sexto capítulo, para além das conclusões do presente trabalho são propostos alguns temas importantes, neste contexto, para trabalhos futuros.

#### **1.4 - Metodologia**

Para concretizar os objetivos pretendidos na realização deste trabalho, são selecionados três edifícios para análise. A metodologia para levar a cabo a referida análise compreende a caracterização dos edifícios no estado existente e a simulação do desempenho dos mesmos, com cenários de propostas de melhoria, tendo em conta as necessidades nominais de energia e custos de investimento. A base da análise energética será a metodologia do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH). Os cenários propostos de melhoria são analisados individualmente, seguindo-se uma análise mais abrangente, com o estudo de um edifício tipo, com base nos três edifícios analisados.

A metodologia inclui também uma análise económica da relação custo/benefício das soluções propostas. Esta será realizada para os cenários propostos analisados em termos de desempenho energético e de avaliação dos custos de investimento nas intervenções propostas.

## CAPÍTULO 2 – ESTADO DA ARTE

### 2.1 - A Energia no Mundo

Os recursos energéticos são o foco de interesses estatais, gerando disputas geopolíticas desde a primeira Revolução Industrial. Na segunda metade do século XX, com a expansão do meio urbano-industrial, principalmente, na América Latina e Sudeste Asiático e, conseqüentemente, com o crescimento populacional, houve um aumento exponencial da procura energética. Nos últimos anos, a questão energética traz novas discussões para a agenda: agências internacionais, estados e a sociedade em geral debatem sobre os problemas de consumo dos recursos naturais, mudanças climáticas e, principalmente, a segurança energética dos países mais ricos.

Existe uma nova realidade no sector da energia a nível mundial, o consumo irá estabilizar nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) e continuar a crescer nos restantes países, Figura 1 [3]

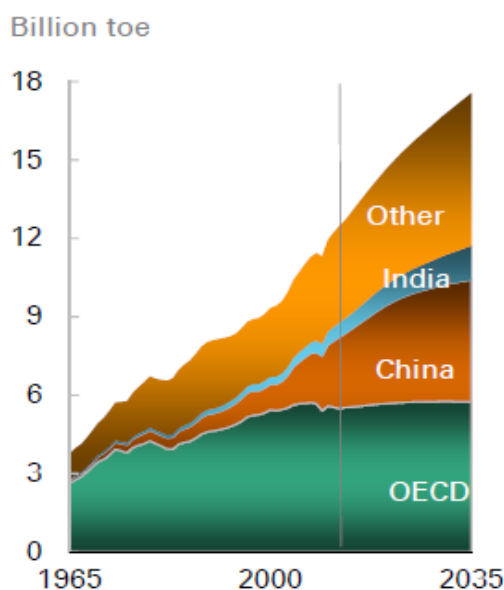


Figura 1 - Consumo da energia primária por região durante o período de 1965 até 2035 (Fonte: BP Energy Outlook)

O gás e as renováveis serão as fontes de energia cujo consumo mais aumentará no futuro. A desaceleração do crescimento da China e da industrialização mundial terá efeitos ao nível do consumo de carvão, Figura 2.[3]

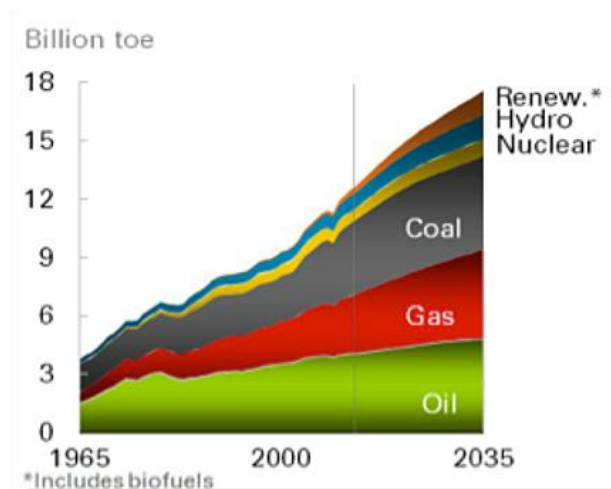


Figura 2 - Consumo de energia por fonte durante o período de 1965 até 2035 (Fonte: BP Energy Outlook)

## 2.2 - A Energia em Portugal

Nos últimos anos, as medidas implementadas em Portugal relacionadas com fontes alternativas de energia permitiram ao país alcançar um patamar de excelência naquele que é hoje o desígnio do século XXI: a construção de um futuro sustentável. Um futuro sustentável para a sociedade, para a economia e para o ambiente. A energia assume aqui um papel crucial e um vetor de progresso indispensável para se conseguir superar as dificuldades atuais.

O ano de 2015, apesar de ter sido um ano seco e quente, encerra com a eletricidade renovável em posição de liderança na produção nacional de eletricidade. As fontes de energia renováveis contribuíram com 48,2% para a satisfação do consumo em Portugal Continental, sendo os restantes 47,3% das fontes de origem fóssil e 4,5% do saldo importação-exportação, Figura 3 [4]

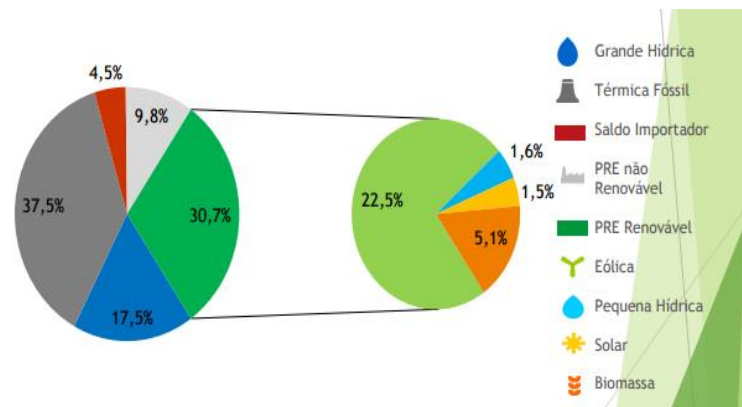


Figura 3 -Repartição das fontes na geração de eletricidade em Portugal Continental no final de 2015, com especial ênfase nas fontes renováveis. (Fonte: REN, dezembro 2015; Análise APREN)

Analisando a figura anterior, destaca-se na primeira posição a produção de origem eólica com 22,5%. A produção de energia hídrica apresentou uma contribuição global de 19,1% em que 17,5% resultou da grande hídrica e 1,6% da pequena hídrica. Para o fecho do balanço da repartição renovável, tem-se a biomassa com 5,1% e a solar fotovoltaica com 1,5%. Realça-se ainda que, apesar de uma reduzida contribuição, a tecnologia fotovoltaica apresentou sucessivos records de produção ao longo do ano, verificando-se uma gradual tendência de crescimento da potência instalada.

### 2.2.1 - Contribuição das energias renováveis para o desenvolvimento nacional

A Natureza coloca à disposição diversas fontes de energia, algumas delas de origem renovável, como o Sol, o Vento, a Água, a Geotermia e a Biomassa. Mas o aproveitamento e gestão dos recursos existentes ainda não permite a independência energética do país. Um objetivo e um caminho que está a ser assumido como prioritário pelos países europeus e as grandes potências mundiais. A segurança energética é hoje uma das principais preocupações da União Europeia. Até lá chegar, é necessário fazer as apostas certas, gerir os recursos existentes, apostar na nossa tecnologia, nos nossos edifícios, nas nossas cidades e transportes com a máxima eficiência, tendo em vista a redução dos consumos energéticos. [5]

### **2.2.2 - A estratégia para a energia em Portugal**

A política energética portuguesa da primeira década de 2000 ficou marcada por investimentos significativos em fontes de energia renovável. Com o advento da crise económica e novas orientações políticas, os principais documentos da estratégia para a energia – o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) - foram revistos numa lógica de racionalidade económica e de sustentabilidade. A racionalidade económica está na base do novo modelo energético que resulta, por um lado, da conjugação entre a adoção de medidas de eficiência energética e a utilização de energia proveniente de fontes endógenas renováveis e, por outro, da redução dos sobrecustos que oneram os preços da energia” [5]

Pretende-se assegurar uma melhoria substancial da eficiência energética, sobretudo, através da execução dos agora revistos PNAEE e PNAER, instrumentos de planeamento energético, pensados inicialmente como ferramentas independentes e que agora aparecem de uma forma articulada. O objetivo da nova estratégia é que o PNAEE e PNAER, revistos e pensados em conjunto, levem Portugal a cumprir todos os compromissos assumidos de forma economicamente mais racional.

No que respeita à Eficiência Energética, o PNAEE 2016 prevê uma poupança induzida de 8,2%, próxima da meta indicativa definida pela União Europeia de 9% de poupança de energia até 2016. Os contributos na redução dos consumos energéticos estão distribuídos pelos vários setores de atividade. Depois dos resultados do PNAEE 2008, o atual Plano passa a abranger seis áreas específicas: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura.

No que concerne ao PNAER 2020, o plano prevê uma redução de 18% na capacidade instalada em tecnologias baseadas em fontes renováveis (FER), face ao anterior plano, com a quota de eletricidade de base renovável no novo PNAER a ser superior (60% vs. 55%), tal como a meta global a alcançar, que deverá situar-se em 34,5% (face à meta de 31%) e no caso dos transportes 11,3%.

O PNAER estabelece, para tal, as trajetórias de introdução de FER em três grandes sectores, nomeadamente, aquecimento e arrefecimento, eletricidade e transportes. O estabelecimento deste horizonte temporal de 2020, para efeitos de acompanhamento e monitorização do impacto estimado no consumo de energia primária, permite perspetivar antecipadamente o cumprimento das novas metas assumidas pela UE, de

redução de 20% dos consumos de energia primária até 2020. Bem como o objetivo geral de redução no consumo de energia primária de 25% e o objetivo específico para a Administração Pública de redução de 30%, sendo expectável que se continue a verificar uma evolução favorável da meta global de utilização de FER no horizonte 2013 -2020. [5]

### **2.2.3. - Energia, a Europa e o futuro**

Reduzir o consumo energético, a emissão de gases com efeito de estufa e a dependência do exterior são atualmente prioridades da Europa. Uma Europa que se quer sustentável e segura do ponto de vista do abastecimento de energia. A eficiência energética e o recurso a fontes de energias alternativas são os dois caminhos propostos para alcançar esses objetivos. A meta dos 20-20-20 – uma quota de 20% de energias renováveis, 20% de eficiência energética e uma redução de 20% na emissão de gases com efeitos de estufa para o ano de 2020 – tem orientado os países europeus na definição de políticas que permitam prosseguir esse caminho.

A crise económica que se vive no seio da Europa compromete seriamente estes objetivos, mesmo aqueles que à partida estavam assegurados, como é o caso da meta para as renováveis. As dificuldades financeiras mundiais mudaram alguns dos vetores da política energética traçada e os ajustamentos serão inevitáveis. Com eles surgem algumas dificuldades, mas também novas oportunidades para as empresas. À eficiência energética e à sustentabilidade junta-se a poupança como um motor decisivo no aparecimento de novas linhas de orientação e novas áreas de negócio. Ao mesmo tempo, à medida que 2020 se torna um horizonte cada vez mais próximo, é urgente começar a pensar no médio e longo prazo e ajustar as estratégias aos tempos que hoje vivemos. Os países europeus têm-se apercebido de que um futuro sustentável passa pela definição das metas para lá de 2020, mas, acima de tudo, das estratégias para as alcançar.

Em março de 2011, a Comissão Europeia apresentou os seus planos para a eficiência energética e o roteiro para uma economia de baixo carbono em 2050, que prevê a redução de entre 80 a 90% das emissões de gases com efeito de estufa face a níveis de 1990. A Europa sabe que, se até 2050, não fizer a transição para uma economia hipocarbónica, o seu futuro está comprometido. [5]. Os esforços convergem já nesse sentido: o “Roteiro para a Energia 2050”, apresentado pela Comissão Europeia em

finais de 2011, apresentou os caminhos possíveis a seguir, que passam pela descarbonização do sistema energético, eficiência energética e energias renováveis, investimentos precoces e economias de escala. É nesse sentido que vão surgindo vários instrumentos políticos, do qual se destaca a Diretiva para a Eficiência Energética que tenta recuperar o fôlego europeu face à meta de 2020.

#### 2.2.4 - Descarbonização da eletricidade

Os resultados obtidos por Portugal na descarbonização da eletricidade são dos indicadores mais notáveis de modernização do nosso País, colocando-nos no plano da produção na primeira linha da transição energética à escala global.

O investimento feito na investigação e na inovação nos modelos de produção e distribuição da energia renovável com recursos endógenos permitiu que Portugal seja hoje um dos países que tem uma base de produção de eletricidade descarbonizada mais próxima do mercado, ou seja com preços que se tornam cada vez mais competitivos e modelos de cadeia de valor que são cada vez mais robustos.

O passo seguinte é fazer chegar esta eletricidade descarbonizada a todo o lado em particular aos transportes individuais e coletivos. Aquilo que em muitos países se designa por mobilidade elétrica, em Portugal poderá designar-se por mobilidade limpa e isso fará toda a diferença na nossa economia e será um enorme contributo que daremos numa fronteira tecnológica onde já estivemos e à qual com vontade política podemos voltar, Figura 4 [4]

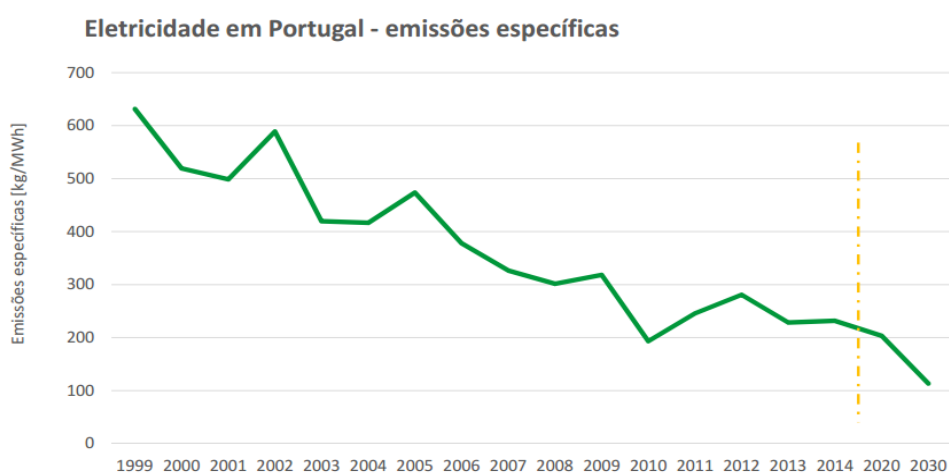


Figura 4 -Evolução da descarbonização da eletricidade em Portugal no período entre 1999 e 2030 (Fonte: REN, ERSE, Deloitte, análise APREN)

## **2.2.5 - Dependência energética**

Um dos maiores eixos estratégicos para o desenvolvimento sustentável mundial é atualmente a redução significativa dos consumos energéticos. Este objetivo só pode ser alcançado através do desenvolvimento e utilização de sistemas e equipamentos de elevada eficiência energética e da alteração dos hábitos de consumo das populações.

A dependência energética de Portugal é elevada, cerca de 79.2% de toda a energia consumida é importada, [6] o que coloca o País numa posição vulnerável relativamente às flutuações externas do preço da energia.

### **2.2.5.1- Evolução da taxa de dependência energética**

A maior utilização dos recursos endógenos renováveis para a produção de eletricidade permitirá reduzir a taxa de dependência energética em 17,3 pontos percentuais (p.p.) em 2030.

A partir de 2005 verificou-se a quebra da correlação entre o regime hidrológico e a dependência energética e mesmo em anos mais secos, a dependência energética diminuiu, graças à produção de eletricidade renovável não hídrica, em particular a eólica.

Em 2014 a dependência energética situou-se em 71,4%, representando uma redução de 1,3 p.p. face a 2013 e uma redução de 16,4 p.p. face a 2005, ano em que se verificou a dependência energética mais elevada dos últimos anos. Esta redução deveu-se em grande parte ao aumento da produção Hídrica e Eólica e também ao aumento das exportações de Produtos Petrolíferos. Espera-se que a dependência energética portuguesa diminua de mais de 90% em 2005 para 68% em 2030, ou mesmo para 65% no cenário exportador, Figura 5.

De forma a reduzir esta dependência será necessário, além de reduzir os consumos energéticos, privilegiar a produção e aproveitamento endógeno de energia, em especial das energias renováveis. [4]

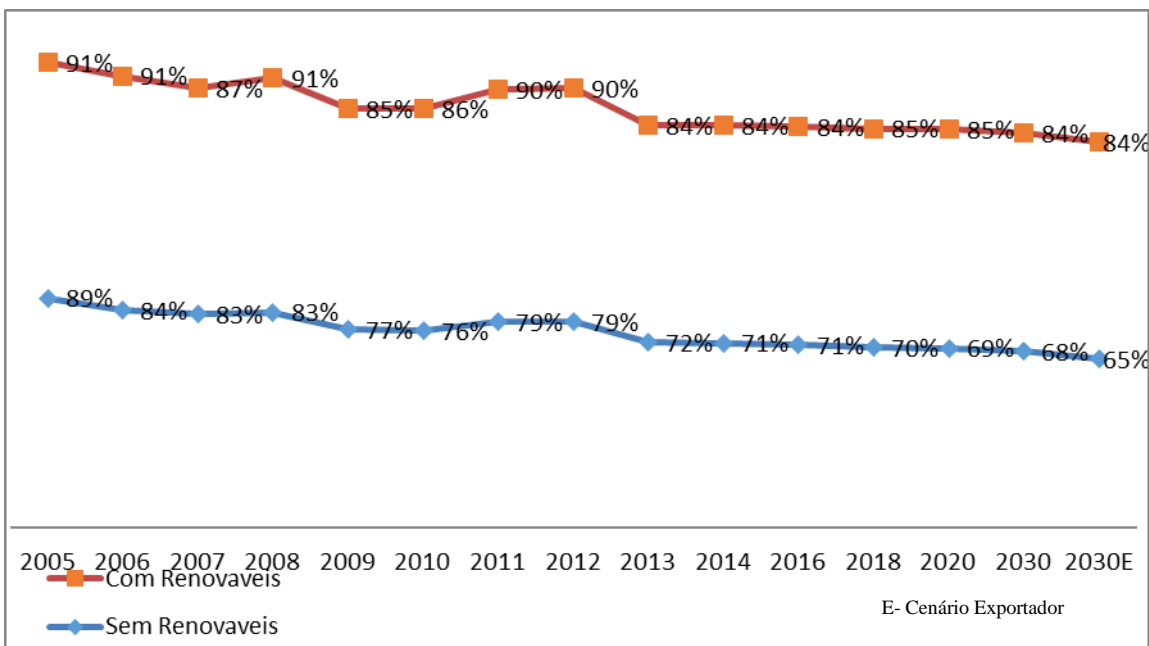


Figura 5 -Evolução da taxa de dependência energética (Fonte: Impacto Macroeconómico do Setor da Eletricidade Renovável em Portugal, Deloitte, setembro 2014)

### 2.3 – Enquadramento Político – Legal

A partir da década de 70 do século passado, a Europa tem atravessado uma difícil situação económica. Surgiu a primeira crise do petróleo que conduziu a um crescente aumento dos custos de energia. Desde então, a garantia do suprimento de energia em níveis adequados às necessidades passou a ser uma grande preocupação. Este facto, aliado a um aumento da aspiração da população a melhores condições de higiene e conforto nos edifícios, levou ao incremento de estratégias de dinamização e aperfeiçoamento de condições naturais para otimização das condições térmicas.

#### 2.3.1 - Evolução legislativa

Surge então, em 1991, a primeira regulamentação térmica em Portugal, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Este regulamento tinha por objetivo impulsionar a introdução de aspetos térmicos e energéticos no processo de projeto, provocar melhorias das condições de conforto no interior, sem que, no entanto, se verificasse um acréscimo do consumo de energia e introduziu requisitos mínimos na envolvente. A primeira versão do RCCTE, embora pouco exigente, introduziu o recurso quase sistemático ao isolamento térmico na

construção e foi o primeiro Regulamento Europeu que levou em consideração o conforto no verão. [7]

Posteriormente, em 1998, surgiu o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), no qual foram estabelecidos limites e restrições na instalação e utilização de equipamentos e sistemas [7]. Contudo, estes dois regulamentos não foram suficientes para reduzir o consumo energético dos edifícios e de torná-los mais eficientes. Aliado à crescente preocupação com a emissão de gases poluentes que contribuem para o aquecimento global, em 2001, a Comissão Europeia lançou uma proposta de diretiva sobre o desempenho energético de edifícios, que viria a ser aprovada a 16 de dezembro de 2002 - Diretiva 2002/91/CE, de 16 de dezembro de 2002 [8]

### **2.3.2 – Diretivas Europeias**

A Diretiva Europeia 2002/91/CE foi desenvolvida para fazer face à necessidade de uma edificação mais “sustentável”, devido ao progressivo aumento das necessidades de conforto exigidas, sem esquecer, no entanto, as preocupações ambientais crescentes. Os seus objetivos assentavam, essencialmente, em aumentar as exigências regulamentares relativas à qualidade térmica dos edifícios novos de forma a reduzir o consumo energético e identificar melhorias de eficiência energética a adotar para edifícios existentes. Para isso, a Diretiva estabelecia uma metodologia de cálculo da eficiência energética, definia requisitos mínimos a satisfazer, impunha a emissão de Certificados Energéticos a Edifícios para as diversas situações de transação, remodelação e aluguer, bem como para todos os edifícios de serviço com mais de 1000 m<sup>2</sup>, obrigava a inspeção periódica de caldeiras e sistemas de climatização e devia garantir que estas duas últimas fossem efetuadas por peritos e inspetores qualificados e/ou acreditados para tal. Estas medidas contribuíram para a reestruturação e melhoramento da regulamentação [7]. Após a criação da diretiva n. °2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2002, o Estado Português promoveu, com forte dinamismo, a eficiência energética dos edifícios e, por essa via, adquiriu uma experiência relevante, que se revelou não só na eficácia do sistema de certificação energética, mas também no diagnóstico dos aspetos cuja aplicação prática se revelou passível de melhoria. A 19 de maio de 2010 esta diretiva foi reformulada a fim de clarificar alguns dos princípios do texto inicial e introduzir novas disposições que visam o reforço do quadro de promoção

do desempenho energético nos edifícios, à luz das metas e dos desafios acordados pelos Estados-Membros para 2020, resultando na publicação da diretiva n.º 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010 [9]

### **2.3.3 – Regulamentação térmica em Portugal**

A 4 de Abril de 2006, por transposição da diretiva europeia 2002/91/CE para o direito nacional, foram publicados três documentos legislativos que estiveram em vigor até 30 de Novembro de 2013: o Decreto-Lei n.º78/2006, que implementava o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) e as respetivas regras de funcionamento; o Decreto-Lei n.º79/2006, que correspondia a uma revisão do já existente Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE), que incluía disposições para a inspeção regular todos os equipamentos; e o Decreto-Lei 80/2006, que correspondia a uma revisão do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [8]. Estes regulamentos vieram introduzir as alterações necessárias para a implementação da diretiva europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios e introduzir mudanças verificadas nos hábitos de construção, levando à contenção de despesas e, ao mesmo tempo, melhorando a qualidade do ambiente interior. O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior (SCE) assegura a aplicação dos regulamentos, informa os consumidores quanto à qualidade térmica dos edifícios por meio de certificados de desempenho energético e da qualidade do ar interior e identifica medidas corretivas ou de melhoria, pressionando os empreendedores, para a construção de novas edificações, ou reabilitação de existentes, com melhor qualidade ambiental e conforto. Este sistema de certificação é gerido pela Agência para a Energia (ADENE), a qual tem por competência a criação do modelo de certificado do desempenho energético e da qualidade do ar interior para a classificação das edificações. A aplicação do certificado do desempenho energético passou a ser obrigatório desde 1 de julho de 2008 a todos os edifícios de serviço ou habitação com pedido de licenciamento feito a partir dessa data [7]. A versão do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) de 4 de abril de 2006 manteve os objetivos do regulamento anterior: controlar os consumos energéticos e aumentar o nível de exigência da qualidade térmica da envolvente do edifício. Para além da divisão das necessidades entre a estação de aquecimento e a estação de arrefecimento, já contemplado no regulamento de 1990, acrescentou as necessidades de

energia para a preparação de águas quentes sanitárias, apoiado em valores climáticos atualizados, consequência originada pela obrigação da implantação de sistemas que recorrem a energias renováveis (painéis solares). Este regulamento estabelecia valores máximos de necessidades nominais de energia útil de aquecimento, de arrefecimento e de preparação de águas quentes sanitárias (AQS), bem como para as necessidades globais de energia primária, os quais não podiam ser excedidos para qualquer edifício de habitação ou de serviço abrangidos.

Em parceria com um conjunto de características mínimas exigidas das propriedades térmicas da envolvente, pretendia-se minimizar as situações patológicas nos elementos de construção, tendo em vista o aumento da sua durabilidade, satisfazendo as exigências de conforto, sem o dispêndio excessivo de energia [10]. Mais tarde, para assegurar a transposição da diretiva europeia n.º2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, surgiu o Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de Agosto, que também serviu para a revisão da legislação nacional, que se resume em melhorias ao nível da sistematização e âmbito de aplicação, aglutinando, num só diploma, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), sendo os últimos dois, parte integrante do primeiro [9]. Esta versão da legislação nacional, em vigor desde 30 de novembro de 2013, mantém os objetivos do RCCTE e promove a harmonização concetual e terminológica, a facilidade de interpretação por parte dos destinatários das normas e a separação clara do âmbito de aplicação do REH e do RECS, passando o primeiro a incidir, exclusivamente, sobre os edifícios de habitação, e o segundo, sobre os edifícios de comércio e serviços. Para além desta divisão, são ainda definidos princípios gerais, concretizados em requisitos específicos para edifícios novos, edifícios sujeitos a grande intervenção e edifícios existentes [10]

#### **2.4 – Certificação energética de edifícios em Portugal**

Portugal está no pelotão da frente da Europa, a par da Dinamarca, Holanda, Alemanha e Irlanda, no que diz respeito à legislação sobre eficiência e certificação energética em edifícios, sendo reconhecidamente um dos cinco países da União Europeia com melhor processo de certificação energética de edifícios. [11]

O Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) é um instrumento de política energética cuja implementação nos diversos Estados-Membros da União Europeia deriva de uma diretiva. A implementação deste sistema tem contribuído para o crescente destaque dos temas relacionados com a eficiência energética e utilização de energia renovável nos edifícios, e para uma maior proximidade entre as políticas de eficiência energética, os cidadãos e os agentes de mercado.

Hoje assume-se como um importante mecanismo de informação relativa aos edifícios, de diferenciação num contexto de promoção e de produção de estatística nacional.

#### **2.4.1 - Regulamento do sistema de certificação energética (SCE) em edifícios**

Em julho de 2007 entrou em vigor o DL 80/2006, que implementou o Sistema de Certificação Energética de Edifícios em Portugal (SCE). Desde então, já foram emitidos mais de 800 mil certificados, cerca de 80% dos quais respeitantes a edifícios existentes e 20% correspondentes a nova construção, pelos mais de 1300 Peritos Qualificados formados especificamente para o efeito. [12]

Dois momentos marcaram a evolução da certificação energética em Portugal:

1 - janeiro de 2009, altura em que a apresentação do certificado energético passou a ser condição obrigatória aquando da celebração de contractos de venda e de locação.

2 - dezembro de 2013, momento da entrada em vigor da revisão legislativa (DL118/2013) que passou a obrigar a que a certificação de um imóvel se faça sempre antes da sua publicitação de venda ou aluguer.

O SCE juntamente com o RCCTE e o RSECE são os três pilares sobre os quais assenta a nova legislação relativa à qualidade térmica dos edifícios em Portugal e que se pretende venha a proporcionar economias significativas de energia para o país em geral e para os utilizadores dos edifícios, em particular.

O SCE surge com o objetivo de melhorar o desempenho energético e ambiental do parque edificado, servindo como uma ferramenta que permite, através da aplicação de metodologias específicas, incentivar a redução das necessidades de energia dos novos edifícios, ou sujeitos a reabilitações, e a identificação da oportunidade de medidas de melhoria nos edifícios existentes. A implementação do SCE decorreu da transposição da Diretiva Europeia sobre o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD), que levou ao incremento de requisitos relativamente aos elementos construtivos, sistemas energéticos

e utilização de energias renováveis, que foram posteriormente objeto de uma revisão da regulamentação nacional existente (Regulamento das Características de Comportamento Técnico dos Edifícios-RCCTE e o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios - RSECE), para dar resposta às exigências impostas.

Decorrentes da entrada em vigor dos novos regulamentos (2007), todos os edifícios que iniciaram o processo de licenciamento possuem um certificado energético emitido por um Perito Qualificado, o qual verifica o cumprimento dos requisitos técnicos e atribui uma classe energética ao imóvel. No caso dos edifícios existentes, desde 2009 que estes têm obrigatoriamente que possuir um certificado energético a quando de uma transação comercial de venda, locação ou arrendamento. [12]

Em 2010, a EPBD foi reformulada pela Diretiva 2010/31/EU que veio trazer novos desafios na promoção do desempenho energético dos edifícios, com especial enfoque para o aproveitamento da oportunidade nesse âmbito na reabilitação do parque edificado.

#### **2.4.2 – Certificação energética de Edifícios**

A certificação energética de edifícios permite aos utilizadores dos edifícios obter informação sobre o desempenho energético dos mesmos. Para além desse aspeto serve igualmente, em contexto de edifícios novos, de mecanismo de verificação do cumprimento dos requisitos térmicos a que esses edifícios estão sujeitos. Já no que respeita aos edifícios existentes, reveste de importante elemento de promoção, bem como de identificação de quais as medidas que podem conduzir a uma melhoria no desempenho energético e conforto, Figura 6.[5]

Nessa medida estão abrangidos pelo Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE), os seguintes edifícios:

- Todos os edifícios novos;
- Todos os edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, ou seja, intervenções na envolvente ou nas instalações técnicas do edifício, cujos custos sejam superiores a 25 % do valor do edifício, nas condições definidas em regulamento próprio;

- Os edifícios de comércio e serviços existentes com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m<sup>2</sup>, ou 500 m<sup>2</sup> no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;
- Os edifícios que sejam propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento ocupada por uma entidade pública e frequentemente visitada pelo público superior a 500 m<sup>2</sup>;
- Todos os edifícios existentes, quer de habitação quer de serviços, aquando da celebração de contratos de venda e de locação, incluindo o arrendamento, casos em que o proprietário deve apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado emitido no âmbito do SCE.

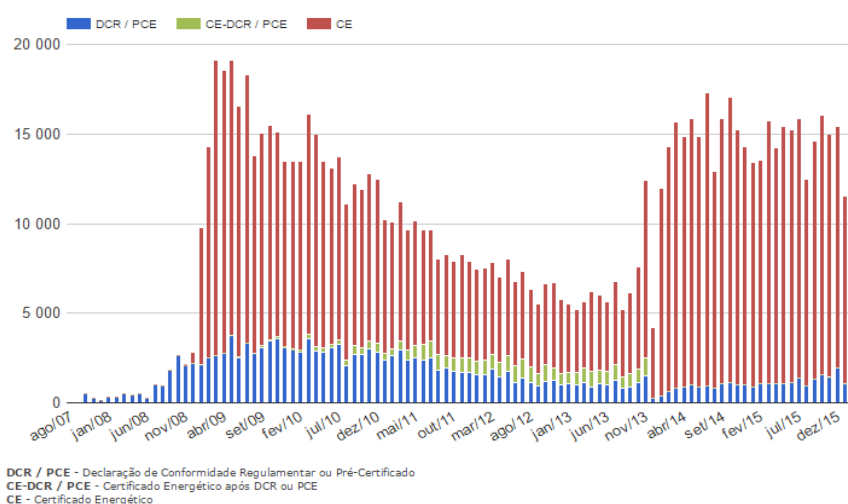


Figura 6 -Evolução do numero de certificados energéticos emitidos em Portugal (Fonte: ADENE)

### **2.4.3 - Impacto do SCE na promoção da eficiência dos edifícios novos versus edifícios existentes**

#### **2.4.3.1 - Impacto do SCE na promoção da eficiência dos edifícios novos**

A esmagadora maioria da construção nova (ou alvo de grande reabilitação) tem hoje melhor isolamento térmico, caixilharias e sistemas de climatização muito mais eficientes do que a construção anterior a 2007. A utilização de energias renováveis para aquecimento de água (painéis solares térmicos) é hoje a regra e não a exceção devido ao impulso dado pelo SCE.

É, assim, inquestionável que o SCE está a dar um enorme contributo para a melhoria da qualidade da construção nova em Portugal, pois os seus rigorosos requisitos mínimos e índices, bem como uma elevada taxa de implementação, transformaram para melhor, e em poucos anos, a construção nova em Portugal. [13]

#### **2.4.3.2 - Impacto do SCE na promoção da eficiência dos edifícios existentes**

A certificação dos edifícios existentes (80% dos edifícios) nunca foi tão bem-sucedida, quer na sua taxa de implementação, quer na afirmação da sua mais-valia intrínseca, como a certificação dos edifícios novos ou alvo de grandes intervenções.

As duas principais mais-valias de um certificado de um edifício existente são:

- Disponibilizar informação sobre o desempenho e classe energética que permite a um potencial comprador ou locatário efetuar uma escolha mais informada e consciente.
- Propor medidas de melhoria, que após implementação, permitem reduzir consumos e aumentar a eficiência.

As medidas de melhora propostas no certificado têm hoje o devido destaque no certificado e têm recebido bastante atenção por parte quer do legislador, quer do regulador (Agencia para a Energia), quer dos próprios peritos e empresas de certificação. Os modelos de certificado foram atualizados (em fevereiro de 2015) para poderem disponibilizar ainda mais informação de qualidade relativamente às medidas de melhoria.

A esmagadora maioria dos certificados de edifícios existentes apresentam uma ou mais propostas de melhoria, sejam elas de envolvente térmica (isolamentos de coberturas e paredes), de equipamentos (aquecimento de águas e climatização) ou de energias renováveis (solar térmico).

Estas propostas quantificam custos de implementação e poupança estimadas e definem as principais características técnicas das soluções propostas. No entanto, a proposta de melhoria, por si só, não tem resultados práticos. Há que conseguir implementar a mesma para obter poupança.

#### **2.4.4 - Classes de desempenho energético em edifícios**

A classe energética indicada na certificação energética (CE) é calculada com base nas características construtivas do imóvel (orientação, paredes, pavimentos, coberturas, portas e janelas), a existência ou não de aproveitamento de energias renováveis, a forma e sistema de ventilação (natural ou mecânica), a eficiência e o tipo de combustível usado nos sistemas de climatização e de produção de águas quentes sanitárias (AQS).

Com base na tipologia do imóvel, a CE apresenta uma estimativa das necessidades anuais de energia primária que traduz o consumo de energia necessária para manter a habitação em condições de conforto (climatizada) e para produção de AQS. Não inclui a energia despendida na iluminação e pelos eletrodomésticos.

Os valores indicativos de energia primária são calculados por m<sup>2</sup> de área de habitação e por ano, permitindo comparar diferentes imóveis entre si. O consumo real de energia (indicado nas faturas de gás e eletricidade) poderá ser diferente e dependerá dos padrões de utilização dos ocupantes da habitação, ou seja, o consumo é estimado em condições nominais, mas o consumo real dependerá do comportamento dos utilizadores da fração.

A classificação do edifício segue uma escala pré-definida de 8 classes [5] (A+, A, B, B-, C, D, E, F e G), em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético, e a classe F corresponde a um edifício de pior desempenho energético, Figura 7.

		Classe energética	Comparação com consumo de referência	
Edifícios existentes	Edifícios novos	A+	25% ou menos do consumo de referência	
		A	Entre 26% a 50%	
		B	51% a 75%	
		B-	76% a 100%	Consumo
		C	101% a 150%	Referência
	Edifícios existentes	D	151% a 200%	
		E	200% a 250%	
		F	Entre 251% a 300%	
		G	Mais de 300% consumo de referência	

Figura 7 -Classificação dos edifícios, em comparação com o consumo de referência.

Nos edifícios novos (com pedido de licença de construção após entrada em vigor do SCE), as classes energéticas variam apenas entre as classes A+ e B-, sendo esta última o limiar inferior a que estes edifícios estão sujeitos, Figura 8. Os edifícios sujeitos a grandes intervenções têm um limiar inferior C. Já os edifícios existentes poderão apresentar qualquer classe.

Certificação Energética em Portugal

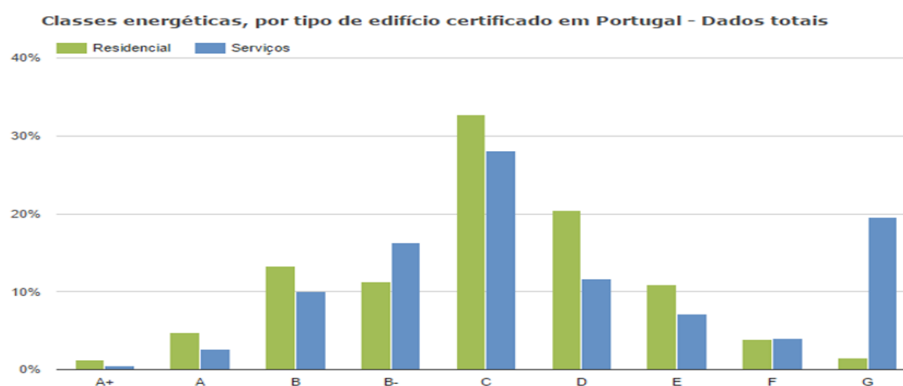


Figura 8 -Classes Energéticas, por tipo de edifício certificado em Portugal (Fonte: INE)

## 2.5 – Breve Caracterização do parque habitacional Português

A dinâmica do parque habitacional português caracterizou-se principalmente por um ritmo construtivo que foi reflexo da forte expansão que o mercado imobiliário teve nas décadas de 1980 e 1990 do século passado, embora com muito menor intensidade no período 2001-2011 [14]. A intensidade da produção habitacional e a grande expressão da construção nova foram duas características gerais que marcaram o território nacional,

com maior preponderância até ao ano de 2003. De uma forma geral, o acréscimo da construção desde o início da década de 1980, deveu-se, sobretudo, ao crescimento excepcional do número de alojamentos. A construção de novos alojamentos teve o seu pico em 2001, destacando-se mais claramente nas obras concluídas. Tal comportamento deveu-se, em parte, ao aproveitamento de uma conjuntura muito favorável para o sector da construção, devido à elevada procura de alojamentos novos. A tendência decrescente observou-se em todo o tipo de construção, mas com particular intensidade na construção de edifícios para habitação, onde se aferiu um decréscimo muito acentuado na última década, face às décadas precedentes, Figura 9.

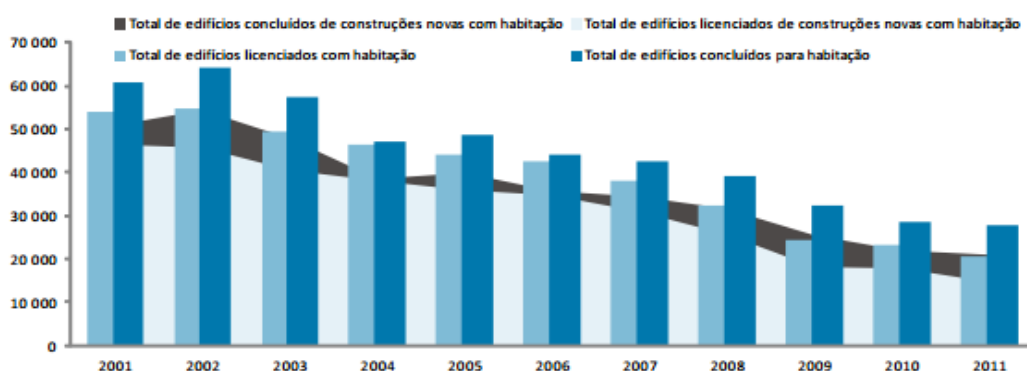


Figura 9 — Evolução dos edifícios licenciados e dos edifícios concluídos com habitação, 2001-2011(Fonte: INE)

### 2.5.1 - Evolução do parque habitacional em Portugal

Em 2014 o número de edifícios licenciados em Portugal diminuiu 5,5% face ao ano anterior (-23,2% em 2013), tendo sido licenciados 15 458 edifícios, o que resultou num abrandamento da tendência de redução que se vem registando desde 2000. [14]

Em 2014, o parque habitacional português foi estimado em 3 588 239 edifícios e 5 936 689 alojamentos, o que corresponde a um acréscimo de 0,2% face a 2013, tanto nos edifícios como nos alojamentos.

O parque habitacional do país cresceu a uma taxa anual média superior a 1% até 2008. A partir desse ano, as taxas de variação têm vindo a diminuir, registando um mínimo de 0,2% em 2014. [14]

A distribuição dos edifícios pelas várias regiões do país não sofreu alterações muito significativas no período 1991-2014.

Em 2014, a região Norte concentrava a maior proporção do parque habitacional do país, com 34,2% dos edifícios e 31,6% dos alojamentos. Seguiu-se a região Centro onde se localizavam 31,4% dos edifícios, mas apenas 24,7% dos alojamentos. À Área Metropolitana de Lisboa correspondiam 12,6% dos edifícios e 25,2% dos alojamentos do país, o que aponta para o claro predomínio da construção em altura nesta região, Figura 10.

As restantes regiões representavam, em conjunto, 21,8% do total de edifícios e 18,5% dos alojamentos existentes em Portugal. [14]

NUTS II	Edifícios				Alojamentos			
	1991	2001	2011	2014	1991	2001	2011	2014
	%							
<b>Norte</b>	34,2	34,8	34,2	34,2	30,8	31,9	31,5	31,6
<b>Centro</b>	31,8	31,4	31,4	31,4	25,7	25,4	24,7	24,7
<b>Área M. Lisboa</b>	12,5	12,4	12,7	12,6	25,5	24,4	25,3	25,2
<b>Alentejo</b>	11,3	11,1	10,8	10,8	8,9	8,4	8	8
<b>Algarve</b>	4,9	5,1	5,6	5,6	5,2	6	6,5	6,5
<b>Região Autónoma Açores</b>	2,8	2,7	2,8	2,8	2	1,8	1,9	1,9
<b>Região Autónoma Madeira</b>	2,4	2,4	2,6	2,6	1,9	2	2,2	2,2

Figura 10 -Distribuição dos Edifícios e dos Alojamentos, por NUTS II (1991, 2001, 2011 e 2014) (Fonte: INE, Estimativas do Parque Habitacional)

### 2.5.2 - Necessidades de reparação do parque habitacional

Considerando que 40% do parque habitacional Português apresenta necessidades de reparação, surge assim uma oportunidade para a realização de uma eficiente reabilitação térmica do parque habitacional, de acordo com o estabelecido nas últimas diretrizes da União Europeia, onde é imposta uma redução de 20% dos consumos energéticos até 2020, Figura 11 [15]

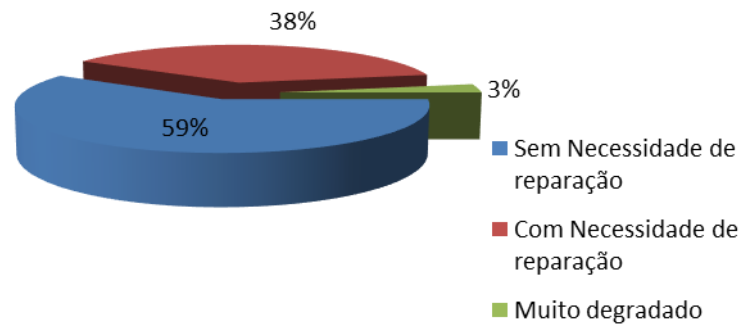


Figura 11 -Necessidades de Reparação do Parque Habitacional (Fonte: INE)

No entanto, atualmente grande parte das obras de reabilitação não estruturais de edifícios consistem apenas da substituição de materiais e/ou componentes degradados. Este tipo de intervenções resulta de forma sistemática em obras frequentes, caras e com poucos resultados práticos em termos de aumento da eficiência energética. Pode inclusivamente originar novos problemas nos edifícios, tal como o aparecimento de condensações locais ou de sobreaquecimento.

Apenas com intervenções de reabilitação integradas e bem estruturadas, que englobem medidas eficazes em termos de eficiência energética e económica, é possível tornar os edifícios reabilitados mais atrativos e competitivos, quando comparados com os edifícios novos.

### 2.5.3 - Construção nova Versus reabilitação

De acordo com o *Census* 2011, existiam em Portugal cerca de 3,5 milhões de edifícios, dos quais cerca de 500 mil com necessidades de médias a muito grandes reparações em elementos tão diversos e fundamentais tais como as coberturas, a estrutura, paredes e caixilharias exteriores.

No entanto, cerca de 1,9 milhões de edifícios têm mais de 35 anos e cerca de 3,3 milhões foram construídos anteriormente a 2006, ano da entrada em vigor do RSECE, traduzindo-se num parque edificado envelhecido e com fraco desempenho energético. Em Portugal, os edifícios são responsáveis por cerca de 60% do consumo de energia elétrica

Obras de reabilitação com maior peso relativo no total das obras concluídas:

As obras concluídas em construções novas continuaram a ser predominantes, representando 66,0% do total de obras concluídas em 2014 (em 2013 representavam

71,0% do total). A importância relativa das obras de reabilitação, no total das obras concluídas, aumentou de 29,0% em 2013 para 34,0% em 2014, embora essa variação se traduza numa diminuição em termos absolutos (5 053 edifícios concluídos em 2014 face a 6 249 edifícios concluídos em 2013).

Construções novas perderam cerca de 12 p.p. no seu peso relativo, entre 2009 e 2014

No período de 2009 a 2014 verificou-se que as obras de construção nova perderam importância relativa. Em 2009 o peso deste tipo de obras representou 77,7% do total das obras concluídas, tendo vindo a registar sucessivos decréscimos e correspondendo a 66,0% em 2014. Em oposição, as obras de ampliação e de reconstrução aumentaram o seu peso relativo nesse período. As obras de ampliação representavam 15,5% do total das obras de edificação concluídas em 2009, enquanto em 2014 correspondiam a 23,2% do total. Nas obras de reconstrução o aumento foi mais ligeiro, passando de um peso de 2,5% em 2009 para 4,8% em 2014, Figura 12.

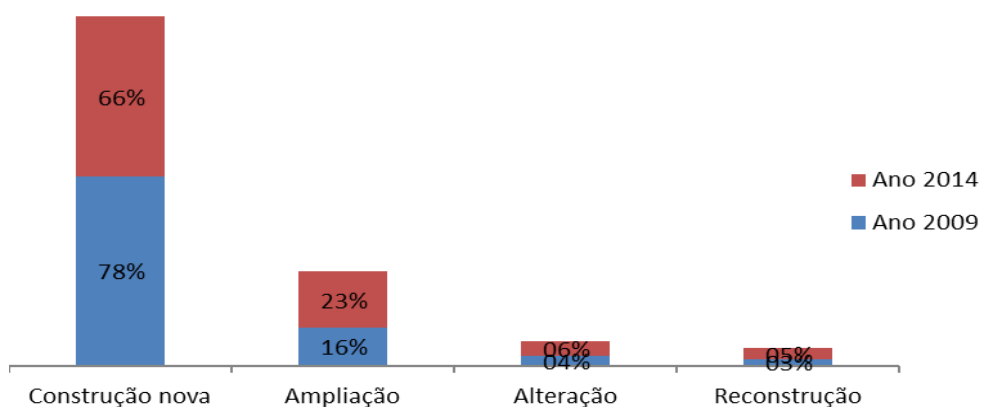


Figura 12 -Proporção de edifícios concluídos por tipo de obra para os anos 2009 e 2014 (Fonte: INE, Estatísticas das Obras Concluídas)

Verifica-se acentuado decréscimo de obras em geral e das obras de reabilitação em particular

A evolução das obras de reabilitação entre 2009 e 2014 registou sucessivos decréscimos, com exceção em 2013, ano em que se verificou um acréscimo de aproximadamente 2%. Em 2014 assistiu-se a uma acentuada diminuição de 19,1%, face ao ano anterior, conduzindo a um total de 5 053 edifícios concluídos resultantes de obras de reabilitação.

Esta tendência decrescente foi também evidenciada pelas construções novas, registando uma taxa de variação média anual de -180% no período 2009-2014, e atingindo um total de 9 793 edifícios concluídos em 2014 (-36,0% face a 2013), Figura 13. [14]

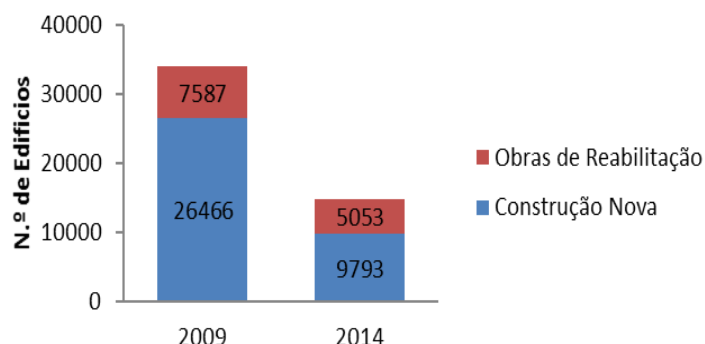


Figura 13- Evolução das obras de reabilitação e construção nova no total de obras concluídas no período de 2009 e 2014 (Fonte: INE, Estatísticas das Obras Concluídas)

## 2.6 – Reabilitação energética de edifícios e sustentabilidade

Construir edifícios eficientes é importante para o ambiente. Mas mais importante é reabilitar os que já existem, melhorando a sua eficiência. Esta é uma das melhores formas de promover o desenvolvimento sustentável no mercado habitacional, reduzindo a pegada ecológica do país.

Em Portugal, a maior parte dos edifícios necessários para o desenvolvimento socioeconómico do país já estão construídos. Assim, reabilitar edifícios existentes significa preservar uma grande parte dos elementos construídos, reduzindo a quantidade de demolições necessárias e das correspondentes reconstruções. Reabilitar energeticamente significa consumir menores quantidades de energia na produção e aplicação de produtos de construção, reduzir as emissões de CO<sup>2</sup> e limitar as quantidades de produtos de demolição a remover e destruir.

Ainda que, em consequência de uma maior regulamentação ao nível dos equipamentos e materiais e do grande impulso que a reabilitação conheceu nos últimos cinco anos, se esteja a caminhar para uma melhoria do panorama acima apresentado, a verdade é que ainda existe uma enorme margem de progressão. É, por isso, imperioso aproveitar as necessidades de reabilitação do edificado para corrigir as suas ineficiências energéticas e vice-versa, porque elas são indissociáveis, tal como são as duas faces de uma mesma moeda.

E como toda a moeda tem duas faces e um valor económico intrínseco, pode-se afirmar que uma face é o racional socioeconómico, que se caracteriza pela política dos cinco

“R’s”: Reabilitar, Regenerar, Requalificar, Revitalizar e Reduzir; e a outra face é o racional financeiro, que permitirá angariar os recursos necessários ao financiamento (por investidores institucionais ou particulares), mas terá um foco muito grande nos riscos dos projetos (tecnológico, execução, operação e manutenção, performance, mercado, entre outros), cuja mitigação acaba sempre por acrescentar, aos custos financeiros decorrentes da remuneração exigida, custos com a contratação de consultores técnicos, legais, seguros, entre outros, inflacionando os valores dos projetos e podendo comprometer as rentabilidades inicialmente esperadas pelo promotor. [16]

### **2.6.1 - Caracterização do mercado de reabilitação em geral**

O parque edificado português, em particular o sector residencial, ainda é genericamente um parque envelhecido (apesar do ritmo de novas construções apresentado nos últimos anos).

Muitos destes edifícios exigem intervenções que visam melhorar as suas características de habitabilidade.

Praticamente todos foram construídos antes das exigências da regulamentação térmica dos edifícios (referente ao desempenho térmico da sua envolvente), apresentam uma deficiência na qualidade térmica e energética (envolventes com isolamento térmico insatisfatório). [17]

Com o preço da energia a disparar para níveis cada vez mais elevados e as informações sobre as evoluções climáticas a serem cada vez mais alarmantes, a Europa propôs-se implementar um sistema de eficiência energética através o qual pretende simultaneamente reduzir a sua dependência dos combustíveis fósseis e diminuir as emissões de carbono para a atmosfera. Um dos sectores em que se propôs intervir para alcançar estes objetivos é no sector de construção e indústria relacionadas. Pretende melhorar a eficiência energética dos edifícios a construir e reabilitar o existente, quer se trate de edifícios de habitação quer os de serviços.

### **2.6.2 - Reabilitação energética de edifícios**

O relatório “*Energy Renovation: the trump card for the new start of Europe*” [18] considera que uma estratégia para a reabilitação energética a curto prazo só será bem-sucedida se conseguir combinar três das políticas europeias já existentes, com o objetivo de criar um mercado auto-sustentado para a reabilitação energética na Europa. Em

primeiro lugar, a orientação para um crescimento “inteligente, sustentável e inclusivo”, através do reforço do “papel proeminente” que o sector da construção tem na economia europeia. Ao mesmo tempo, reduzir a procura e o consumo energético nos edifícios, cumprindo as metas definidas para a energia e clima, vai permitir que a dependência energética europeia seja reduzida, libertando recursos para outros investimentos com vista ao crescimento, inovação e criação de emprego. Por último, deverá incluir a política de coesão social e territorial, assegurando a todos os cidadãos Europeus o acesso aos serviços de energia, nomeadamente a aquecimento e arrefecimento.

### 2.6.3 - Reabilitação energética em Portugal

Comparativamente com outros países, os níveis de reabilitação em Portugal têm sido dos mais baixos à escala europeia. Um estudo de comparação a nível europeu, constatou que o investimento em reabilitação continua a ser menor do que na construção nova na maioria dos países, embora em alguns países, o peso de edifícios reabilitados até seja superior, Figura 14.

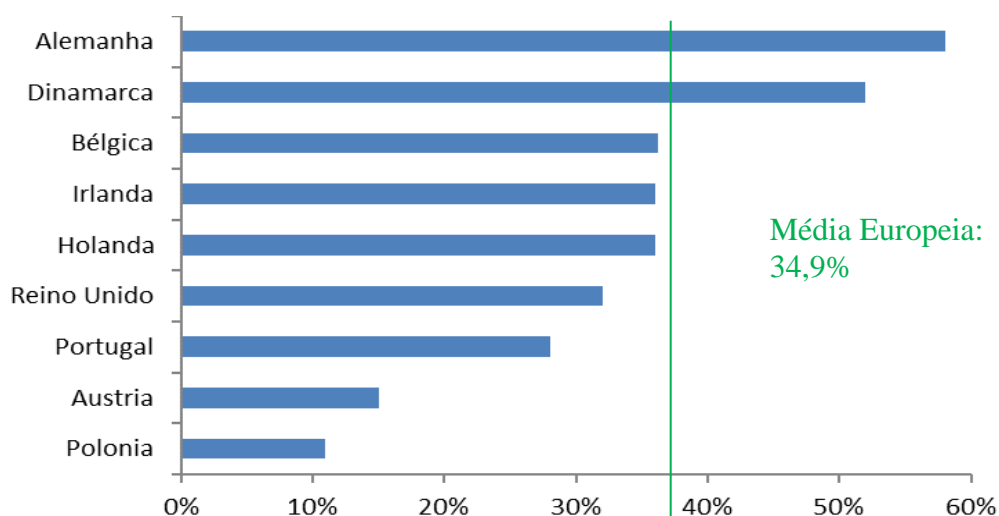


Figura 14- Peso da Reabilitação em países da união Europeia (Fonte: EUROCONSTRUCT, 74th Conference)

Assiste-se em Portugal a um contexto económico turbulento e, conseqüentemente, a um agravamento da crise no sector da construção. Uma resposta à crise no sector da construção passará pelo aumento da atividade de reabilitação de edifícios, e esta, quando associada a uma reabilitação térmico-energética, permitirá não só aumentar o conforto dos utilizadores dos edifícios, como também reduzir emissões de gases de

efeito de estufa. Contudo, em reabilitação não é incomum assistir-se a uma aplicação indiscriminada de soluções, que podem prejudicar a durabilidade das construções, a qualidade do ar interior e a segurança dos utentes.

#### **2.6.4 - Importância do isolamento na reabilitação energética**

Num quadro de aumento das exigências de melhoria da eficiência energética dos edifícios portugueses, a melhoria das características dos edifícios ao nível do isolamento da envolvente externa e dos vãos envidraçados (janelas e fachadas leves) e dos seus sistemas técnicos é indispensável ao aumento da qualidade e da sustentabilidade da construção.

Em Portugal, existem cerca de 3 milhões de fogos com janelas ineficientes (janelas com vidro simples e com caixilharia sem corte térmico) [19]. Deste modo, é fundamental a introdução de medidas de melhoria energética dos vãos envidraçados para aumento do conforto térmico e acústico, com a conseqüente redução dos consumos energéticos.

As medidas de melhoria energética dos vãos envidraçados e a sua contribuição para a melhoria da eficiência energética dos edifícios portugueses foram reforçadas com a introdução de novos requisitos de referência nos novos regulamentos (Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação - REH e Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Comércio e Serviços - RECS) e da criação do Sistema de Etiquetagem Energética de Janelas - SEEP JANELAS.

A criação da Etiquetagem Energética de Janelas permite que todas as janelas eficientes produzidas em Portugal possam ter apostas uma etiqueta energética. A etiqueta energética de janelas pode assim atestar a contribuição de cada janela para a melhoria da eficiência energética de cada edifício.

O isolamento é a primeira etapa de uma reabilitação energética eficaz. “O aumento do isolamento térmico tem como conseqüência imediata o aumento da eficiência energética do edifício, contribuindo para a redução dos consumos energéticos e conseqüente redução da fatura económica das famílias” [19].

As poupanças podem chegar aos 30-40%. Um bom exemplo de como o isolamento pode influenciar o comportamento energético dos edifícios são as construções que seguem a metodologia constante da norma *Passivhaus*, nas quais os níveis elevados de

isolamento permitem economias na ordem dos 75%. Um cenário determinante no Norte da Europa. [19]

As razões para que isso aconteça prendem-se, claro, com as regulamentações mais exigentes, mas há também outro fator determinante- a procura. “O consumidor está mais atento às soluções eficientes e ao impacto que estas podem ter na poupança económica e na preservação do meio ambiente. [19].

### **2.6.5 – Edifícios de balanço nulo**

Acabar com os edifícios ineficientes na Europa é um dos pilares para o renascimento da indústria europeia é uma opção *win-win* para a economia da União.

Face a preocupação com o impacto ambiental, foi deliberado que até 2020 todos os edifícios novos deverão ser *Nearly Zero Energy Buildings* (NZEB). Desta forma, a procura por estratégias a implementar para obter benefícios ambientais e económicos, através de projetos de construção e de exploração inteligentes, tem aumentado significativamente.

O conceito NZEB refere-se a edifícios com necessidades de energia quase nulas, que são cobertas por energia proveniente de fontes renováveis, tirando proveito, por exemplo, do clima local. Assim, a arquitetura e *design* dos edifícios, a par dos sistemas de produção de energia, visam a redução do consumo da mesma, bem como das emissões de CO<sub>2</sub>.

Tendo em consideração as suas características e componentes, os edifícios NZEB apresentam um desempenho energético muito elevado, maximizando a sua eficiência. Deste modo, contribuem para a redução do impacto ambiental e social, apresentando consequências positivas não só na saúde do planeta como também na de todos os indivíduos.

Assim, aos motivos morais, éticos e ambientais, aliam-se fatores económicos que tornam aliciente a construção de edifícios NZEB. Estes detêm sistemas de medição, monitorização e automação que garantem que os equipamentos só são utilizados quando necessário, contribuindo para um reduzido consumo de energia e para o retorno de investimento.

Adicionalmente, são dotados de técnicas que permitem o isolamento do calor desejado no interior do edifício, bem como de sistemas de ventilação que possibilitam a

recuperação do calor, e o arrefecimento do mesmo durante os meses de Verão. Isto traduz-se numa ampla poupança energética e, conseqüentemente, financeira.

Perante estes sistemas que integram os edifícios, verifica-se que o alto desempenho dos mesmos contribui para a preservação do ambiente, sem comprometer o conforto dos ocupantes. Constatase assim, que as infraestruturas e tecnologias patentes nos edifícios NZEB contribuem para o máximo bem-estar dos utilizadores, para a sua saúde e produtividade. [20]

Em suma, NZEB impulsiona um futuro mais sustentável, uma vez que reduz o impacto ambiental enquanto ajuda a preservar a qualidade da vida humana, melhorando o conforto dos ocupantes dos edifícios e aumentando a sua satisfação. Simultaneamente, incrementa os resultados dos negócios, aumentando a vantagem competitiva das organizações, ao mesmo tempo que contribui para o cumprimento das metas de responsabilidade social e corporativa.

## **CAPÍTULO 3 – MEDIDAS DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO EXISTENTES**

Os edifícios de habitação construídos antes da entrada em vigor da regulamentação no âmbito do comportamento térmico de edifícios normalmente têm um comportamento térmico insatisfatório e conseqüentemente um fraco desempenho energético que se associa ao uso intensivo de dispositivos de aquecimento e arrefecimento do ar interior.

As medidas de reabilitação energética devidamente estruturadas permitem reduzir as necessidades de energia de aquecimento e/ou arrefecimento, permitindo assim o desagravamento das despesas totais das famílias em climatização, para além de melhorar as condições de conforto nas habitações.

Para edifícios existentes, geralmente a melhor solução de reabilitação traduz-se numa combinação de medidas que abranjam, simultaneamente, a eficiência energética, a conservação de energia e a redução de emissões de carbono. Deste modo, é importante determinar as melhores combinações de medidas que conduzam à solução ótima em termos de custo.

De seguida, são mencionadas as principais medidas de reabilitação energética de edifícios.

### **3.1- Reabilitação térmica de fachadas exteriores**

O tipo de materiais com que se constrói a fachada de um edifício influencia as condições de conforto no seu interior. As características principais a ter em conta, no que diz respeito aos ganhos e perdas de energia, são a inércia térmica do material e o seu poder isolante. [21]

#### **3.1.1- Tipos de parede construídas em Portugal**

O método de construção dos edifícios evoluiu de forma diferente, variando de região para região, dependendo essencialmente das condições de terreno, da matéria-prima disponível no local e das condições climáticas.

Inicialmente, as fachadas eram estruturas portantes, compostas por paredes maciças, que suportam a carga imposta pela cobertura e pavimentos e conservam o calor no espaço interior. Para ventilar e iluminar o interior, existem pequenos vãos nessas paredes.

Todavia, essas aberturas provocam uma perda térmica significativa, possibilitando, ainda, a entrada de chuva ou mesmo de intrusos.

Em Portugal, as técnicas construtivas das paredes exteriores sofreram uma evolução.

As paredes que eram em pano simples de elevada espessura em alvenaria de pedra ou tijolo maciço, até aos anos 40 do século XX, passaram a ser constituídas por panos duplos de alvenaria de tijolo vazado com caixa-de-ar entre panos (décadas de 60/70) e, mais tarde, passaram a ter a sua caixa-de-ar total ou parcialmente preenchida por materiais isolantes, Figura 15. A última inovação, que apresenta um bom desempenho térmico, é a aplicação do material isolante pelo exterior, geralmente em paredes de alvenaria de tijolo ou de paredes de betão.

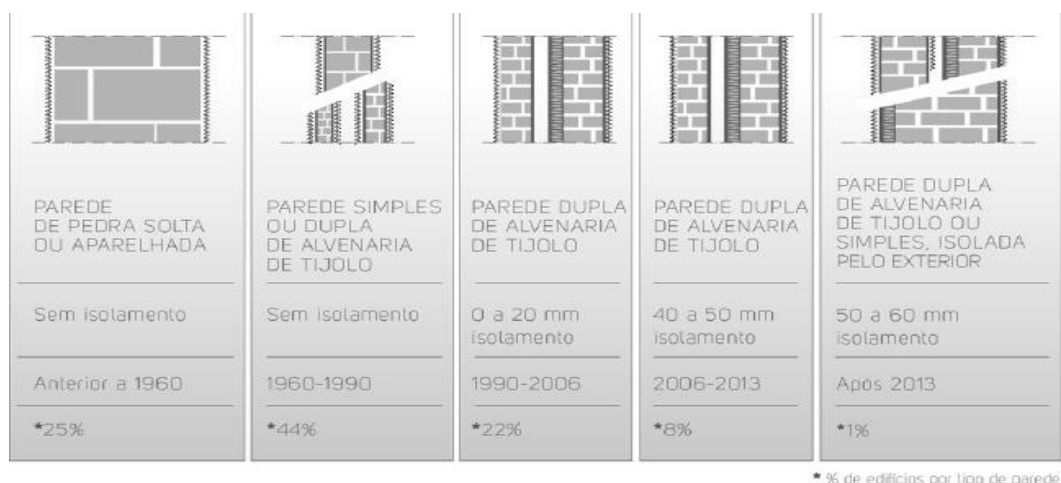


Figura 15- Evolução das paredes exteriores em Portugal (Fonte: ADENE)

### 3.1.2 - Zonas climáticas e requisitos para paredes em contacto com o exterior

Os níveis de isolamento adequados variam consoante a região do país. A tabela 1 abaixo indica os valores mínimos exigidos para habitações novas e reabilitadas.

Tabela 1- Requisitos energéticos,  $U_{máx}$  [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ] para paredes (Fonte: REH)

$U_{máx}$ [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ]			
Zona Climática	I1	I2	I3
Valor do U *	0,50	0,40	0,35

A comparação do comportamento térmico dos elementos construtivos, que são constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, faz-se através dos valores do coeficiente de transmissão térmica superficial ( $U$ ), que se calcula de acordo com a seguinte fórmula:

$$U[W/(m^2\text{°C})] = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$$

$$R_j = esp_j / \lambda_j$$

**em que:**

$U$  - Coeficiente de transmissão térmica superficial;

$R_{si}$  - Resistência térmica interior,

$R_j$  - Resistência térmica da camada  $j$ ,

$R_{se}$  - Resistência térmica exterior,

$esp_j$  - Espessura da camada, [m]

$\lambda_j$  - Condutibilidade térmica do material constituinte da camada  $j$ .

A evolução das soluções construtivas de paredes exteriores é justificada pela constante procura de resposta às crescentes expectativas de conforto no interior das habitações, bem como às imposições legais, que foram surgindo através da regulamentação sobre a qualidade térmica dos edifícios, a partir dos anos 90.

A procura pela eficiência energética tem levado ao desenvolvimento de sistemas de fachadas dinâmicos, responsáveis pelo equilíbrio entre as necessidades energéticas do interior dos edifícios e as condições do seu ambiente envolvente.

### **3.1.3 - Reforço de Isolamento térmico de Fachadas**

O reforço do isolamento térmico das paredes exteriores admite três grandes opções, caracterizadas pelas diferentes localizações possíveis do isolamento térmico a aplicar:

- Isolamento térmico exterior;
- Isolamento térmico interior;
- Isolamento térmico na caixa-de-ar (limitando-se apenas ao caso de paredes duplas).

### **3.1.3.1 - Isolamento de Fachadas pelo Exterior**

Em alguns Países Europeus existe uma crescente utilização de sistemas de isolamento de fachadas pelo exterior, sobretudo na reabilitação de edifícios cuja envolvente vertical apresente insuficiente isolamento térmico, aspeto degradado ou problemas de estanquidade. De uma forma geral, os sistemas de isolamento pelo exterior compreendem uma camada de isolamento diretamente aplicada sobre o suporte e um paramento exterior que o protege, em particular das solicitações de origem climática e mecânicas.

O reforço do isolamento térmico pelo exterior representa, geralmente, a solução mais favorável comparativamente com o realizado pelo interior, sendo as suas vantagens em maior número que os seus inconvenientes. Além disto, tendo em conta a necessidade de refazer o reboco aquando de intervenções de reabilitação, é conveniente considerar esta opção de colocação do isolamento. [22]. Além disto, pode diminuir o risco de ocorrência de condensações, tratando de certo modo as pontes térmicas, sendo por isso uma ótima solução na reabilitação de edifícios.

As soluções passíveis de serem aplicados como isolamento térmico pelo exterior podem ser divididas em três tipos:

- Revestimento descontínuos fixados ao suporte, através de uma estrutura intermédia- Fachada Ventilada;
- Componentes prefabricados constituídos por um isolamento e um paramento, fixados diretamente ao suporte – “Véture”;
- Rebocos delgados armados diretamente aplicados sobre o isolamento térmico – ETICS.

#### **3.1.3.1.1 – Sistema ETICS**

ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems*) são sistemas de isolamento térmico constituídos por placas de poliestireno expandido (EPS) fixas ao paramento exterior da parede com cola e fixações mecânicas, sendo posteriormente revestidas por um reboco delgado, aplicado em várias camadas em geral de ligante misto, armado com uma ou várias redes de fibra de vidro e protegido por um acabamento, geralmente de

ligante sintético, Figura 16. Incluem ainda acessórios para resolução de pontos singulares e proteção das zonas especiais. [23]



Figura 16- Sistema de isolamento térmico com revestimento espesso (esquerda). Sistema de isolamento térmico com revestimento delgado (direita). (Fonte: PLASTIMAR)

### 3.1.3.1.2 - Revestimentos independentes com interposição de isolante térmico na caixa-de- ar – “Fachada Ventilada”

Este tipo de solução de reforço de isolamento é efetuado através da aplicação de isolamento térmico entre a parede do edifício e um revestimento independente exterior, fixado à parede através de uma estrutura secundária, espaçando os materiais com uma caixa-de-ar, o que torna a fachada ventilada e protege ainda o isolamento térmico contra a ação da chuva e radiação solar. Este revestimento pode ser contínuo (rebocos armados) ou descontínuo (composto por placas metálicas, fibrocimento ou material plástico, Figura 17. [22]

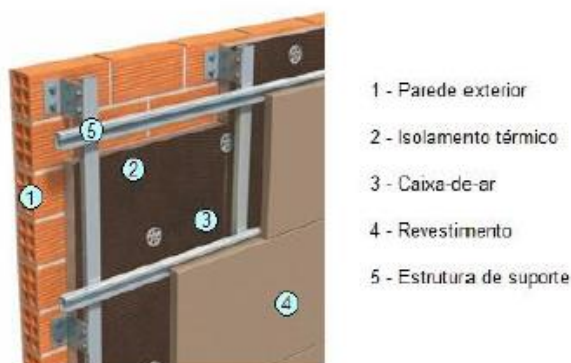


Figura 17- Esquema de revestimento independente com interposição de isolante térmico na caixa-de- ar

### 3.1.3.1.3 – Revestimentos isolantes – pré-fabricados descontínuos e/ou rebocos isolantes – “Vêtures”

Estes sistemas de isolamento térmico, também conhecidos pela sua designação na língua francesa de “vêtures”, são provenientes de elementos previamente produzidos em fábrica constituídos por um material isolante em placa (normalmente poliestireno expandido – EPS) e por um revestimento (metálico, mineral ou orgânico). Devido a este tipo de sistema ser previamente fabricado, a sua aplicação em obra torna-se mais fácil, necessitando apenas de uma operação e a sua fixação é efetuada diretamente nos suportes por meios mecânicos [22]. Ao contrário do sistema de isolamento do tipo fachada ventilada, aquela dispensa a existência da estrutura de fixação intermédia bem como da caixa-de-ar entre o revestimento e o isolante. Comparativamente com o tipo “ETICS”, o sistema de isolamento através de pré-fabricados não necessita da execução de várias camadas sucessivas de revestimento.

A Figura 18 apresenta o esquema de um revestimento pré-fabricado fixado diretamente no suporte (esquerda) e o esquema da solução em reboco isolante (direita).

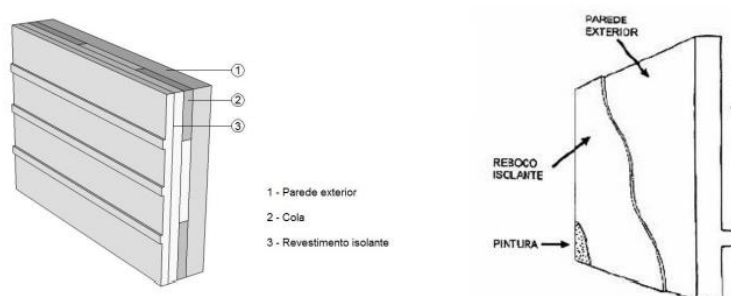


Figura 18- Esquema pré-fabricado fixado diretamente no suporte (esquerda). Solução de reboco isolante (direita).

## 3.2 - Reabilitação térmica de coberturas

Com o decorrer os anos as coberturas têm vindo a sofrer alterações significativas pois, se no passado as coberturas eram inclinadas e não possuíam qualquer isolamento térmico, atualmente as coberturas tendem a ser horizontais e incorporam isolamento térmico. As coberturas dos edifícios podem assim tipificar-se em três modalidades, figura 19:

- Coberturas inclinadas, (maciças, aligeiradas ou leves) com desvão fortemente ventilado;

- Coberturas inclinadas com estrutura (maciças, aligeiradas ou leves) sobre espaço útil;
- Coberturas horizontais (maciças ou aligeiradas).

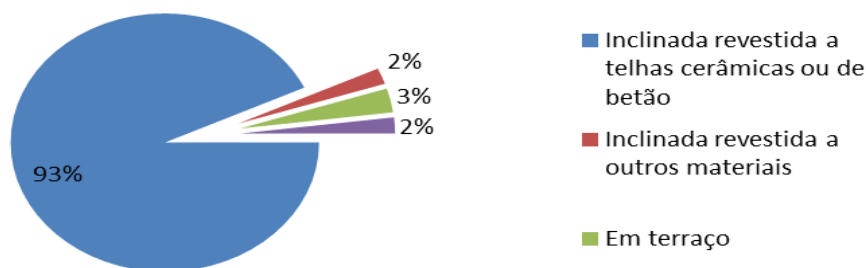


Figura 19- Tipos de coberturas em Portugal (Fonte: INE)

### 3.2.1 - Tipos de coberturas construídas em Portugal

As coberturas são fundamentais para o conforto de uma habitação e responsáveis, de uma forma significativa, por ganhos e perdas de calor, figura 20. Em geral, as coberturas representam 30% das perdas de calor de uma habitação.

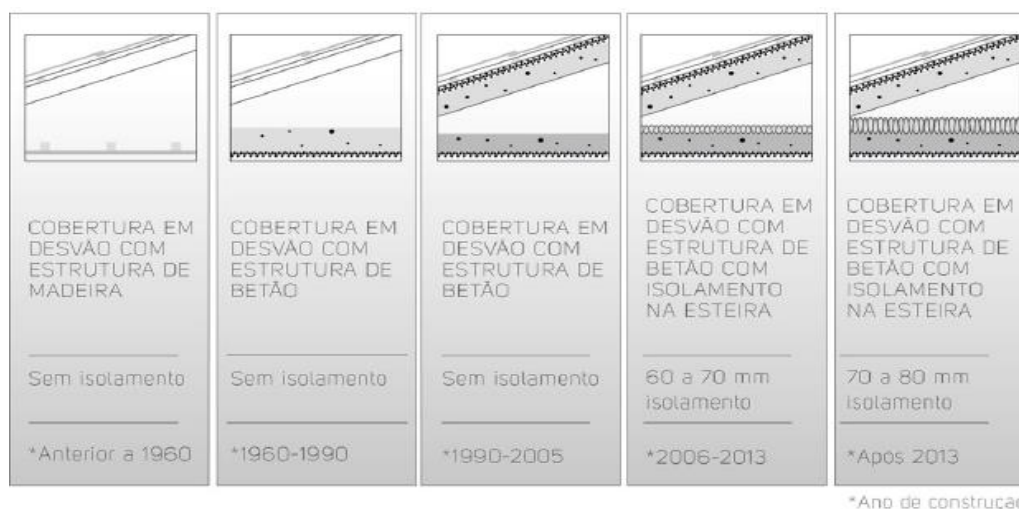


Figura 20- Coberturas construídas em Portugal, consoante a época de construção

### 3.2.2 – Requisitos energéticos para coberturas

Os níveis de isolamento adequados variam consoante a região do país. A tabela 2 abaixo indica os valores mínimos exigidos para habitações novas e reabilitadas.

Tabela 2- Requisitos energéticos, U máx [W/m<sup>2</sup>.°C] para Coberturas (Fonte: REH)

U máx [W/m <sup>2</sup> .°C]			
Zona Climática	I1	I2	I3
Valor do U *	0,40	0,35	0,30

### 3.2.3 - Coberturas inclinadas

Em coberturas inclinadas, o isolamento térmico pode ser assente segundo quatro opções que se caracterizam primeiramente pelo elemento da cobertura onde se aplica o isolamento e depois pela posição do isolante nesse mesmo elemento, figura 21.

Assim a aplicação do isolante térmico pode verificar-se na esteira horizontal (caso o desvão não seja habitável) [21]:

- Isolamento aplicado nas vertentes da cobertura em posição superior;
- Isolamento aplicado nas vertentes da cobertura em posição inferior.

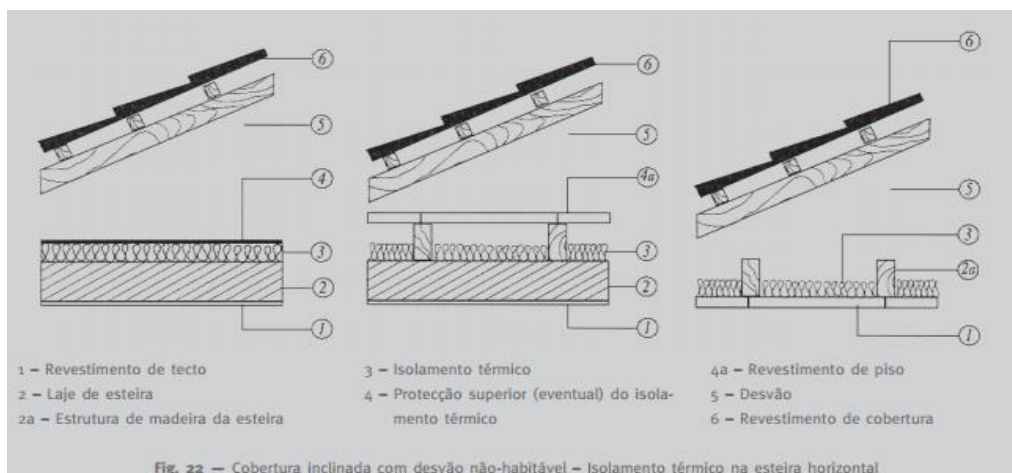


Figura 21- – Cobertura inclinada com desvão não-habitável- isolamento térmico na esteira horizontal

#### 3.2.3.1 - Cobertura inclinada com desvão não habitável – Isolamento térmico na esteira horizontal.

A colocação do isolamento térmico na laje horizontal deve ser aplicada no caso de o desvão não ser ocupado. Comparativamente à colocação nas vertentes, a colocação do isolamento na laje horizontal é uma opção mais económica, pois a área a isolar é menor,

bem como o volume a climatizar. Por outro lado, tecnicamente também é mais fácil isolar a laje do que as vertentes. No caso de isolar a laje horizontal, o isolamento pode ser aplicado abaixo ou acima da laje, incorporado nos elementos estruturais ou entre estes, assim como acontecia no caso de isolar as vertentes. Preferencialmente e de forma genérica, o isolamento deve ser colocado sobre a laje e não sob esta, de modo a reduzir o risco de condensações na estação de aquecimento e de não diminuir a inércia térmica do elemento construtivo.

Consequentemente, o consumo de energia para aquecimento será menor, e na estação de arrefecimento o atraso e o amortecimento de amplitudes térmicas exteriores serão maiores. O isolamento térmico deve ser protegido mecanicamente, mesmo que o espaço não seja utilizado, pois pode ser, por vezes, utilizado para manutenção ou fins similares.

A outra opção para a colocação do isolamento térmico é nas vertentes (caso o desvão seja habitável), figura 22. [21]:

- Isolamento aplicado nas vertentes da cobertura em posição superior;

- Isolamento aplicado nas vertentes da cobertura, em posição inferior.

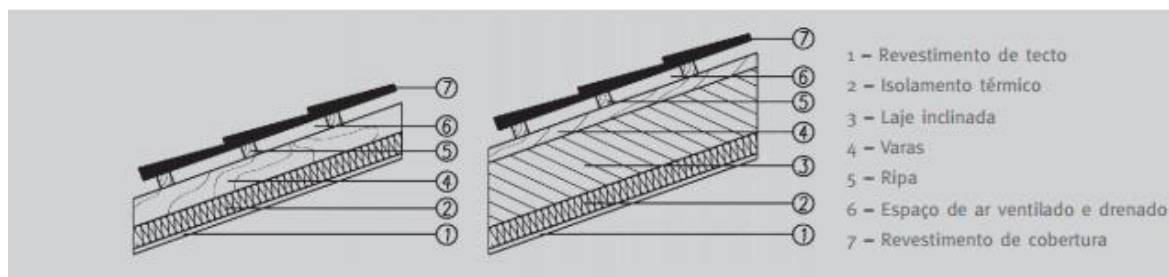


Figura 22- Cobertura inclinada com desvão habitável- isolamento térmico nas vertentes

### 3.2.3.2 - Cobertura inclinada com desvão habitável – Isolamento térmico nas vertentes.

As soluções de isolamento térmico aplicado segundo as vertentes das coberturas devem ser apenas utilizadas quando o desvão é habitável. Entre as soluções possíveis, o isolamento térmico sobre a estrutura da cobertura (vertentes) é, do ponto de vista energético, preferível sobretudo quando existe uma estrutura de laje. Na sua aplicação, deve ser assegurada a existência de uma lâmina de ar ventilada, entre o revestimento exterior da cobertura e o isolamento térmico, para evitar a degradação dos materiais.

Como há o risco de penetração da água da chuva batida pelo vento através das juntas de revestimentos, como é exemplo a telha, nessas soluções, quando o isolante térmico é colocado imediatamente sob o revestimento descontínuo da cobertura, recomenda-se neste caso a proteção superior do isolante com uma camada que impeça a passagem da água no estado líquido e a consequente molhagem do isolante, sem contudo criar uma barreira ao vapor do lado exterior do mesmo, que originaria nele condensações internas.

### **3.2.4 - Coberturas horizontais**

Basicamente, para o reforço do isolamento térmico das coberturas horizontais existem três grandes opções, caracterizadas pela posição relativa do isolante térmico a aplicar em cada uma delas:

- Isolamento térmico superior;
- Isolamento térmico intermédio;
- Isolamento térmico inferior.

#### **3.2.4.1 - Cobertura horizontal – isolamento térmico superior.**

Existem dois tipos de soluções de aplicação do isolamento térmico em posição superior [21]:

- Cobertura invertida
- Isolante térmico suporte de impermeabilização

De entre estes dois tipos de soluções, a melhor opção é a de “cobertura invertida”, pois permite aumentar a vida útil da impermeabilização ao protegê-la de amplitudes térmicas significativas, além de que, aquando a sua aplicação em reabilitação, permite aproveitar a impermeabilização já existente, caso esta ainda se encontre em bom estado.

#### **3.2.4.2 - Cobertura horizontal – isolamento térmico intermédio.**

Embora as soluções em que o isolamento térmico se localiza em posição intermédia (entre a esteira horizontal e a camada de forma) possam ser utilizadas, exigem, no entanto, a reconstrução total das camadas subjacentes à laje de esteira. Esta solução requer especiais cuidados de conceção e execução para evitar que ocorram fenómenos

de choque térmico nas camadas acima do isolamento térmico e a sua consequente degradação.

#### **3.2.4.3 - Cobertura horizontal – isolamento térmico inferior.**

Em relação à aplicação dum isolante térmico em posição inferior à laje de esteira apenas se aceita quando integrado num teto-falso desligado da esteira e, mesmo assim, tem a desvantagem de não proteger termicamente a estrutura. A direta aplicação desse isolante na face inferior da laje de esteira deve ser totalmente evitada porque, além de ser termicamente menos eficiente, como acima mencionado, aumenta o risco de deformações de origem térmica da estrutura do edifício e a consequente degradação.

### **3.3 - Reabilitação térmica de vãos envidraçados**

A evolução dos vãos envidraçados, quer a nível de materiais quer a nível de formas e dimensões utilizadas, confirma a crescente preocupação em gerir a energia proveniente da radiação solar de uma forma cómoda para o utilizador.

Os vãos envidraçados são elementos da envolvente exterior que influenciam de forma significativa o balanço energético dos edifícios, podendo ser responsáveis por 35 a 40% das perdas térmicas nos edifícios de habitação na estação aquecimento, figura 23. [24]:

O reforço do isolamento dos vãos envidraçados realiza-se segundo as seguintes modalidades: [25]:

- Substituição dos componentes dos vãos por outros com desempenho térmico melhorado (caixilharia com corte térmico associada a vidros duplos ou triplos);
- Utilização de envidraçados de elevado desempenho térmico (vidros de baixa emissividade);
- Criação de janelas duplas (incorporação de um segundo caixilho);
- Substituição de vidros simples por duplos.

## SOLUÇÕES DE JANELAS INSTALADAS EM PORTUGAL

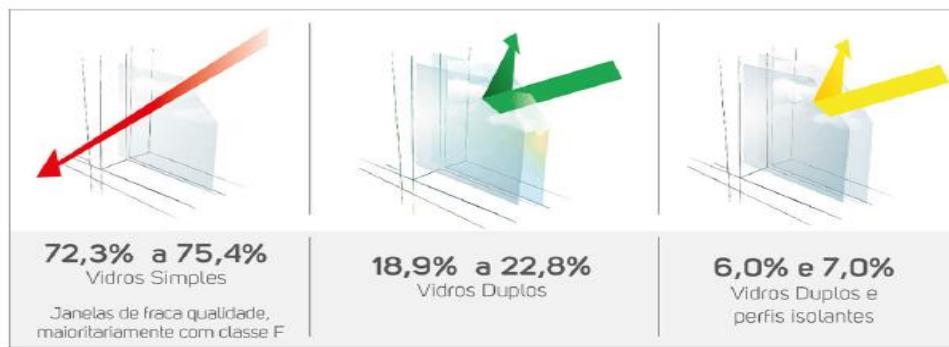


Figura 23- Tipos de soluções de janelas utilizadas em Portugal. (Fonte: INE e DGEG)

### 3.3.1 - Aplicação do Regulamento nos Vãos Envidraçados:

Os requisitos regulamentares para os vãos envidraçados são expressos em termos do fator solar dos vãos envidraçados horizontais e verticais ( $g_{\perp}$ ), ou seja, os quocientes entre a energia solar transmitida através de um vão envidraçado com o respetivo dispositivo de proteção solar (100% cativo) e a energia solar nele incidente.

Os requisitos relativos ao fator solar são impostos para vãos não orientados a Norte (entre Noroeste e Nordeste) e com uma área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem. De notar, no entanto, que para este limite de 5% conta a soma de todos os envidraçados presentes num espaço (exceto os orientados a norte), para evitar que um conjunto de pequenos envidraçados, somados entre si, acabem por ter um impacto indesejável equivalente a um grande envidraçado. [2]

A tabela 3, indica os valores limites impostos para o fator solar dos vãos envidraçados com dispositivos de proteção solar 100% ativos, são expressos em função da zona climática de Verão e da inércia térmica do edifício.

Tabela 3- Fatores Solares Máximos Admissíveis dos Vãos Envidraçados. (Fonte: REH)

Classe de Inércia Térmica	Zona climática		
	V1	V2	V3
fraca	0,15	0,15	0,10
média	0,56	0,56	0,50
forte	0,56	0,56	0,50

### **3.3.2 - Etiqueta Energética para escolher janelas eficientes**

As etiquetas energéticas têm como principal objetivo facilitar a vida ao consumidor ao apresentarem, de uma forma normalizada, simples e de fácil compreensão, informações relativas à eficiência energética (e mesmo sobre consumos, ruído ou outras) do produto que etiquetam.

Já obrigatórias na União Europeia nalguns eletrodomésticos, como nos frigoríficos, nas máquinas de lavar roupa e loiça e nos pneus, entre outros, as etiquetas energéticas devem ser colocadas em local bem visível do produto. Existem, contudo, outros bens que podem ser alvo de sistemas voluntários de etiquetagem energética em cada país da União Europeia, como é o caso das janelas, e em que as etiquetas podem diferir entre países.

O SEPP – Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos – propõe apresentar etiquetas energéticas noutros produtos, além dos obrigatórios na União Europeia. A primeira família de produtos a ser alvo desta etiquetagem voluntária são as janelas, já que apresentam impactos muito relevantes no consumo de energia em casa.

A etiqueta energética para as janelas está basicamente dividida em 3 zonas distintas: uma primeira, onde se refere a marca e o modelo; uma segunda, com a avaliação do desempenho energético propriamente dito, com uma escala de A a G e a indicação do desempenho energético em kWh/m<sup>2</sup> por mês; e uma terceira zona, com a indicação dos vários parâmetros de cálculo que conduziram aos resultados indicados na segunda área. Nesta, surgem alguns dados importantes como o coeficiente de transmissão térmica da janela, o fator solar do vidro ou a classe de permeabilidade ao ar. [26]

### **3.4. Reabilitação térmica de Pavimentos em contacto com Espaço não útil**

Os pavimentos a reabilitar termicamente podem localizar-se: sobre espaços exteriores; sobre espaços interiores não aquecidos, nomeadamente garagens, arrecadações, armazéns, varandas, ou marquises fechadas; sobre espaços não aquecidos e não ventilados, como caixas-de-ar sobre o terreno; ou podem ser pisos térreos. Tal como os restantes elementos opacos da envolvente, têm de respeitar os coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis. Têm de ser verificadas também as perdas pelas zonas do vigeamento, se existir, não podendo o valor máximo de U, tabela 4, exceder o máximo do referido quadro nem ser superior ao dobro dos elementos homólogos.

Tabela 4- Requisitos energéticos, U máx [W/m<sup>2</sup>.°C] para Pavimentos (Fonte: REH)

		Umáx [W/m <sup>2</sup> .°C]			
		Zona Climática	I1	I2	I3
<b>Elementos exteriores em zona corrente (pavimentos)</b>	<b>Valor do U *</b>		1,25	1,00	0,90
<b>Elementos interiores em zona corrente (pavimentos)</b>	<b>Valor do U *</b>		1,65	1,30	1,20

O reforço do isolamento térmico de pavimentos pode fazer-se mediante três opções distintas, que se caracterizam pela localização do material isolante a aplicar:

- Isolamento térmico aplicado na face inferior;
- Isolamento térmico intermédio (limitado ao caso de pavimentos com vazios);
- Isolamento térmico aplicado na face superior.

### 3.4.1 - Pavimento sobre espaço não aquecido – Isolamento térmico inferior.

Se o isolamento for colocado na zona inferior do pavimento e se esta for uma zona acessível, a espessura do isolamento não trará grandes problemas e incómodos para a sua colocação. No entanto, com a utilização de isolamento nesta zona, a perda de pé-direito será uma variável a ter em conta. No caso de o pé-direito ter uma altura considerável e a sua diminuição não cause incómodos, esta será sempre a melhor opção, térmica e de facilidade de colocação, figura 24. Deste modo, no caso de um isolamento ser empregue nesta situação poder-se-á optar por um material com espessuras maiores permitindo assim que se escolham isolamentos com coeficientes de condutibilidade térmica mais elevados, o que não será tão dispendioso.

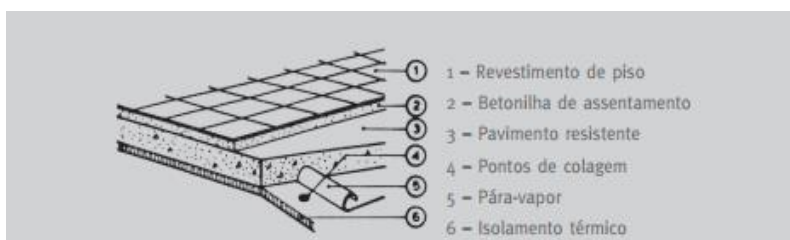


Figura 24- Pavimentos sobre espaço exterior ou não-aquecido – Isolamento térmico inferior

Desde que o espaço subjacente ao pavimento seja acessível, as soluções de isolamento térmico inferior são claramente preferíveis, porque para além de ser mais eficiente do ponto de vista térmico, são também de mais fácil e rápida aplicação e também de menor custo.

### 3.4.2 - Pavimento sobre espaço não aquecido– Isolamento térmico intermédio.

Para a colocação de um isolamento na zona intermédia, nunca se consegue que o pavimento se mantenha intacto, isto é, tem que existir ou uma reabilitação destrutiva ou parcialmente destrutiva para que o isolamento seja introduzido no pavimento [27].

Caso se opte por uma solução parcialmente destrutiva, é necessário levantar parte do revestimento para que no espaço existente por baixo se introduza o isolante. Neste tipo de situação e de modo a que a totalidade do espaço seja preenchido opta-se pela utilização de isolamento a granel.

No caso de uma reabilitação destrutiva, o isolamento pode ser colocado desde logo na formação da laje, com a aplicação de abobadilhas de EPS que substituem os blocos cerâmicos ou de betão normal, aligeirando ainda mais a laje e reforçando-a termicamente, figura 25. Também pode ser utilizado EPS a granel para adicionar ao betão de modo a que este fique mais leve e termicamente mais eficaz. Com a adição de isolamentos o betão torna-se menos resistente e por isso só deve ser utilizado para efetuar enchimentos de baixo peso, tais como a regularização de superfícies, a formação de pendentos em terraços ou o isolamento de tubagens. A condutibilidade térmica desta solução dependerá das porções betão/areia/EPS que se utilizem.

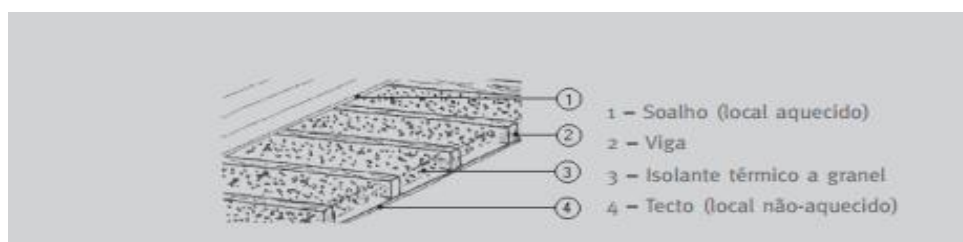


Figura 25- Pavimentos sobre espaço exterior ou não-aquecido – Isolamento térmico intermédio

### 3.4.3 - Pavimento sobre espaço não aquecido – Isolamento térmico superior.

Para pavimentos sobre espaços não aquecidos, optando pelo isolamento térmico superior, figura 26, pode ser das seguintes maneiras:

- Camada isolante de betão leve entre o pavimento resistente e o revestimento de piso;
- Camada de isolante térmico entre o pavimento resistente e um piso flutuante;

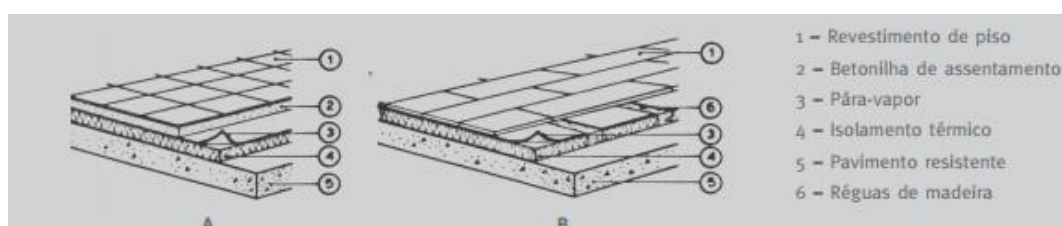


Figura 26- – Pavimentos sobre espaço exterior ou não-aquecido – Isolamento térmico superior

O ITE 50 do LNEC apresenta, um conjunto diversificado de soluções, com diversos tipos de materiais de isolamento, espessuras, e localização do material.

No anexo A9, encontra-se a tabela com um resumo desses diversos tipos e soluções. [28]

Para se obter desempenhos adequados e um bom isolamento térmico, o material a adotar tem de possuir condutibilidades térmicas mais baixas.

### 3.5 - Reabilitação Térmica de Paredes Interiores em Contacto com Espaços Não Úteis.

As soluções de isolamento térmico para paredes interiores em contacto com espaços não úteis aplicáveis em superfícies correntes, podem ser de dois tipos:

- Painéis de Isolamento pré-fabricados: São painéis com a altura do pé direito livre dos compartimentos, constituídos por placas de poliestireno revestidas com um paramento de gesso cartonado. Os painéis podem ser colados diretamente ao paramento a reabilitar, ou ser fixados através de uma estrutura de apoio.
- Contra fachada: consiste na construção de um pano de alvenaria de espessura reduzida, ou de um forro em placas de gesso cartonado, pelo lado interior da parede, incorporando um isolamento térmico entre os dois elementos.

### **3.6. – Reabilitação energética de sistemas de Aquecimento, Arrefecimento e Produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS)**

#### **3.6.1 – Produção de águas quentes sanitárias**

No aquecimento de águas, a medida mais eficiente para poupar energia reside na minimização racional dos consumos de água quente. Assim, preferir sempre que possível o duche ao banho de imersão, evitando duchas muito prolongados. Outra forma de reduzir os consumos passa pela instalação de sistemas redutores de caudal, como os chuveiros economizadores e os filtros arejadores. Estes sistemas proporcionam um conforto de utilização semelhante ao de um chuveiro ou torneira normal, mas com cerca de metade do caudal de água.

##### **3.6.1.1 – Legislação em Portugal**

O regulamento exige a avaliação das necessidades de anuais de energia útil para a preparação de águas quentes sanitárias (Nac) e prevê também a obrigatoriedade de utilização de coletores solares para aquecimento de águas sanitária, sempre que haja exposição solar adequada. Prevê também a possibilidade de utilização de outras formas de energia renovável que seja captada no edifício para esse ou outros fins. [29]

A diretiva comunitária transposta pelo decreto-lei 80/2006 obriga a contabilizar todos os consumos energéticos importantes, entre os quais as necessidades de energia para a preparação de águas quentes sanitárias. O objetivo é favorecer a utilização de energias renováveis, entre as quais a energia solar, considerando ser a que, para já, está mais amplamente disponível para consumo doméstico.

Com o novo regulamento, a instalação de sistemas solares para aquecimento de águas domésticas, nos novos edifícios, ou para grandes reabilitações, tornou-se obrigatória, sempre que haja terraços ou coberturas inclinadas orientadas entre os quadrantes sudeste e sudoeste.

### 3.6.1.2 – Tipos de equipamentos para produção de água quente

A produção de água quente é o segundo maior fator de consumo de energia em casa representando 23,5% do total.

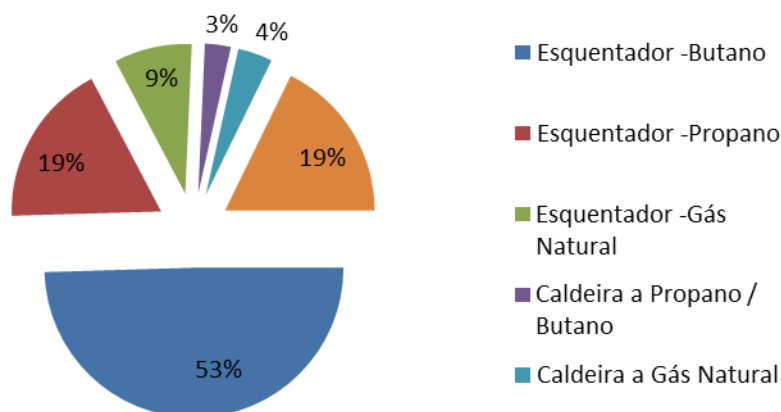


Figura 27- Utilização de equipamentos de produção de águas quentes sanitárias (AQS)  
(Fonte: Estudo ICESO 2010, DGEG e INE)

Os esquentadores a gás são os equipamentos de produção de água quente mais utilizados nas habitações portuguesas, figura 27.

Para a produção de água quente existem vários equipamentos no mercado, tais como:

- Sistemas solares térmicos: a radiação solar é convertida em calor. Por não serem autossuficientes, obrigam à instalação de sistemas de apoio.
- Esquentadores: a produção de calor é principalmente obtida através da combustão de gás natural, propano ou butano e aquecem apenas a água a consumir instantaneamente. Também existem esquentadores elétricos.
- Bombas de calor ar – água: são aparelhos elétricos de baixa potência, que através de um circuito frigorífico, aproveitam o calor do ar ambiente (energia renovável) para aquecer a água.
- Termoacumuladores elétricos: são depósitos de acumulação de água equipados de resistência elétrica que transforma a energia elétrica em energia calorífica, para aquecimento da água. Também existem termoacumuladores a gás.

### 3.6.1.3 - A energia solar em Portugal para a produção de água quente

Portugal dispõe de um número médio de 2200 a 3000 horas de sol por ano no continente e entre 1700 e 2200, respetivamente, nos Açores e na Madeira.

Atualmente, 94% dos novos edifícios construídos em Portugal têm coletores solares térmicos instalados. [28]

O sistema solar térmico converte a energia solar em calor útil através do coletor solar térmico colocado no exterior do edifício, geralmente na cobertura, por onde circula um fluido de transferência térmica. Uma rede de tubagem permite o escoamento do fluido de transferência térmica entre o coletor, onde é aquecido, e o depósito de acumulação, onde é armazenada a energia térmica. O armazenamento no depósito permite a utilização da água quente nos períodos em que as necessidades não coincidem com a disponibilidade do recurso, por exemplo, à noite.

Para aplicações de produção de água quente sanitária, existem 2 tipos de soluções:

- Termossifão: no sistema em termossifão todos os componentes do sistema solar térmico estão no exterior e o depósito é colocado a uma cota superior à do coletor solar. O fluido térmico é aquecido no coletor e, com o aumento da temperatura, fica mais leve deslocando-se para o ponto mais alto, o depósito, onde transfere a energia à água da rede armazenada. Este movimento é contínuo e só cessa quando a radiação é baixa ou nula, por exemplo à noite, figura 28 .



Figura 28- Sistema de termossifão (Fonte: ADENE)

- Sistema de circulação forçada: o sistema de circulação forçada requer uma bomba de circulação para movimentar o fluido térmico do coletor para o depósito, o que permite a colocação do depósito numa zona protegida das intempéries. A bomba de circulação é controlada por um sistema de comando que integra sondas de temperatura, permitindo o seu acionamento só quando a temperatura do fluido no coletor for superior à da água no depósito, figura 29,.



Figura 29- Sistema de circulação fechada (Fonte: ADENE)

### **3.6.2- Reabilitação térmica dos sistemas de aquecimento e de arrefecimento**

Os sistemas de aquecimento e arrefecimento desempenham um papel essencial no lar e são, indubitavelmente, os que têm maior impacto no conforto ambiente. São, ao mesmo tempo, responsáveis por uma parte significativa da fatura energética da habitação e pelas emissões de gases poluentes para a atmosfera, daí que a sua eficiência energética seja fundamental.

A eficiência energética de um sistema de aquecimento e/ou arrefecimento num edifício atinge o nível mais elevado quanto menor for o consumo de energia para manter as condições de calor o mais estáveis possíveis, proporcionando assim o bem-estar das pessoas.

#### **3.6.2.1 –Necessidades nominais de aquecimento**

As necessidades nominais de aquecimento de uma fração autónoma (N<sub>ic</sub>) são calculadas para a duração convencional da estação de aquecimento da localidade em que se situa o edifício e correspondem à energia útil que é necessário fornecer para que

no interior seja mantida uma temperatura constante de 20°C. O método utilizado baseia-se na seguinte expressão: [29]

$$N_{ic} = (Q_t + Q_v - Q_{gu})/A_p$$

em que:

$N_{ic}$  – Necessidades Nominais anuais de energia útil para aquecimento do edifício [kWh/m<sup>2</sup>.ano];

$Q_t$  – Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios [kWh];

$Q_v$  – Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento [kWh];

$Q_{gu}$  – Ganhos térmicos uteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes [kWh];

$A_p$  – Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior [m<sup>2</sup>]

### **3.6.2.2 - Necessidades Nominais de Arrefecimento**

As necessidades nominais de arrefecimento de uma fração autónoma ( $N_{vc}$ ) são calculadas para os quatro meses de Verão – junho a setembro (122 dias), definidos pelo REH como a estação convencional de arrefecimento – e correspondem à energia útil que seria necessário retirar para que no interior não seja excedida a temperatura de 25°C. O método utilizado baseia-se na seguinte expressão [29]:

$$N_{vc} = Q_g \cdot (1 - \eta) / A_p \text{ [kWh/m}^2 \cdot \text{ano]}$$

em que:

$N_{vc}$  – Necessidades Nominais anuais de energia útil para arrefecimento do edifício [kWh/m<sup>2</sup>.ano];

$Q_g$  – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento, [kWh];

$\eta$  – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

$A_p$  – Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior [m<sup>2</sup>]

### 3.6.2.3 - Tipos de equipamentos para aquecimento ambiente central

Cerca de 22% do consumo de energia em casa de uma família portuguesa é destinada ao aquecimento do ambiente, figura 30.[1] e [14]

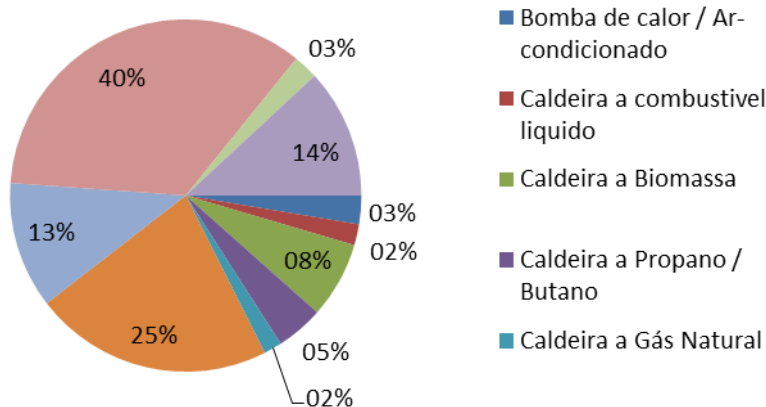


Figura 30- Peso da utilização de Equipamentos de Aquecimento Ambiente Central (Fonte: Estudo ICESO 2010, DGEG e INE)

Para aquecimento ambiente central, existem diversas soluções:

- Caldeiras: são aparelhos em que a produção de calor é principalmente obtida através da combustão de um combustível.
- Recuperadores de calor e Salamandras: são aparelhos alimentados a biomassa sólida (lenha ou pellets) em que a produção de calor provem da combustão libertando calor diretamente no espaço a aquecer.
- Bombas de calor Ar-Agua: à semelhança das caldeiras, recuperadores de calor e salamandras, as bombas de calor também podem produzir água quente sanitária e aquecimento de ambiente. Dentro dos equipamentos elétricos, são os mais eficientes.

### 3.6.2.4 - Produção de água quente para aquecer a habitação – aquecimento central

Num sistema destinado ao aquecimento das habitações, que possa produzir água quente para uso doméstico, a instalação centralizada de aquecimento pode ser individual ou coletiva, figura 31. Em ambos os casos é aquecido um fluido de um gerador de calor e conduzido aos elementos consumidores para aquecer as divisões.

Os sistemas de aquecimento central mais comuns integram as seguintes componentes [30]:

- Gerador de calor: geralmente uma caldeira, na qual recomenda-se que a água seja aquecida à temperatura de 70°C. O aquecimento a temperaturas superiores causa maior desgaste dos equipamentos e não garante maior conforto.
- Unidades de regulação e controlo: servem para adequar a resposta do sistema às necessidades de aquecimento, procurando que se alcancem, mas não se ultrapassem as temperaturas de conforto preestabelecidas.
- Sistema de distribuição e emissão de calor: composto por tubagens, bombas e radiadores no interior dos quais a água circula distribuindo o calor.

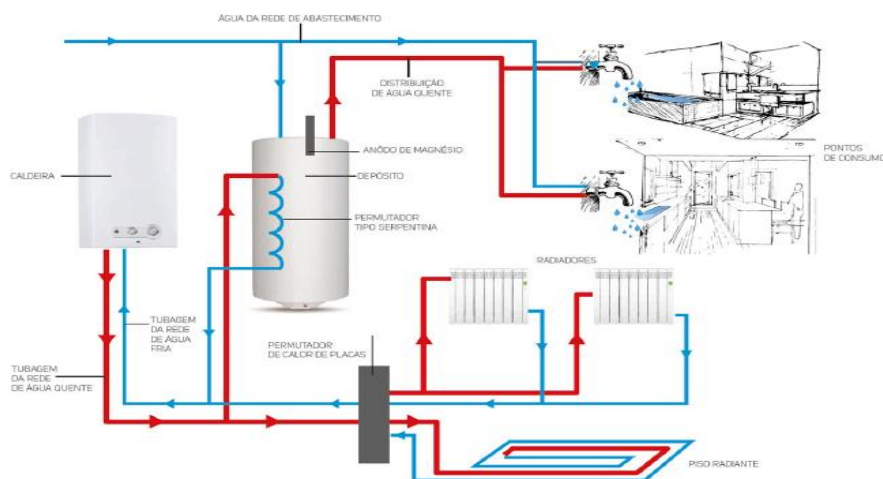


Figura 31- Esquema relativo à Produção de água quente para aquecer a casa – Aquecimento Central (Fonte: ADENE)

## **CAPÍTULO 4. ESTUDOS DE CASO**

### **4.1. Introdução**

De entre as diversas medidas para se conseguir melhorar o desempenho energético do edifício, pode-se salientar as seguintes:

- Reabilitação térmica da envolvente do edifício;
- Redução dos consumos energéticos por alteração das suas soluções construtivas e recurso a tecnologias solares passivas;
- Recurso a tecnologias solares ativas – implementação de energias renováveis (por exemplo energia solar térmica para produção de AQS – Águas quentes sanitárias);
- Reabilitação energética dos sistemas e instalações – implantação de equipamentos com melhores rendimentos e consumo mais baixo.

### **4.2. Edifícios em análise**

Neste capítulo serão apresentados de forma detalhada todos os aspetos importantes a considerar para o cálculo do desempenho energético de três edifícios de habitação, segundo o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH). Esta escolha centrou-se essencialmente em três casos de estudo - três edifícios de habitação unifamiliar com a mesma época de construção de construção e mesma localização. Tenta-se analisar e quantificar, ao realizar diferentes cenários de intervenção, as melhorias de desempenho energético e de redução do gasto de energia nos diferentes edifícios.

A análise de sensibilidade incide sobre três cenários de melhoria:

- Cumprimento dos requisitos mínimos propostos no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) em vigor, em termos de requisitos de envolvente e de sistemas técnicos.
- Melhoramento dos isolamentos da envolvente do edifício, mantendo os sistemas técnicos propostos pelo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH);
- Melhoramento dos sistemas de aquecimento, de arrefecimento e dos sistemas de produção de águas quentes sanitárias, nomeadamente a utilização de sistemas solares,

mantendo a envolvente do edifício conforme os mínimos do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

#### **4.2.1 Edifícios unifamiliares**

Nos presentes casos, os três edifícios em estudos localizam-se em Braga, que se integra na zona climática I2-V2 Norte. [31]

A cota de implantação do edifício, segundo a planta topográfica, aponta para uma altitude de 391 m. A duração da estação de aquecimento será de 7,2 meses e um número de graus-dias de aquecimento igual a 1653 °C. A temperatura exterior de projeto de verão é 20,8°C. [31]

Os edifícios unifamiliares em análise representam uma construção típica dos anos 90 do século passado. Através de uma recolha no local, foi possível verificar os processos construtivos e materiais utilizados na época de construção.

A estrutura de suporte é constituída por parede dupla com caixa- de- ar e isolamento no interior. Os pavimentos são constituídos por lajes aligeiradas com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas a que acresce uma betonilha de regularização e um acabamento em tacos de madeira semi densa, exceto cozinhas, casas de banhos e despensa, que são em material cerâmico. As divisórias interiores são em tijolo furado de 11cm de espessura. A cobertura é inclinada, composta por várias águas, assente na laje de teto através de uma estrutura e revestida a telha cerâmica.

Em relação às caixilharias, estas são em madeira envernizada com vidro simples, servidos de estores exteriores como dispositivo de oclusão noturna e possui caixa de estore.

Os vãos envidraçados apresentam um valor do U de 3,40W/m<sup>2</sup>. °C.

Em relação ao sistema de preparação de águas quentes sanitárias e sistema de climatização, os edifícios utilizam aquecedores de resistência elétrica para aquecimento ambiente nos quartos e na sala possui uma salamandra a lenha A produção de água quente sanitária é produzida por intermédio de um esquentador a gás butano, possuem uma potência de 8,7 kW e eficiência de 0,6, tabela 5. Pela antiguidade do imóvel crê-se que as tubagens de abastecimento não se encontram isoladas.

Para cada edifício de estudo foi realizado o calculo dos valores referentes á ventilação (RPH,I e RPH,V) com base na folha de calculo disponibilizada pelo LNEC, que se encontra no anexo A1.

Tabela 5- Caracterização dos sistemas técnicos presentes nos edifícios em estudo

Sistema	Função	Caracterização do sistema
Esquentador a gás butano	Aquecimento de água quente sanitária	Eficiência: 0,6 Potencia: 8,7 KW
	Aquecimento do ambiente	Eficiência: 0,68 Fração servida: 24%
Salamandra a lenha	Aquecimento do ambiente	Eficiência: 1,0 Fração servida: 25%
Radiadores elétricos		

### 4.3. Descrição geral do edifício 1

O edifício em estudo situa-se no distrito de Braga, no concelho de Vieira do Minho. O edifício é caracterizado por construção de cariz rural, sendo a sua zona climática de inverno I2 e verão V2.

O edifício é composto por dois pisos, sendo o primeiro piso (Piso 1) destinados a garagem, arrumos e habitação e o segundo piso (Piso2) destinado somente a habitação.

O primeiro piso é composto por um quarto, uma instalação sanitária, hall, arrumos e garagem, o segundo piso é composto por dois quartos, cozinha, três instalações sanitárias, hall de entrada e um salão.

No anexo A2.1, encontram-se as plantas do edifício, bem como cortes e alçados, identificação das zonas úteis e zonas não úteis e marcação das envolventes.

#### 4.3.1 Caracterização geométrica do edifício 1

O edifício em questão é de tipologia T3 e possui uma área útil de 194,0m<sup>2</sup>

Tomando em conta as definições de envolvente e de espaço útil e não útil, identificaram-se nas plantas e cortes constantes nas peças desenhadas os elementos das envolventes:

- Zona não útil: Desvão da cobertura, vazio sanitário e garagem;
- Zona útil: habitação completa excetuando desvão da cobertura, vazio sanitário e garagem
- Elementos da envolvente interior com requisitos de exterior: Desvão não habitável com btr de 0,8
- Elementos da envolvente interior com requisitos de interior: Vazio sanitário com btr de 0,5 e garagem com btr de 0,7.

No anexo A3.1, encontram-se os cálculos dos btr, dos três edifícios em estudo.

### **4.3.2. Caracterização térmica e construtiva da envolvente - situação existente**

Dentro deste item pretende-se descrever as características construtivas do edifício na sua situação atual, referindo essencialmente as propriedades dos seus elementos constituintes, nomeadamente paredes exteriores, paredes interiores pavimentos, coberturas e vãos envidraçados.

No anexo A4.1, encontram-se as soluções construtivas e os cálculos dos coeficientes de transmissão térmica, U, e as tabelas com o cálculo das pontes térmicas planas, referentes ao edifício de estudo 1.

### **4.4 Descrição geral do edifício 2**

O edifício em estudo situa-se no distrito de Braga, no concelho de Vieira do Minho. O edifício é caracterizado por construção de cariz rural, sendo a sua zona climática de inverno I2 e verão V2.

O edifício é composto por dois pisos, sendo o primeiro piso (Piso 1) destinados a garagem, e o segundo piso (Piso2) destinado somente a habitação (três quartos, cozinha, dois WC, hall de entrada e uma sala).

No anexo A2.2, encontram-se as plantas do edifício, bem como cortes e alçados, identificação das zonas úteis e zonas não úteis e marcação das envolventes.

#### **4.4.1 Caracterização geométrica do edifício 2**

O edifício em questão é de tipologia T3 e possui uma área útil de 92,0m<sup>2</sup>

Tomando em conta as definições de envolvente e de espaço útil e não útil, identificaram-se nas plantas e cortes constantes nas peças desenhadas, os elementos das envolventes:

- Zona não útil: Desvão da cobertura e garagem;
- Zona útil: habitação completa excetuando desvão da cobertura e garagem
- Elementos da envolvente interior com requisitos de exterior: Garagem com btr de 0,8
- Elementos da envolvente interior com requisitos de interior: Desvão não habitável com btr de 0,7

No anexo A3.2, encontram-se os cálculos dos btr e a marcação das envolventes e das zonas úteis e zonas não úteis

#### **4.4.2. Caracterização térmica e construtiva da envolvente - situação existente.**

Dentro deste item, pretende-se descrever as características construtivas do edifício na sua situação atual, referindo essencialmente as propriedades dos seus elementos constituintes, nomeadamente paredes exteriores, paredes interiores, pavimentos, coberturas e vãos envidraçados.

No anexo A4.2, encontram-se as soluções construtivas e os cálculos dos coeficientes de transmissão térmica, U, e as tabelas com o cálculo das pontes térmicas planas, referentes ao edifício de estudo 2.

### **4.5 Descrição geral do edifício 3**

O edifício em estudo situa-se no distrito de Braga, no concelho de Vieira do Minho. O edifício é caracterizado por construção de cariz rural, sendo a sua zona climática de inverno I2 e verão V2.

O edifício é composto por dois pisos, sendo o primeiro piso (Piso 1) destinados a garagem, e o segundo piso (Piso2) destinado somente a habitação (três quartos, cozinha, dois WC, hall de entrada e uma sala)

No anexo A2.3, encontram-se as plantas do edifício, bem como cortes e alçados, identificação das zonas úteis e zonas não úteis e marcação das envolventes.

#### **4.5.1 Caracterização geométrica do edifício 3**

O edifício em questão é de tipologia T3 e possui uma área útil de 98,8m<sup>2</sup>

Tomando em conta as definições de envolvente e de espaço útil e não útil, identificaram-se nas plantas e cortes constantes nas peças desenhadas, os elementos das envolventes:

- Zona não útil: Desvão da cobertura e garagem;
- Zona útil: habitação completa excetuando desvão da cobertura e garagem
- Elementos da envolvente interior com requisitos de exterior: Garagem com btr de 0,5

- Elementos da envolvente interior com requisitos de interior: Desvão não habitável com btr de 0,8

No anexo A3.3, encontra-se os cálculos dos btr e a marcação das envolventes e das zonas uteis e zonas não uteis.

#### **4.5.2. Caracterização térmica e construtiva da envolvente - situação existente.**

Dentro deste item, pretende-se descrever as características construtivas do edifício na sua situação atual, referindo-se essencialmente as propriedades dos seus elementos constituintes, nomeadamente paredes exteriores, paredes interiores, pavimentos, coberturas e vãos envidraçados.

No anexo A4.3, encontram-se as soluções construtivas e os cálculos dos coeficientes de transmissão térmica, U, e as tabelas com o cálculo das pontes térmicas planas, referentes ao edifício de estudo 3.

### **4.6. Análise do desempenho dos edifícios em estudo**

#### **4.6.1. Edifício em estudo 1**

Este edifício, em termos energéticos, apresenta necessidades nominais de aquecimento com valor de 140,01kWh/m<sup>2</sup>. ano, de arrefecimento com o valor de 5,06 kWh/m<sup>2</sup>. ano. As emissões de CO<sub>2</sub> são de 8,18 Ton/ano. Apresenta uma classe energética D.

#### **4.6.2. Edifício em estudo 2**

Este edifício, em termos energéticos, apresenta necessidades nominais de aquecimento com o valor de 153,5 kWh/m<sup>2</sup>. ano, de arrefecimento com valor de 0,71 kWh/m<sup>2</sup>. As emissões de CO<sub>2</sub> são 4,14 Ton/ano. Apresenta uma classe energética D.

### **4.6.3. Edifício em estudo 3**

Este edifício em termos energéticos apresenta necessidades nominais de aquecimento com o valor de 131,52 kWh/m<sup>2</sup>. ano, de arrefecimento com o valor 2,84 kWh/m<sup>2</sup>. ano. As emissões de CO<sub>2</sub> são de 4,22Ton/ano. Apresenta uma classe energética C.

Estes resultados foram retirados da folha de cálculo de avaliação do comportamento e do desempenho energético de edifícios de acordo com o REH (Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de agosto) do ITECONS, que se apresentam no anexo A5.

### **4.7. Cenários propostos de intervenção**

Os edifícios estudados foram objeto de um estudo de medidas de melhoria que visa identificar oportunidades para otimizar o desempenho energético, aumentar o conforto térmico e acústico e promover a salubridade dos espaços. Foi considerada a seguinte hierarquia de prioridades definida para o efeito, nomeadamente:

- Redução das necessidades de energia útil por intervenção na envolvente;
- Utilização de energias renováveis;
- Melhoria da eficiência dos sistemas;
- Sustentabilidade.

#### **4.7.1. Cenário 1\_Cumprimento do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)**

O regulamento prevê valores do coeficiente de transmissão térmica que devem ser considerados na conceção da envolvente opaca dos edifícios, quer em zona corrente, quer em zonas não correntes da envolvente, bem como estipula um fator solar admissível para os vãos envidraçados.

Na tabela 6 abaixo são indicados os limites impostos para os coeficientes de transmissão térmica de referência e os coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis para cada elemento da envolvente, em função da zona climática de Inverno em estudo. Embora os valores de referência não sejam obrigatórios, será neste sentido que de momento o mercado irá evoluir, embora no futuro se tenham que desenvolver soluções com valores bastante mais baixos.

Tabela 6- Requisitos energéticos – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos e de vão envidraçados, (Fonte: REH)

		<b>Zona climática</b>		
<b>Portugal Continental</b>				
<b>Zona corrente da envolvente:</b>		I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaço não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0,7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30
Vãos envidraçados (portas e janelas) (Uref)		2,80	2,40	2,20
<b>Portugal Continental</b>				
<b>Zona corrente da envolvente:</b>		I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaço não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} < 0,7$	Elementos opacos verticais	0,70	0,60	0,45
	Elementos opacos horizontais	0,45	0,40	0,35
Vãos envidraçados (portas e janelas) (Uref)		2,80	2,40	2,20

Nota 1: os requisitos indicados na presente tabela poderão ser progressivamente atualizados até 2020, por forma a incorporar estudos referentes ao custo benefício dos mesmos, bem como aos níveis definidos para os edifícios de necessidade de energia quase nula.

#### **4.7.1.1. Isolamento térmico nas paredes exteriores**

A estratégia de intervenção nas paredes exteriores pode ser concebida atendendo a três diferentes tipos de aplicação, nomeadamente o reforço do isolamento térmico pelo exterior, pelo interior ou na caixa-de-ar de paredes duplas.

Para a reabilitação deste caso de estudo, foi selecionado o reforço do isolamento térmico pelo exterior por este apresentar uma maior facilidade de aplicação e ser considerado mais eficaz. Dentro deste tipo de reforço foi considerada a solução que consiste em sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior, conhecidos como “ETICS”. A escolha desta solução deve-se ao facto de esta ser considerada mais eficiente em comparação com outros tipos de solução de reforço de isolamento pelo exterior.

Assim, para a análise desta medida de reabilitação, procedeu-se a aplicação de isolamento pelo exterior das fachadas, segundo o sistema (ETICS), com um aumento de 4 cm do isolamento térmico de EPS.

As resistências térmicas e a condutibilidade dos materiais apresentados recolhidas, conforme recomendado no RCCTE do ITE-50. [28]

Tabela 7- - Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), e a tipologia construtiva das paredes após alteração das paredes de fachada, no cenário 1.

<b>Parede exterior - PDE</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
Rse			0,04
Poliestireno expandido (EPS)	0,04	0,037	1,08
Revestimento Exterior em Argamassa	0,02	1,3	0,02
Tijolo cerâmico furado 15cm	0,15		0,39
Caixa de ar	0,02		0,18
Poliestireno expandido (EPS)	0,02	0,037	0,54
Tijolo cerâmico furado 11cm	0,11		0,27
Revestimento Interior em Argamassa	0,02	1,3	0,02
Rsi (interior)			0,13
	0,38	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>2,66</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,38</u></b>

#### 4.7.1.2. Pavimento exterior

Nos pavimentos em contacto com o exterior, a facilidade em colocar o isolante pelo lado inferior é muito maior do que nos pisos térreos, no entanto, devido à presença constante dos agentes meteorológicos externos, os isolamentos a ser colocados devem ser sempre protegidos por uma camada de recobrimento para que não se deteriorem ou se danifiquem.

Tabela 8- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), e a tipologia construtiva do pavimento exterior após intervenção de reabilitação, no cenário 1.

<b>Pavimento exterior descendente (pavimento em contacto com o exterior) - PVE</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
Rse			0,04
Revestimento cerâmico	0,02	0,34	0,06
Betunilha de regularização (argamassa tradicional)	0,04	1,3	0,03
Laje aligeirada	0,25		0,24
Revestimento exterior (Reboco)	0,02	1,3	0,02
Estrutura de suporte do teto falso			
<b>Caixa de Ar</b>	0,05		0,18
<b>XPS</b>	0,08	0,037	2,16
<b>Teto falso em placas de Gesso cartonado hidrófugo</b>	0,02	0,25	0,08
<b>Rsi</b>			0,17
	0,48	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>2,98</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,34</u></b>

#### 4.7.1.3. Vãos envidraçados exteriores

Atendendo a que o presente edifício foi construído na década de 90, os envidraçados são simples, embora a caixilharia apresente bom estado de conservação. Deste modo, para o caso de intervenção a nível dos vãos envidraçados, foi considerada a substituição do envidraçado pela colocação de vidro duplo standard 6+16+6, no intuito de melhorar o seu desempenho energético face às exigências atuais.

Tabela 9- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), tipo e características dos vãos envidraçados selecionados para análise, no cenário 1.

<b>Tipo</b>	<b>Camadas</b>	<b>Transmissão Solar</b>	<b>Coeficiente de transmissão térmica U (W/m<sup>2</sup>°C)</b>
<b>Duplo</b>	Vidro – incolor – 6mm		2,2
	Ar – 16mm		
	Vidro – incolor – 6mm		

#### 4.7.1.4. Isolamento térmico na cobertura

O edifício em estudo apresenta uma cobertura do tipo inclinada, pelo que a aplicação do isolamento térmico pode ser realizada através de dois procedimentos: isolamento da esteira horizontal; e isolamento das vertentes.

Considerando que o desvão existente não é destinado a habitação ou lazer (desvão não-habitável), afigura-se mais apropriado aplicar o isolamento térmico na esteira horizontal.

Assim, a análise desta medida de reabilitação consiste no aumento do isolamento térmico na esteira horizontal da cobertura, sendo aplicados painéis de lã de rocha com 8cm.

Tabela 10- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva da cobertura após intervenção de reabilitação, no cenário 1.

<b>Desvão- Fluxo descendente - CBI</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Lã de Rocha</b>	0,08	0,042	1,90
<b>Betonilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Lã de Rocha</b>	0,03	0,042	0,71
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento interior (Argamassa)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,17
	0,42	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>3,12</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,32</u></b>

#### 4.7.1.5. Pavimentos interiores

Os pavimentos interiores são elementos importantes no desempenho térmico de uma habitação.

Consoante a localização do pavimento, existem três diferentes tipos de reforço do isolamento na zona inferior do pavimento, isolamento na zona intermédia do pavimento, isolamento na zona superior do pavimento.

Tratando-se de um pavimento interior em contacto com espaços não úteis, o recomendado será aplicar o isolamento na zona inferior e intermédia do pavimento. Embora existam outras condicionantes, tais como o pé-direito do edifício, tipo de utilização, acessibilidade e caso se pretenda uma intervenção não destrutiva.

Esta é a solução mais vantajosa em relação à aplicação do isolamento na zona intermédia do pavimento e não implica o desmonte do soalho para colocar o isolamento. Como desvantagem, a colocação do teto falso tem a redução do pé-direito, mas no do edifício estudado não existe prejuízo na sua aplicação.

Assim, para a análise desta medida de reabilitação, procedeu-se a aplicação de teto falso em placas de gesso cartonado com caixa de ar nos pavimentos interiores em contacto com os espaços não uteis.

Tabela 11- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva do pavimento interior após intervenção de reabilitação, no cenário 1.

<b>Pavimento interior ascendente (sobre espaço não útil garagem) - PVI 1</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
Rse			0,04
Revestimento interior (Madeira semi-densa)	0,02	0,18	0,11
Betonilha de regularização (argamassa tradicional)	0,04	1,3	0,03
Laje aligeirada	0,25		0,24
Revestimento exterior (Reboco)	0,02	1,3	0,02
<b>Estrutura de suporte do teto falso</b>			
Caixa de Ar	0,03		0,18
Teto falso em placas de Gesso cartonado	0,015	0,25	0,06
Rsi			0,10
	0,375	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,78</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>1,29</u></b>

#### 4.7.1.6. Parede interior

O isolamento térmico pelo interior é normalmente efetuado através de painéis isolantes pré-fabricados ou, da aplicação de um contra fachada (pano de alvenaria ou forro contínuo) no lado interior da parede da parede a reabilitar. Esta última hipótese não é válida para o caso de estudo, uma vez que apenas serão tidos em conta soluções leves.

Optou-se pelo isolamento térmico pelo interior pois é uma solução leve e tratando-se de uma parede interior é a única a considerar. Esta solução consiste na aplicação de revestimento em placas de Gesso Laminado com isolamento incorporado de 4 cm.

Tabela 12- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva da parede interior após intervenção de reabilitação, no cenário 1.

<b>Parede Interior de separação de espaço útil de não útil - PDI</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
Rse			0,04
Placas de gesso com XPS	0,04		0,89
Revestimento Interior em Argamassa	0,02	1,3	0,02
Tijolo cerâmico furado 15 cm	0,15		0,39
Revestimento Interior em Argamassa	0,02	1,3	0,02
Rsi (interior)			0,13
	0,23	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>1,48</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,68</u></b>

#### 4.7.1.7. Colocação de coletor solar

Instalação de coletor solar, da marca "Calpack ", modelo: 12 VTN na cobertura inclinada com depósito de 200 litros para produção de águas quentes sanitárias, auxiliado pelo esquentador a gás butano já existente no edifício.

A Ficha técnica do coletor solar encontra-se no anexo A6.1

#### 4.7.1.8. Colocação de unidade de ar condicionado

Foi considerado para este cenário o sistema de ar condicionado interior de parede, Split "New York 9"

A Ficha técnica do coletor solar encontra-se no anexo A6.2

### 4.7.2 Cenário 2\_Melhoramento da envolvente exterior

#### 4.7.2.1. Parede exterior

Nesta medida de melhoria, procedeu-se a aplicação de isolamento pelo exterior das fachadas, segundo o sistema (ETICS), em painéis de lã mineral de 8 cm.

As resistências térmicas e a condutibilidade dos materiais apresentados, conforme o recomendado no RCCTE do ITE-50.

Tabela 13- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva da parede exterior após intervenção de reabilitação no cenário 2.

<b>Parede exterior - PDE</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
Revestimento Exterior em Argamassa	0,02	1,3	0,02
Tijolo cerâmico furado 15cm	0,15		0,39
Caixa de ar	0,02		0,18
Poliestireno expandido (EPS)	0,02	0,037	0,54
Tijolo cerâmico furado 11cm	0,11		0,27
Revestimento Interior em Argamassa	0,02	1,3	0,02
Painel lã mineral	0,08	0,036	2,22
Revoir (Acabamento final)			
Rsi (interior)			0,13
	0,42	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>3,80</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,26</u></b>

#### **4.7.2.2. Vãos envidraçados**

Os vãos envidraçados são elementos da envolvente exterior que influenciam de forma significativa o balanço energético dos edifícios, podendo ser responsáveis por 35 a 40% das perdas térmicas nos edifícios de habitação na estação aquecimento.

O reforço do isolamento dos vãos envidraçados consegue-se através das seguintes modalidades:

- Substituição dos componentes dos vãos por outros com desempenho térmico melhorado (caixilharia com corte térmico associada a vidros duplos);
- Utilização de envidraçados de elevado desempenho térmico (vidros de baixa emissividade);
- Criação de janelas duplas (incorporação de um segundo caixilho);
- Substituição de vidros simples por duplos.

O coeficiente *Uref* para vãos envidraçados é igual 2,40 W/(m<sup>2</sup>°C). Relativamente aos vidros, altera-se a solução existente de vidro simples incolor, por uma solução de vidro duplo (6-16-6) composto por "*Templa.lite Solar.lite Azul - Control Glass*" de pelo exterior e um vidro de baixa emissividade térmica "*LOW.S - Control Glass*" também de pelo interior entre os quais se encerra um espaço de preenchido com gás Árgon (*LOW.S - Control Glass*).

As caixilharias serão em PVC com corte térmico e isolamento incorporado.

Em relação às proteções solares manter-se-ão as existentes (régua exteriores plásticas).

#### **Características técnicas do vidro:**

Fornecimento e colocação de vidro duplo Solar Lite Controlo solar + LOW.S Baixa emissividade térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", conjunto constituído por vidro exterior *Templa.lite Solar.lite Azul* de 6 mm, caixa de gás desidratada com perfil separador de alumínio e dupla vedação perimetral, de 16 mm, preenchida com gás árgon e vidro interior de baixa emissividade térmica LOW.S de 6 mm de espessura, fixado sobre caixilharia com cunhagem através de calços de apoio perimetrais e laterais, vedação a frio com silicone Sikasil WS-305-N "SIKA", compatível com o material suporte

### Informação técnica do vidro:

- Transmissão térmica (valor U), segundo NP EN 673: 1.1 W/ (m<sup>2</sup>. °C)
  - Fator solar (coeficiente g), segundo NP EN 410: 19%
  - Transmissão luminosa, segundo NP EN 410: 17%
  - Índice de isolamento a sons de condução aérea diretos, Rw (dB) e termos de adaptação espectral C e Ctr, segundo EN 12758: 35 (-2; -5)
- Encontra-se no anexo A7.1 a ficha técnica referente ao vidro.

#### 4.7.2.3. Aplicação de isolamento sobre a laje de esteira no desvão de cobertura não habitável.

Para além da utilização do isolamento térmico e acústico de cortiça, figura 32, nas lajes de coberturas inclinadas, este pode ser empregue sobre lajes de esteiras horizontais (pavimento) de desvão de coberturas inclinadas, tanto em sótãos não acessíveis como em sótãos acessíveis. A utilização do aglomerado de cortiça em sótãos acessíveis destinados a arrumos, é viável devido à sua resistência mecânica e deformabilidade. No entanto, neste tipo de pavimento as placas de cortiça devem ser protegidas devido ao desgaste provocado pela circulação e pelas cargas pontuais.

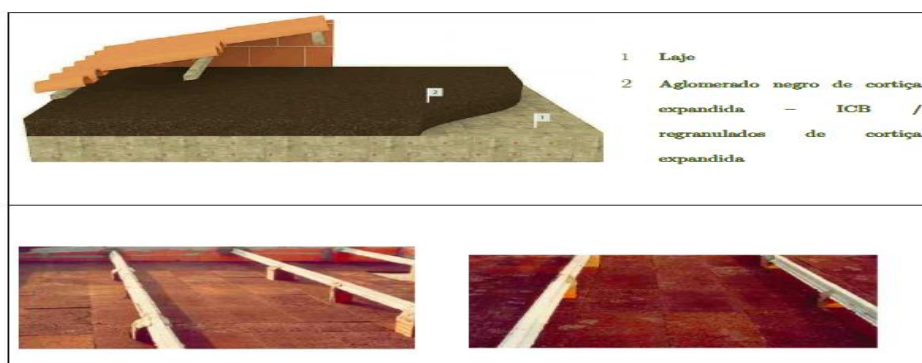


Figura 32- Exemplo de isolamento térmico e acústico utilizando cortiça em lajes de esteira

Tabela 14- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva do desvão após intervenção de reabilitação, no cenário 2.

<b>Desvão- Fluxo ascendente - CBI</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>□ (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
Rse			0,04
Painéis de Cortiça	0,1	0,04	2,50
Betunilha de regularização (argamassa tradicional)	0,04	1,3	0,03
Lã de Rocha	0,03	0,037	0,81
Laje aligeirada	0,25		0,24
Revestimento interior (Argamassa)	0,02	1,3	0,02
Rsi			0,10
	0,44	<b>R Total</b> (m2.°C/W)	<b><u>3,74</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,27</u></b>

#### **4.7.2.4. Aplicação de isolamento sobre pavimentos em contacto com espaços não úteis**

Se o isolamento for colocado na zona inferior do pavimento e se esta for uma zona acessível, a espessura do isolamento não trará grandes problemas para a sua colocação. No entanto, com a utilização de isolamento nesta zona, a perda de pé-direito será uma variável a ter em conta.

Neste tipo de pavimento, a facilidade em aceder à parte inferior é muito maior do que nos pavimentos em contacto com o terreno o que facilita bastante quer a colocação de isolamentos quer de tetos falsos. A colocação de tetos falsos, normalmente, é uma questão importante nestas situações, uma vez que os espaços não-úteis são usualmente local de passagem de pessoas e o acabamento destes é superior ao da colocação de um reboco sobre o isolante. Deste modo, optou-se pela colocação de tetos-falsos em todas os casos em que se aplique o isolamento pela zona inferior. Com isto, a colocação de isolamentos a granel e de lã mineral torna a ser uma hipótese viável.

Nesta solução optou-se pela reabilitação energética através do sistema "ISOVER" de isolamento termo-acústico pelo interior, através da colocação de painel compacto de lã mineral Arena, de alta densidade, Arena Master "ISOVER", segundo EN 13162, de 90 mm de espessura, sem revestir, apoiado diretamente sobre teto falso contínuo suspenso liso (12,5+27+27), com uma placa de gesso laminado A / EN 520 - 1200 / comprimento / 12,5 / bordo afinado, fixada a mestras separadas 1000 mm entre eixos e suspensas da laje ou elemento de suporte através de suspensões combinadas; e camada de tinta plástica com textura lisa, cor branca, acabamento mate, com uma demão de

primário com primário à base de copolímeros acrílicos em suspensão aquosa e duas demãos de acabamento com tinta plástica (rendimento: 0,187 l/m<sup>2</sup> cada demão).

Tabela 15- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva do pavimento interior após intervenção de reabilitação, no cenário 2.

<b>Pavimento interior ascendente (sobre espaço não útil garagem) - PVI 1</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>R (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>
Rse			0,04
Revestimento interior (Madeira semi-densa)	0,02	0,18	0,11
Betunilha de regularização (argamassa tradicional)	0,04	1,3	0,03
Laje aligeirada	0,25		0,24
Revestimento exterior (Reboco)	0,02	1,3	0,02
Estrutura de suporte do teto falso			
Caixa de Ar	0,03		0,18
Teto falso em placas de lã mineral	0,09	0,036	2,50
Rsi			0,10
	0,45	<b>R Total (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>	<b><u>3,22</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b><u>0,31</u></b>

#### 4.7.2.5. Aplicação de isolamento sobre paredes interiores em contacto com espaços não úteis.

Nesta solução optou-se pela reabilitação energética através do sistema "ISOVER" que consiste no revestimento interior direto sobre parede interior em contacto com espaço não útil, realizado com placa de gesso laminado, de 13 mm de espessura, com um painel de lã de vidro de 100 mm de espessura, Calibel "ISOVER", dimensões 1200x2600 mm.

Tabela 16- Cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U), características da tipologia construtiva da parede interior após intervenção de reabilitação, no cenário 2.

<b>Parede Interior de separação de espaço útil de não útil - PDI</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>R (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>
Rse			0,04
Placas de gesso laminado	0,013	0,25	0,05
Painéis de lã de vidro	0,1	0,04	2,50
Revestimento Interior em Argamassa	0,02	1,3	0,02
Tijolo cerâmico furado 15 cm	0,15		0,39
Revestimento Interior em Argamassa	0,02	1,3	0,02
Rsi (interior)			0,13
	0,303	<b>R Total (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>	<b><u>3,14</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b><u>0,32</u></b>

### **4.7.3. Cenário 3 - Melhoramento dos sistemas técnicos**

#### **4.7.3.1. Melhoria nos sistemas de Água quente sanitária**

A preparação de águas quentes sanitárias tem bastante peso nas questões da eficiência energética. Os sistemas de preparação de águas quentes podem ser: um simples esquentador a gás, caldeira a gasóleo ou gás, ou termoacumuladores elétricos (cilindro) ou a gás. Mais recentemente, difundiram-se os sistemas solares e bombas de calor.

A produção de águas quentes sanitárias é realizada por intermédio de um sistema de circulação forçada composto por dois coletores “*Calpack 12 VTN*”, orientados a Sul, com inclinação de aproximadamente 35° e área total de absorção de 4 m<sup>2</sup>. A este sistema de preparação de água quente sanitária, está associado um reservatório em aço inox de 200 litros.

Existe também um apoio ao coletor na produção de águas quentes sanitárias através de uma caldeira a pellets “*SOLZAIMA*”, com potência de 18 kW

Encontra-se no anexo A8.1 a ficha técnica referente a caldeira a pellets

#### **4.7.3.2. Melhoria da eficiência dos sistemas de climatização**

Numa habitação, um sistema de aquecimento central possibilita um aumento da temperatura ambiente sem retirar as principais qualidades do ar que respiramos.

É silencioso e permite que todo o espaço da casa seja aquecido, não se restringindo apenas a uma divisão. É, portanto, uma solução completa.

Assim, o aquecimento central conjuga o máximo conforto com a máxima economia, sendo a solução mais racional do ponto de vista energético.

Para garantir o funcionamento do sistema de aquecimento central é necessária uma caldeira mural ou de chão (gás, gasóleo e biomassa - lenha ou pellets), ou bombas de calor, que aqueçam a água.

Esta água quente percorre a rede de tubagem até chegar aos diversos elementos emissores de calor - radiadores e toalheiros - que compõem o sistema.

A circulação de água quente nos radiadores permite, assim, o aumento da temperatura ambiente, de uma forma homogénea e natural.

O funcionamento de um sistema de aquecimento central pode ser controlado e otimizado através dos indispensáveis sistemas de controlo, programadores e

termóstatos, para que seja o mais eficiente possível. Aos utilizadores garante-se todo o conforto, com o controlo dos gastos de energia.

Os sistemas de aquecimento central podem ser de baixa temperatura (temperatura média do fluido térmico cerca de 35° C a 40° C) ou sistemas convencionais (temperatura média do fluido térmico cerca de 70°C).

A escolha do regime de temperatura é dependente dos elementos emissores de calor para aquecimento do espaço:

- Sistemas convencionais: radiadores e toalheiros
- Sistema de baixa temperatura: piso radiante.

Como forma de climatização (aquecimento/arrefecimento), a renovação do ar interior da moradia processa-se com base em ventilação natural.

Os edifícios analisados não possuem pré-instalação de aquecimento para radiadores.

O novo sistema passa pela instalação de radiadores e as tubagens necessárias, ligados a uma caldeira a pellets para aquecimento ambiente interior e águas quentes sanitárias.

O sistema de aquecimento ambiente interior é realizado através de uma caldeira a pellets “SOLZAIMA”, com potência de 18 kW.

#### **4.8. Conclusões dos casos de estudo**

A partir da análise térmica dos três casos de estudo verifica-se o seguinte:

- A reabilitação energética de um edifício existente deve ser analisada caso a caso, através de um levantamento rigoroso dos consumos energéticos, considerando que o sistema construtivo, a forma e a distribuição dos diversos tipos de utilização interferem no desempenho térmico do edifício.
- A relação entre o construído e o exterior será um dos fatores mais importantes a considerar, sendo que o tratamento da envolvente exterior deve ser bem equacionado a fim de reduzir as perdas de calor.
- Constata-se que a redução de consumo energético cresce em função das intervenções efetuadas e o tipo de sistema construtivo.
- O efeito da implementação de energias renováveis representa sempre uma medida de economia de energia primária não renovável e, por conseguinte, uma

diminuição nas emissões de CO<sub>2</sub>. Contudo, a seleção do sistema de apoio reveste-se de particular importância. Independentemente do sistema de apoio escolhido, a introdução do sistema solar térmico para a produção de água quente comporta uma poupança de energia das necessidades de preparação de água quente.

- Pode -se concluir que os edifícios estudados, no estado atual, não conseguem cumprir as exigências regulamentares.
- Com as intervenções propostas para cada um dos edifícios observou-se uma diminuição sequencial das necessidades de aquecimento, devido a uma melhoria de isolamento térmico dos elementos que as constituem, fazendo com que os edifícios tenham menos trocas de calor com o exterior.
- As medidas de melhoria com os sistemas de equipamentos permitem verificar que os edifícios fiquem melhor classificadas energeticamente e, por sua vez, mais independentes do consumo de energia, o que vai de encontro com um edifício mais sustentável e eficiente pretendido pelo REH.

## **CAPÍTULO 5- ANÁLISE ECONÓMICA DOS CENÁRIOS PROPOSTOS**

### **5.1. Introdução**

A aplicação de qualquer medida de reforço térmico na envolvente dos edifícios a reabilitar corresponde a um investimento inicial que se pretende economicamente rentável.

Cada vez mais é essencial conjugar a reabilitação dos edifícios existentes com a redução dos custos energéticos, mas também com o investimento efetuado. Pretende-se, então, que as medidas adotadas na reabilitação dos edifícios sejam tecnicamente adequadas e economicamente viáveis e exequíveis, de maneira a que produzam melhorias ao nível do conforto e bem-estar e da qualidade do ambiente interior, diminuindo os custos associados aos gastos energéticos.

Para esta análise importa, em primeiro lugar, conhecer os custos da aplicação das diferentes medidas de reabilitação e os custos associados ao consumo energético a fim de determinar o custo de investimento e a poupança de energia relativa a cada intervenção.

A viabilidade económica do investimento de reabilitação energética realizada caso a caso, é analisada, de acordo com o método *Life Cycle Cost* (LCC).

### **5.2 - Princípios de cálculo para a análise económica - Método Life Cycle Cost (LCC)**

O método LCC é usado para fazer escolhas efetivas, numa perspetiva de custo, para um edifício, instalação ou sistema. A ênfase está no lado dos custos porque este método é usado para avaliar alternativas que concorram essencialmente com base nos custos.

Define-se um desempenho – padrão e somente as soluções que atinjam esse padrão são consideradas. A solução candidata que tenha um custo global mínimo é a solução mais eficiente na perspetiva de custos. [32]

O método LCC é dado pela seguinte expressão:

$$LCC = \sum_t^N \frac{Ct}{(1+d)^t}$$

**em que:**

LCC - Life-Cycle Cost

Ct- Soma de todos os custos significativos, ajustados no tempo, relevantes para um determinado curso de ação durante o período de estudo;

N- N.º de períodos que compreendem o período de estudo;

d- Taxa de atualização para ajustar os cash-flows ao valor atual.

Este método é simples e envolve a execução dos seguintes passos:

- Calcular todos os custos significativos associados a uma determinada solução, ajustados no tempo, durante o período de tempo relevante. Incluem custos iniciais e futuros que são afetados pela decisão.
- Subtrair dos custos quaisquer cash-flows positivos, tais como valores residuais ou de revenda, que têm que ser tidos em conta na tomada de decisão.
- Repetir o cálculo do LCC para qualquer alternativa mutuamente exclusiva, da qual uma escolha tem que ser feita.
- Comparar os LCCs associados a cada uma dessas alternativas para ver qual delas tem o valor mais baixo. Se todos os fatores permanecerem constantes, escolhe-se a alternativa que tenha o LCC mínimo.

### **5.3 Custos de intervenção e custos de energia nos edifícios em análise**

#### **5.3.1 Custo de investimento**

Entende-se por custo de investimento, um gasto ou aplicação de recursos com a expectativa de retorno financeiro no futuro que compense, inclusivamente, a perda de uso desse recurso durante o tempo de aplicação.

Assim, para a determinação dos custos de investimento da intervenção nos edifícios foi necessário recorrer a uma base de dados *on-line* gratuita do CYPE Ingenieros, S.A., denominado Gerador de Preços. Foram também solicitados orçamentos a empresas de fornecimento e instalação de equipamentos.

Os custos de investimentos dizem respeito a todos os custos de aquisição de materiais e de equipamentos, custos de aplicação e instalação (mão-de-obra), custo de aluguer de

alguns acessórios/equipamentos para execução da obra, bem como os custos de manutenção.

Os custos analisados foram aplicados a quatro cenários diferentes, sendo:

- Cenário Atual- Consideração das soluções existentes no edifício sem qualquer tipo de alteração
- Cenário 1- (Cumprimento do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)). Procedeu-se a diversas soluções de melhoria, dependentes de caso para caso, a fim de que em todos os edifícios em estudo se verifique o cumprimento do mínimo regulamentar;
- Cenário 2 - (Reabilitação térmica dos elementos da envolvente do edifício). Procedeu-se a diversas soluções de melhoria da envolvente, dependentes de caso para caso, a fim de que em todos os edifícios em estudo se verifique uma melhoria da classe de energia;
- Cenário 3 - (Melhoria dos equipamentos técnicos do edifício). Procedeu-se a uma melhoria dos equipamentos que vai além do mínimo regulamentar. Os elementos construtivos da envolvente mantiveram-se iguais aos do cenário 1, a fim de que todos os edifícios em estudo se verifique uma melhoria da classe de energia.

O custo de investimento de cada medida de reabilitação estudada foi determinado pelo somatório da multiplicação da área dos elementos pelo seu preço unitário.

No anexo B1 são apresentadas o custo do investimento de cada medida de reabilitação, as necessidades energéticas antes e após a reabilitação e a variação das necessidades energéticas após cada intervenção.

### **5.3.2 Custos de Energia**

Para determinar os custos associados ao consumo energético de cada edifício, é necessário conhecer as necessidades de energia final, o custo de energia em função da fonte energética e a previsão da sua evolução. Através da consulta dos preços de referência indexados pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE),

verifica-se que o preço médio de aquisição de energia elétrica para consumidores domésticos no ano de 2016 é de 0,17 €/kWh.

Tabela 17- Custo da energia (€/kWh) para cada fonte energética (Fonte: ERSE)

<b>Fonte energética</b>	<b>Custo (€/kWh)</b>
Biomassa	0,05
Eletricidade	0,17
Gás Butano	0,151

#### **5.4 Análise económica das intervenções nos edifícios em análise**

Aplicando o método LCC, e atendendo à previsão da evolução do preço da energia, foi determinado o custo total associado aos consumos energéticos e o custo total de investimento de cada medida de reabilitação dos diferentes cenários, admitindo-se um horizonte temporal de 30 anos para o período de estudo dos edifícios analisados. Foram admitidas duas modalidades de evolução do preço de energia: uma evolução constante do preço de energia, em termos reais; e uma taxa de crescimento do preço de energia de 3.5% por ano, em termos reais, a partir do ano 6 do período de estudo.

Admitiu-se, ainda, uma taxa de atualização real de 3,5% e, em cada 10 anos, é introduzido o custo de manutenção relativo a cada solução de melhoria.

Os valores dos diferentes custos e de LCC dos diferentes cenários estão representados para os três edifícios nas tabelas 21 a 23 e o de LCC também em forma gráfica (gráficos 1 a 4) para uma melhor ilustração. O cálculo do LCC faz-se para as duas formas de evolução previstas para o preço de energia. Os valores são representados em €/m<sup>2</sup> para uma melhor comparação dos custos e de LCC nos diferentes cenários de reabilitação dos edifícios.

No anexo B2 apresenta-se os cálculos do LCC (evolução constante do preço de energia) e os cálculos do LCC (aumento de 3,5% p. a. do preço de energia) para um período de estudo de 30 anos, bem como o cálculo do gasto de energia para cada edifício em estudo,

Tabela 18- Custos de investimento e de energia e LCC do edifício 1, nos diferentes cenários (€/m<sup>2</sup>)

<b>Edifício 1</b>				
	<b>Existente</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
<b>Gasto de Energia anual (ano base)</b>	11,85 €	3,85 €	3,81 €	5,25 €
<b>Custo de investimento</b>	0,00 €	179,54 €	249,78 €	226,21 €
<b>LCC (evolução constante do preço de energia)</b>	217,90 €	244,36 €	314,15 €	316,34 €
<b>LCC (aumento de 3,5% p. a. do preço de energia)</b>	311,95 €	272,86 €	332,11 €	352,75 €
<b>Classe energética</b>	D	B-	B	A+

Tabela 19- Custos de investimento e de energia e LCC do edifício 2, nos diferentes cenários (€/m<sup>2</sup>)

<b>Edifício 2</b>				
	<b>Existente</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
<b>Custo de energia anual (ano base)</b>	19,10 €	6,20 €	3,82 €	4,11 €
<b>Custo de investimento</b>	0,00 €	207,86 €	272,18 €	306,21 €
<b>LCC (evolução constante do preço de energia)</b>	351,26 €	313,79 €	337,24 €	378,82 €
<b>LCC (aumento de 3,5% p. a. do preço de energia)</b>	502,88 €	365,49 €	365,15 €	412,26 €
<b>Classe energética</b>	D	B	A	A+

Tabela 20- Custos de investimento e de energia e LCC do edifício 3, nos diferentes cenários (€/m2)

<b>Edifício 3</b>				
	<b>Existente</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
<b>Custo de Energia anual (ano base)</b>	18,53 €	6,20 €	3,91 €	3,83 €
<b>Custo de investimento</b>	0,00 €	232,88 €	322,97 €	324,53 €
<b>LCC (evolução constante do preço de energia)</b>	340,88 €	338,93 €	389,36 €	391,17 €
<b>LCC (aumento de 3,5% p.a. do preço de energia)</b>	481,58 €	394,48 €	420,72 €	425,56 €
<b>Classe energética</b>	C	B	A	A+

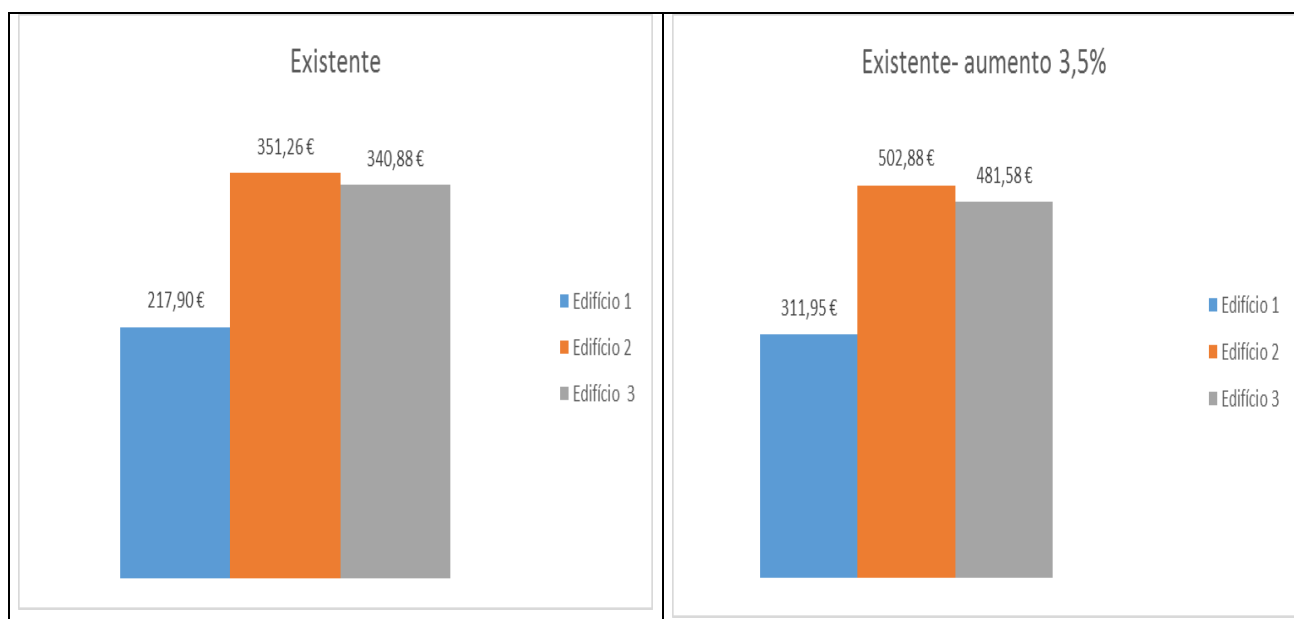


Gráfico 1- LCC para os diferentes edifícios no cenário Existente.

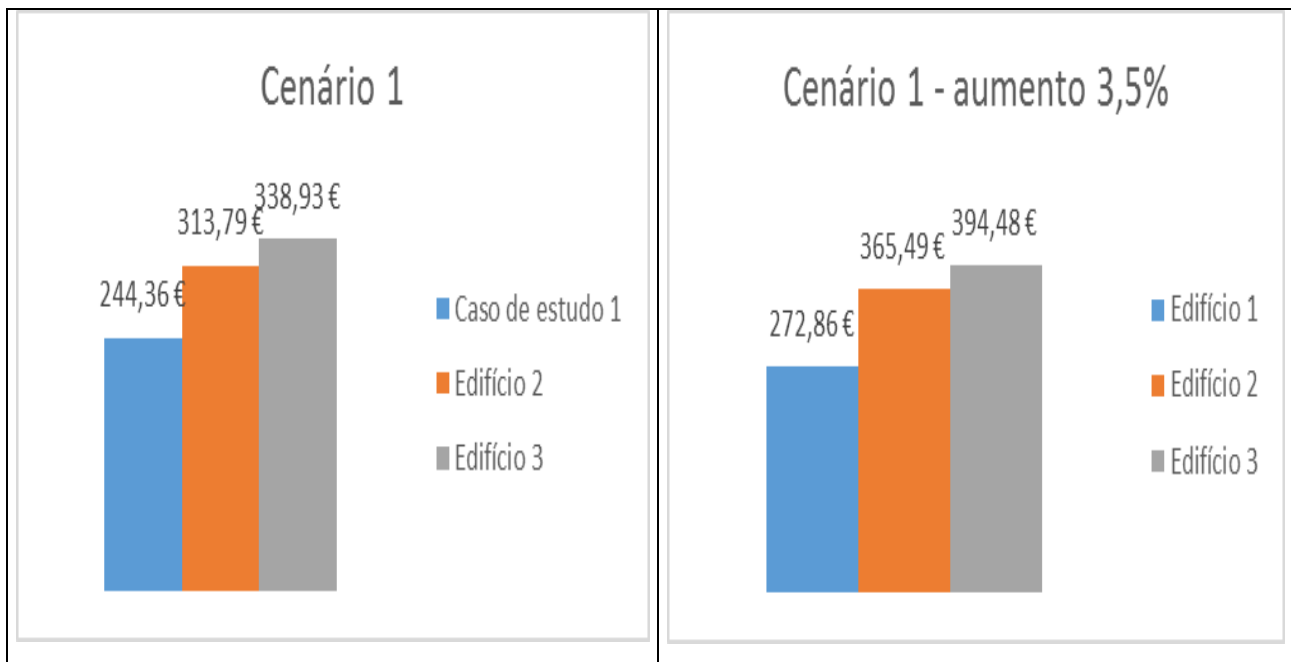


Gráfico 2 -LCC para os diferentes edifícios no cenário1.

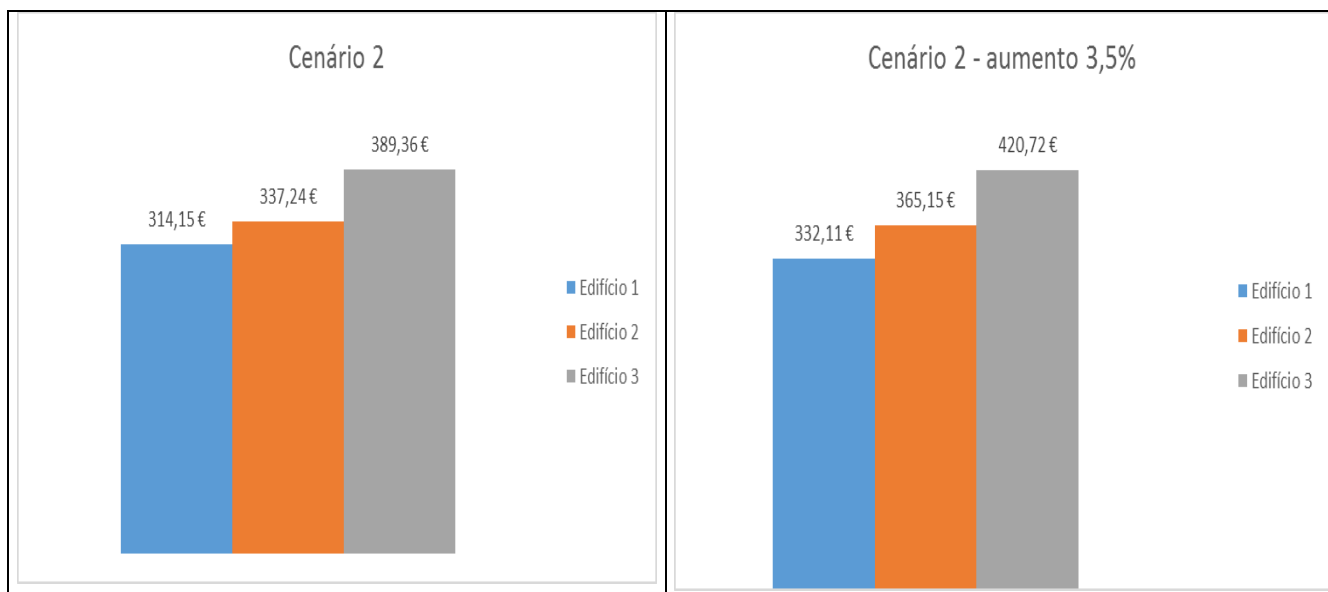


Gráfico 3- LCC para os diferentes edifícios no cenário2.

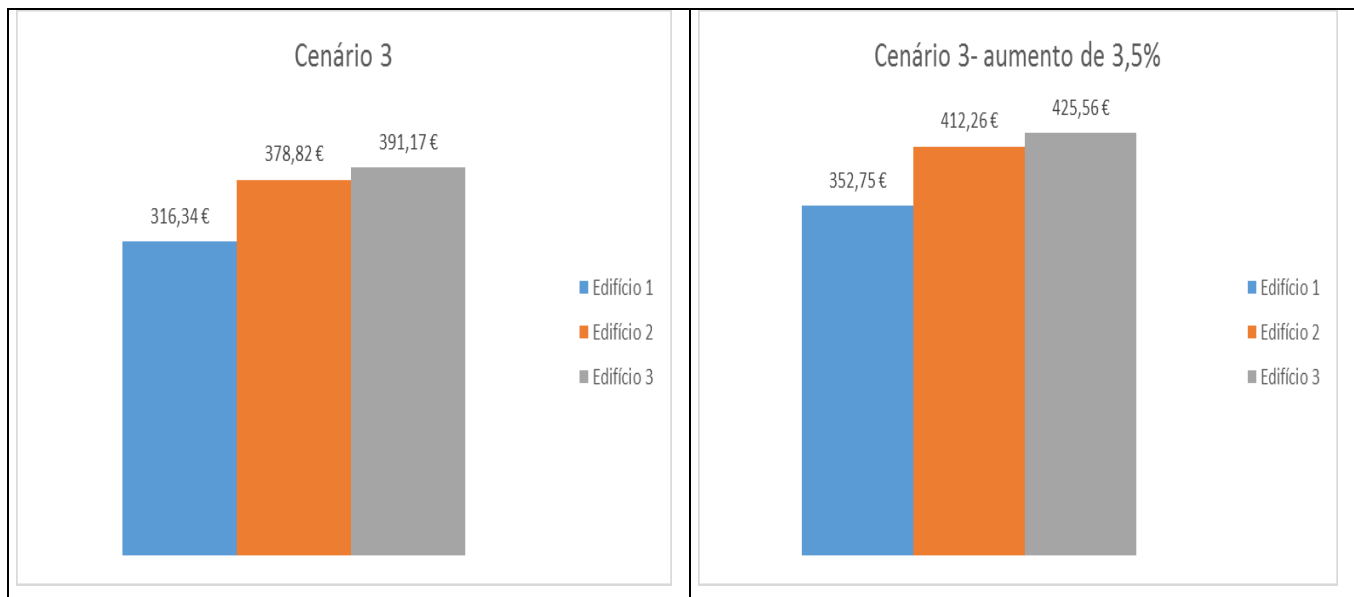


Gráfico 4- LCC para os diferentes edifícios no cenário 3.

Da análise dos resultados obtidos nesta secção, pode-se concluir o seguinte:

- Os valores dos custos de energia anual variam de uma forma muito significativa, de edifício para edifício e comparando a situação de não intervenção com a situação de intervenção nos diferentes cenários analisados: os custos de energia anual variam de um máximo 19,10 €/m<sup>2</sup> do cenário atual do edifício 2 para um mínimo de 3,81 €/m<sup>2</sup> do cenário 2 do edifício 1.
- Um aumento de investimento não conduz necessariamente a uma diminuição do custo de energia anual. Em todos os edifícios do caso de estudo, o cenário 2 é o que apresenta um menor custo de energia anual.
- Em qualquer das perspetivas de evolução dos preços de energia, o cenário 1 (cumprimento dos requisitos regulamentares), tende a ser a opção economicamente eficiente.

### 5.5. Análise de um Edifício Tipo

Uma vez que os resultados obtidos não devem ser considerados como uma generalidade, sendo que cada caso é um caso, optou-se por uma abordagem de analisar um Edifício Tipo que representasse uma situação mais próxima da realidade que a dos três edifícios analisados isoladamente. Assim, a área útil do Edifício Tipo é a média das

áreas úteis dos três edifícios do caso de estudo; e os custos de intervenção de cada cenário do Edifício Tipo são a média dos custos de intervenção correspondentes.

### 5.5.1 Custos de intervenção das medidas de melhoria nos diferentes cenários do Edifício Tipo.

Analisou-se cada custo de melhoria de cada cenário em separado, fazendo-se por fim o somatório, a fim de se obter o custo de investimento e de manutenção do conjunto de melhorias dos diferentes cenários. As tabelas 21 a 23 apresentam os custos de investimento e de manutenção das diferentes medidas de melhoria para, respetivamente, o cenário, 1, 2 e 3 do edifício tipo.

Tabela 21- Custos de intervenção das medidas de melhoria do cenário 1 do Edifício Tipo.

<b>Edifício Tipo_ Cenário 1</b>					
<b>Elemento Construtivo</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Custo unitário (m2)</b>	<b>Custo Manutenção (€)</b>	<b>Custo investimento (€)</b>	<b>Custo investimento + Manutenção (€)</b>
<b>Parede Exterior</b>	154,46	55,22 €	426,32 €	8 529,47 €	8 955,78 €
<b>Pavimento Exterior</b>	1,35	10,13 €	3,72 €	40,91 €	44,63 €
<b>Cobertura</b>	113,92	4,81 €	11,39 €	587,64 €	599,03 €
<b>Cobertura Plana</b>	4,08	11,40 €	102,08 €	139,69 €	241,77 €
<b>Pavimento sobre espaços não uteis</b>	67,57	31,67 €	281,73 €	2 401,75 €	2 683,48 €
<b>Parede Interior</b>	8,96	15,67 €	1,25 €	210,64 €	211,89 €
<b>Parede Enterrada</b>	9,75	7,83 €	24,38 €	229,13 €	253,50 €
<b>Vãos Envidraçados</b>	28,35	312,00 €	816,38 €	8 844,16 €	9 660,54 €
<b>Ar condicionado</b>	1(un.)	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €
<b>Coletor solar</b>	1(un.)	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €
		$\Sigma$	<b>2 401,76 €</b>	<b>23 256,46 €</b>	<b>25 658,22 €</b>

Tabela 22- Custos de intervenção das medidas de melhoria do cenário 2 do Edifício Tipo.

<b>Edifício Tipo _ Cenário 2</b>					
<b>Elemento Construtivo</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Custo unitário (m2)</b>	<b>Custo Manutenção (€)</b>	<b>Custo investimento (€)</b>	<b>Custo investimento + Manutenção (€)</b>
<b>Parede Exterior</b>	154,46	75,25 €	881,99 €	11 623,37 €	12 505,35 €
<b>Pavimento Exterior</b>	1,35	10,13 €	3,72 €	40,91 €	44,63 €
<b>Cobertura</b>	113,92	22,20 €	15,95 €	2 529,10 €	2 545,05 €
<b>Cobertura Plana</b>	4,08	4,08 €	102,08 €	50,02 €	152,10 €
<b>Pavimento sobre espaços não uteis</b>	67,57	47,57 €	526,54 €	3 126,35 €	3 652,89 €
<b>Parede Interior</b>	8,96	23,95 €	34,42 €	321,96 €	356,38 €
<b>Parede Enterrada</b>	9,75	7,83 €	24,38 €	229,13 €	253,50 €
<b>Vãos Envidraçados</b>	28,35	389,72 €	1 576,64 €	11 047,26 €	12 623,90 €
<b>Ar condicionado</b>	1 (un.)	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €
<b>Coletor solar</b>	1 (un.)	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €
		$\Sigma$	<b>3 900,21 €</b>	<b>31 241,17 €</b>	<b>35 141,39 €</b>

Tabela 23- Custos de intervenção das medidas de melhoria do cenário 3 do Edifício Tipo.

<b>Edifício Tipo _ Cenário 3</b>					
<b>Elemento Construtivo</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Custo unitário (m2)</b>	<b>Custo Manutenção (€)</b>	<b>Custo investimento (€)</b>	<b>Custo investimento + Manutenção (€)</b>
<b>Parede Exterior</b>	154,46	55,22 €	426,32 €	8 529,47 €	8 955,78 €
<b>Pavimento Exterior</b>	1,35	10,13 €	3,72 €	40,91 €	44,63 €
<b>Cobertura</b>	113,92	4,81 €	11,39 €	587,64 €	599,03 €
<b>Cobertura Plana</b>	4,08	11,40 €	102,08 €	139,69 €	241,77 €
<b>Pavimento sobre espaços não uteis</b>	67,57	31,67 €	281,73 €	2 401,75 €	2 683,48 €
<b>Parede Interior</b>	8,96	15,67 €	1,25 €	210,64 €	211,89 €
<b>Parede Enterrada</b>	9,75	7,83 €	24,38 €	229,13 €	253,50 €
<b>Vãos Envidraçados</b>	28,35	312,00 €	816,38 €	8 844,16 €	9 660,54 €
<b>Ar condicionado</b>	1(un.)	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €
<b>Coletor solar</b>	1(un.)	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €
<b>Caldeira a Pellets</b>	1(un.)	3 359,44 €	1 610,00 €	3 359,44 €	4 969,44 €
<b>Instalação Aquecimento central</b>	1(un.)	3 700,00 €	385,00 €	3 700,00 €	4 085,00 €
		$\Sigma$	<b>4 396,76 €</b>	<b>30 315,90 €</b>	<b>34 712,66 €</b>

#### 5.4 Análise económica das intervenções no Edifício Tipo

As assunções utilizadas para a análise económica dos edifícios do caso de estudo, incluindo o período de estudo, a evolução do preço de energia e a taxa de atualização, são as mesmas para o Edifício Tipo. A Tabela 24 apresenta os custos de intervenção e de energia e LCC para os diferentes cenários, expressos em €/m<sup>2</sup>. Os gráficos 5, 6, 7 e 8 apresentam o LCC para, respetivamente, o cenário 1, 2 e 3 do Edifício Tipo, também expresso em €/m<sup>2</sup>.

Tabela 24- Custos de intervenção e de energia e LCC para os diferentes cenários do Edifício Tipo (€/m<sup>2</sup>)

Edifício Tipo				
	Existente	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
<b>Custo de Energia anual (ano base)</b>	16,49 €	5,42 €	3,85 €	4,40 €
<b>Custo de Investimento</b>	0,00 €	206,76 €	281,64 €	285,65 €
<b>LCC (evolução constante do preço de energia)</b>	281,37 €	265,29 €	338,98 €	350,49 €
<b>LCC (aumento de 3,5% p.a. do preço de energia)</b>	398,93 €	326,25 €	362,76 €	405,86 €

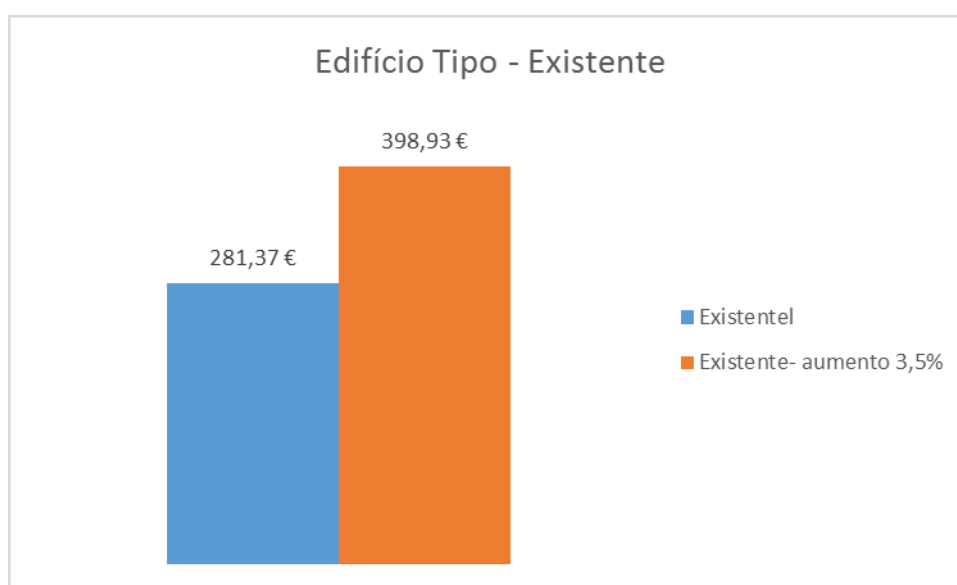


Gráfico 5- LCC para o Edifício Tipo, cenário existente

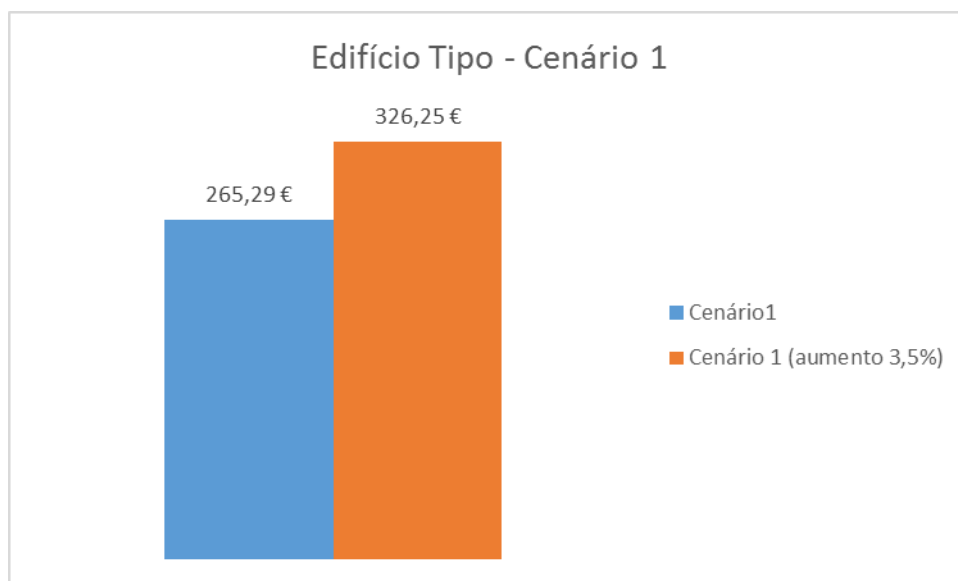


Gráfico 6- LCC para o Edifício Tipo, cenário 1

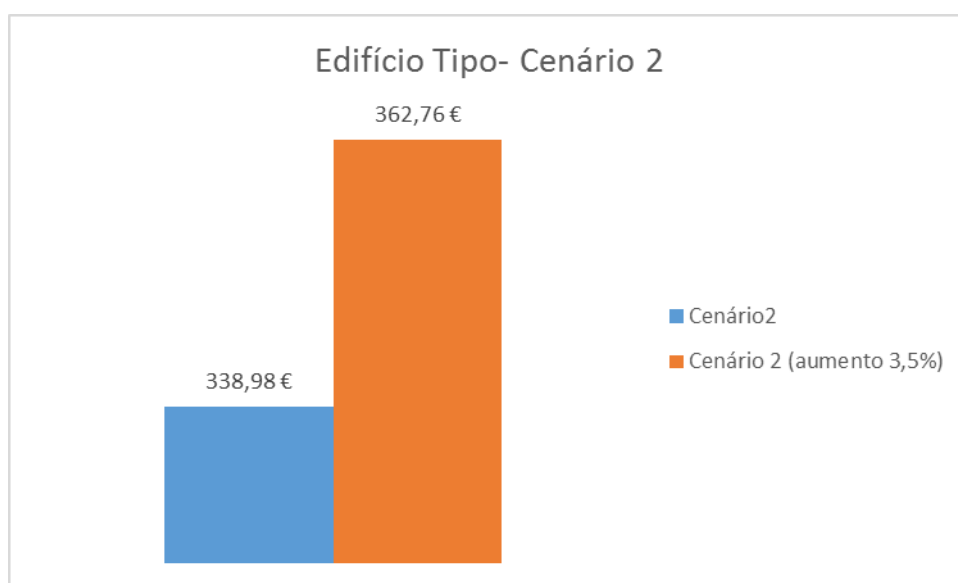


Gráfico 7- LCC para o Edifício Tipo, cenário 2

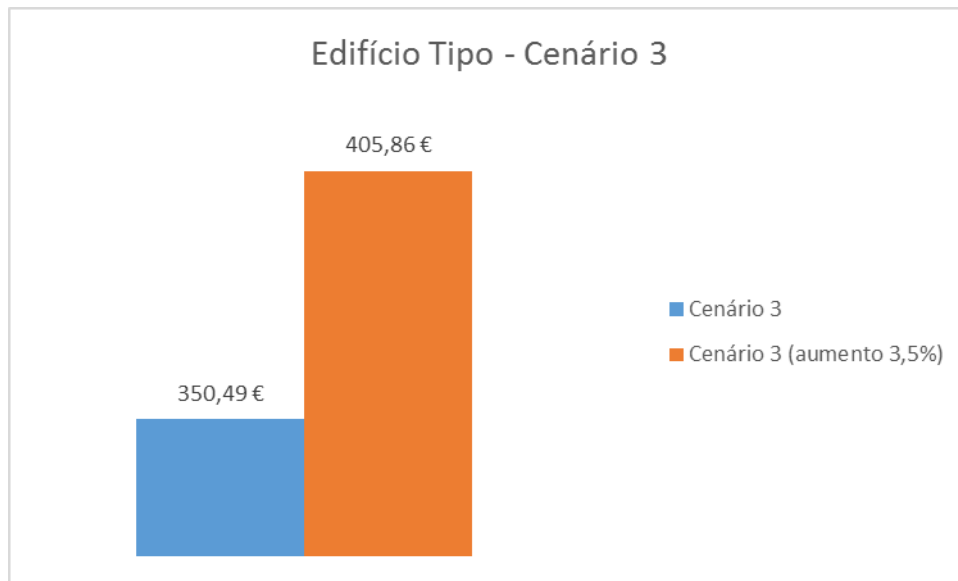


Gráfico 8- LCC para o edifício tipo no cenário 3

Da análise económica do edifício tipo, retiram-se as seguintes conclusões mais relevantes:

- Os valores dos custos de energia anual variam de uma forma muito significativa ao se comparar a situação de não intervenção com a situação de intervenção nos diferentes cenários analisados: os custos de energia anual variam de um máximo de 16,49 €/m<sup>2</sup> do cenário atual (não realizar qualquer intervenção) para um mínimo de 3,85 €/m<sup>2</sup> do cenário 2 (reforço térmico da envolvente). O custo de energia anual do cenário 1 (cumprimento dos requisitos mínimos prescritos pelo REH) é de 5,42€/m<sup>2</sup> e o do cenário 3 (reforço dos sistemas técnicos) é 4,40 €/m<sup>2</sup>;
- Um maior custo de investimento de reabilitação energética correspondente a um determinado cenário de intervenção não conduz necessariamente ao menor dos custos de energia anual do conjunto dos cenários. O menor custo de intervenção, como seria de esperar, é o do cenário 1. Contudo, o maior custo de investimento é o do cenário 3 – 285,65€/m<sup>2</sup>, que tem um custo de energia anual superior ao do cenário 2 – custo de investimento de 281,64€/m<sup>2</sup>;
- No caso de se admitir uma evolução constante do preço de energia ao longo do período de estudo, 30 anos neste caso, a solução economicamente eficiente (menor LCC) é a do cenário 1 – 265,29 €/m<sup>2</sup> e a com o maior LCC é o cenário 3 – 350,49€/m<sup>2</sup>;

- Quando se perspectiva um crescimento de 3.5% por ano do preço de energia a partir do ano 6 do período de estudo, a opção pela intervenção continua a ser economicamente eficiente no caso do cenário 1 com LCC de, 326,25€/m<sup>2</sup>. Contudo nesta perspectiva de evolução de preços o cenário 2 (Melhoria da envolvente) é economicamente mais rentável que o cenário existente. O cenário 3 tem um LCC de 405,86€/m<sup>2</sup>, maior que o do cenário atual – 398,93€/m<sup>2</sup>.

## **CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES**

### **6.1 Introdução**

O presente trabalho teve como foco o estudo da reabilitação de edifícios existentes, visando a melhoria do seu desempenho energético, preconizando várias soluções de reabilitação. Estas medidas foram essencialmente centradas no reforço térmico da envolvente exterior de edifícios e de sistemas técnicos.

Este capítulo apresenta, ainda, o sumário do estudo, as conclusões mais relevantes e perspectivas de desenvolvimento futuro.

### **6.2 – Sumário do Estudo**

A Comunidade Europeia tem vindo a desenvolver ações de sensibilização, junto de parceiros institucionais e do público em geral, no sentido de alertar para a necessidade de melhorar o desempenho energético dos edifícios, o que irá contribuir, indubitavelmente, para uma evolução mais sustentável do setor de construção e de indústrias relacionadas.

De modo a atingir objetivos propostos neste trabalho - caracterizar os edifícios de habitação existentes e conhecer o modo como funcionam, as principais oportunidades de melhoria, os benefícios da implementação das propostas de melhoria e verificar quais os retornos inerentes, foi necessário recorrer ao estudo de casos práticos.

Antes de iniciar o estudo dos casos práticos houve necessidade de se proceder a uma revisão da bibliografia disponível que permitisse aprofundar o conhecimento acerca da reabilitação energética de edifícios, do estado atual do parque habitacional português e sobre as questões que contribuam para melhorar o comportamento energético do mesmo, e os principais desenvolvimentos na área da reabilitação energética. A análise do parque habitacional e a caracterização dos edifícios existentes permitiram conhecer as respetivas necessidades habitacionais e energéticas, e constatar que o consumo de energia pode, em muitos casos, ser demasiado elevado.

Para avaliar o impacto de diferentes medidas de reabilitação na eficiência energética de um edifício foram utilizados, como caso de estudo, três edifícios de habitação unifamiliar construídos na década de 90 do século XX, selecionados de forma a representarem um potencial para reabilitação.

Para a análise das medidas de melhoria foram considerados três tipos de cenários de reabilitação energética, designadamente:

-Cenário 1- cumprimento dos requisitos mínimos constantes do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) em vigor, em termos de envolvente e de sistemas técnicos.

- Cenário 2- melhoramento dos isolamentos da envolvente do edifício, mantendo os sistemas técnicos propostos pelo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH);

- Cenário 3- melhoramento dos sistemas de aquecimento, de arrefecimento e dos sistemas de produção de águas quentes sanitárias, nomeadamente a utilização de sistemas solares, mantendo a envolvente do edifício conforme os requisitos mínimos do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

Na parte final do trabalho, realizou-se uma avaliação económica que relaciona o custo do investimento e a poupança energética que cada medida de reabilitação proporciona, o que permitiu analisar a relação custo/benefício de cada intervenção.

### **6.3 – Principais Conclusões do Estudo**

De notar que todos os resultados apresentados correspondem a um determinado tipo de edifícios de habitação, localizados numa específica zona climática de Portugal. Desta forma, estes resultados não devem ser considerados como uma generalidade, sendo que cada caso é um caso e a reabilitação energética de edifícios deve ser analisada tendo em conta as especificidades arquitetónicas e de tipologia construtiva de cada construção.

Contudo, os resultados obtidos permitem vislumbrar algumas soluções de reabilitação com bom desempenho tanto em termos energéticos como em termos de eficiência económica. Estes pontos são importantes para ajudar a desmistificar a temática da reabilitação energética.

As conclusões mais relevantes do estudo são, assim, as seguintes:

- A reabilitação energética de um edifício existente deve ser analisada caso a caso, através de um levantamento rigoroso dos consumos energéticos, considerando que o sistema construtivo, a forma e a distribuição dos diversos tipos de utilização têm um efeito significativo no desempenho térmico dos edifícios;

- Os valores dos custos de energia anual variam, de uma forma muito significativa, quando se compara a situação de não intervenção com a situação de intervenção com diferentes cenários de medidas de melhoria de desempenho energético.
- Um maior custo de investimento de reabilitação energética correspondente a um determinado cenário de intervenção não conduz necessariamente ao menor dos custos de energia anual do conjunto dos cenários. No caso do Edifício Tipo deste estudo, o cenário 1 (cumprimento dos requisitos mínimos prescritos pelo REH) tem o menor custo de intervenção. Contudo, o maior custo de investimento é o do cenário 3 (reforço dos sistemas técnicos) que tem um custo de energia anual superior ao do cenário 2;
- No caso de se admitir uma evolução constante do preço de energia ao longo do período de estudo, a solução economicamente eficiente (menor LCC) é a do cenário 1 e a com o maior LCC é o cenário 3;
- Quando se perspetiva um crescimento de 3.5% por ano do preço de energia, a opção pela intervenção é economicamente rentável nos casos dos cenários 1 e 2. Contudo, dentro desta perspetiva de evolução de preços, O cenário 3 tem um LCC maior que o do cenário existente.
- O custo de intervenção (206,76€/m<sup>2</sup>) correspondente ao cenário economicamente mais eficiente do Edifício Tipo– cenário 1 – é um valor muito significativo quando comparado com o custo de referência da construção nova (550,00 €/m<sup>2</sup>). Este facto sugere que há necessidade de formulação e planeamento de medidas de política publica que incentivem a promoção do subsegmento de mercado de reabilitação de edifícios unifamiliares.

Como considerações finais, nota-se que o parque habitacional poderá ter um grande potencial de poupança energética, podendo contribuir significativamente para o alcance dos objetivos pretendidos pela União Europeia (entre outras organizações nacionais e internacionais) no tocante a um desenvolvimento mais sustentável do ambiente natural e a uma gestão mais harmoniosa dos recursos naturais.

Relativamente às barreiras na vertente social, o custo é preterido ao conforto térmico e existe falta de informação junto da população.

Com as várias propostas possíveis e com a diversidade de índices energéticos dos edifícios, afigura-se aconselhável consultar um técnico especializado antes de se proceder a uma intervenção de reabilitação.

Mas nem tudo são desvantagens. Com o aumento de taxas de juros para obtenção de empréstimos para aquisição de habitação, parece haver sinais de que o mercado do arrendamento está a começar a desenvolver-se. O aumento do IVA na eletricidade parece despertar o interesse dos proprietários pela poupança de energia. Estes factos talvez possam contribuir para o incentivo do segmento de mercado do mercado da reabilitação, na vertente energética.

Como nota final, é digno de nota que a propensão para a eficiência económica e de desempenho energético é mais acentuada para determinadas tipologias de edifícios de habitação. É então necessário avaliar todos os caminhos energéticos de uma habitação e ver aquelas que precisam mais de intervenção urgente, tendo em conta os prós e contras de cada uma delas, pois como já foi referido no presente trabalho cada caso é um caso. Contudo, uma melhoria energética, por mais pequeno que seja o ganho de energia, é sempre recompensador, tendo consciência que uma não mudança da classe energética não implica que a habitação não seja mais eficiente com a solução proposta.

#### **6.4 Perspetivas de desenvolvimentos futuros**

Uma das implicações que se podem, eventualmente, tirar deste trabalho é a falta de sensibilidade no planeamento de intervenção em edifícios antigos, devido às diferentes condicionantes que cada caso apresenta, o grau de degradação, e materiais e processos construtivos utilizados. Seria uma mais-valia a formação de técnicos especializados para a reabilitação de edifícios, e uma maior fiscalização sobre as empresas que trabalham neste sub-sector.

Pretende-se, aqui, apresentar propostas de trabalhos futuros que visem o aperfeiçoamento e a continuidade deste trabalho. No âmbito do estudo da reabilitação energética de edifícios, seria apropriado considerar:

- O estudo de um maior número de casos práticos, de modo a se compreender melhor os efeitos de diferentes soluções de reabilitação, tendo em conta diferentes características e tipologias dos edifícios;

- O estudo de edifícios com grande carácter histórico e com algumas particularidades arquitetónicas, e perceber como abordar as várias possibilidades de reabilitação energética deste tipo de edifícios.
- O estudo das possibilidades da pré-fabricação para a reabilitação em Portugal. Perceber os benefícios desta indústria na reabilitação energética, analisar a sua viabilidade neste segmento de mercado, sempre com a relação custo/benefício no horizonte. Sugere-se, também, a criação de soluções modulares para dar resposta a algumas intervenções.
- O estudo de mais cenários de melhoria e a consideração de várias perspetivas de evolução do preço de energia;
- O estudo de soluções que utilizem materiais amigos do ambiente

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] – DGEG- Direção Geral de Geologia e Energia, disponível em: <http://www.dgeg.pt>
- [2] - REH - “REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO”, SÍNTESE DA REGULAMENTAÇÃO APLICÁVEL (Decreto-Lei, Portaria e Despachos), DL118/2013 DE 20 DE AGOSTO.
- [3] - BP ENERGY OUTLOOK, 2035, disponível em:  
<http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook-2035.html>
- [4] - APREN – “Associação de Energias Renováveis” – Boletim das Energias Renováveis, 2015
- [5] - ADENE - Agência para a Energia, disponível em:  
<http://www.energiaportugal.pt/pt/energia-em-portugal>
- [6] - OECD/IEA - Internacional Energy Agency. France, - Key World Energy Statistics.
- [7] - Borges, P. A Certificação Energética de Edifícios Existentes. Estudo sobre a melhoria do desempenho térmico das paredes exteriores e respetiva análise técnico-económica. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2009.
- [8] - Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás. Parte 1: Edifícios de Habitação. Ventilação Natural, NP 1037-1 de 2002. Instituto Português da Qualidade.
- [9] - Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto. Diário da República n.º 159 – 1.ª série, pp 4988 a 5005. Ministério da economia e do emprego. Lisboa.
- [10] – RCCTE – “Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios” (Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril.
- [11] - Entrevista ao Jornal Público, Martin Elsberger- Responsável da Comissão Europeia pela Implementação da Diretiva EPBD
- [12] - Disponível em: [<http://www.lxcertificadoenergetico.com/certificacao-energetica-informacao/>]
- [13] - Disponível em:  
[http://energia2020.fc.ul.pt/energia2020/apresentacoes/Paulo\\_Santos\\_Energia2020.pdf](http://energia2020.fc.ul.pt/energia2020/apresentacoes/Paulo_Santos_Energia2020.pdf)
- [14] - INE- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA – Estatísticas da Construção e Habitação.
- [15] – UM – Universidade do Minho, disponível em:

<http://www.civil.uminho.pt/lftc/prefab-retrofit/>

[16] - “Reabilitação Térmica de Edifícios”

[http://www.altercexa.eu/images/archivos/Areas%20Tematicas/TermicaEdificios/1162\\_\\_\\_reabilit\\_termica\\_edificios\\_Alambi.pdf](http://www.altercexa.eu/images/archivos/Areas%20Tematicas/TermicaEdificios/1162___reabilit_termica_edificios_Alambi.pdf)

[17] – Márcia Tavares “Reabilitação Térmica” – Diapositivos de aula – Mestrado em Reabilitação; Universidade Técnica de Lisboa

<http://mestrado-reabilitacao.fa.utl.pt/disciplinas/jbastos/reabilitaotermica.pdf>

[18] – Energy Renovation - The Trump Card for the New Start for Europe, disponível em:

[http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/system/tdf/eur26888\\_buildingreport\\_executivesummary.pdf?file=1&type=node&id=9069](http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/system/tdf/eur26888_buildingreport_executivesummary.pdf?file=1&type=node&id=9069)

[19] – CARDOSO, Filipa; “Reabilitação Energética: Mais eficientes e com menos impactos ambientais”, Edifícios e Energia. Disponível em: <http://www.edificioseenergia.pt/contents/artigorevista/ecodesign.pdf>

aponta João Ferreira Gomes, presidente da Associação Nacional dos Fabricantes de Janelas Eficientes (ANFAJE) [revista edificios de energia]

<http://www.edificioseenergia.pt/pt/a-revista/artigo/reabilitacao-energeticaecodesign-mais-eficientes-e-com-menos-impactos-ambientais> [revista edificios de energia]

[20] INTERGOVERNMENTAL PANEL, ON CLIMATE CHANGE – Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability, IPPC,– WMO & UNEP, New York

[21] - ENERBUILDING ; “Eficiência Energética nos Edifícios Residenciais”, Manual do Consumidor. Disponível em:

[http://www.certificadosenergeticos.com.pt/docs/03\\_EE\\_EdRes\\_enerbuilding.pdf](http://www.certificadosenergeticos.com.pt/docs/03_EE_EdRes_enerbuilding.pdf)

[22] – ADENE - Agência para a Energia, “Isolamento de Paredes”, 10 soluções de Eficiência energética. Disponível em:

<http://www.adene.pt/sites/default/files/documentos/10see-01-isol-paredes.pdf>

[23] – PLASTIMAR – Disponível em: [http://www.plastimar.pt/downloads/file72\\_pt.pdf](http://www.plastimar.pt/downloads/file72_pt.pdf)

[24] ANASTÁCIO, Susana Sousa – Reabilitação energética em edifícios de habitação existente: um caso de estudo da Zona J. ISCTE-IUL, Lisboa 2010 3.3.1- Soluções de Janelas Instaladas em Portugal]

[25] - ADENE - Agência para a Energia, “Janelas Eficientes”, 10 soluções de Eficiência energética. Disponível em: [http://www.adene.pt/sites/default/files/documentos/10see-03\\_janelas-efic.pdf](http://www.adene.pt/sites/default/files/documentos/10see-03_janelas-efic.pdf)

[26] – Deco Proteste – “Casa e Energia”. Disponível em:

<http://www.deco.proteste.pt/casa/aquecimento/noticia-flash/etiqueta-energetica-para-escolher-janelas-eficientes>

[27] - ADENE - Agência para a Energia, “Isolamento de Coberturas”, 10 soluções de Eficiência energética. Disponível em:

<http://www.adene.pt/sites/default/files/documentos/10see-02-isol-coberturas.pdf>

[28] - SANTOS, Pina dos; MATIAS, Luís; “Coeficientes de Transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios”, ITE50, 2016.

[29] – Portaria n.º 379-A/2015. Diário da Republica, n.º 207, Série I- de 22 de outubro de 2015. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, Lisboa.

[30] - ADENE - Agência para a Energia, “Sistemas Solares Térmicos”, 10 soluções de Eficiência energética. Disponível em:

<http://www.adene.pt/sites/default/files/documentos/10see-06-sist-st.pdf>

[31] - Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. Diário da Republica, n.º 234, 3.º Suplemento, Série II, de 3 de dezembro de 2013.

[32] - RUEGG R.T. and MARSHALL, H.E 1990. Building Economics Theory and Practice: Chapman and Hall, New York

[31] – CYPE Ingenieros, S.A. - Gerador de Preços Portugal, 2014,

Disponível em: <URL: <http://www.geradordeprecos.info/>>

### Ferramentas de cálculo

- Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção (ITeCons) - Folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios, de acordo com o REH (Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto). Coimbra, ITeCons - Universidade de Coimbra

- Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC,

- CYPE Ingenieros, S.A. - Gerador de Preços Portugal, 2014 .


Disponível em: <URL: <http://www.geradordeprecos.info/>>

# ANEXOS


## ANEXO A- CASOS DE ESTUDO

### ANEXO A1 –Apresentação dos valores referentes à ventilação (RPH,I e RPH,V) com base na folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC

#### A1.1 - Dados referentes ao Edifício 1

 <b>LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL</b>		<b>Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS</b>			Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto. apinto@lnecc.pt  Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12						
<b>1. Enquadramento do edifício</b>						
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação	Área útil (m2):	194,0			
Local (município)	VIEIRA DO MINHO	Pd (m):	2,60			
Região	B	N.º de pisos da fração	2			
Rugosidade	II	Velocidade vento	Defeito REH			
Altitude do local (m)	391	Vento (u10REH: 3,94) (m/s)				
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais	Vol (m3):	504			
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Não	Texterior (°C)	8,0			
Altura do edifício (H <sub>edif</sub> ) em m	5,54	Zref (m)	426			
Altura da fração (H <sub>fA</sub> ) em m	5,54	Aenv/Au:	26%			
		Proteção do edifício:	<b>Desprotegido</b>			
		Zona da fachada:	<b>Inferior</b>			
<b>2. Permeabilidade ao ar da envolvente</b>						
Foi medido valor n50	Não					
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:						
Área dos vãos (m2)	50,59					
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação					
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem					
<b>3. Aberturas de admissão de ar na envolvente</b>						
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Sim					
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa		
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)	800		0	0		
<b>4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta</b>						
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Sim	Não	Não	Não		
Escoamento de ar	Exaustão					
Perda de carga	Alta					
Altura da conduta (m)	3					
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)					
Número de condutas semelhantes	1					
<b>5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado</b>						
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não					
Escoamento de ar						
Caudal nominal (m3/h)						
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento						
Pressão total (Pa)						
Rendimento total do ventilador(%)						
Tem sistema de recuperação de calor						
Rendimento da recuperação de calor (%)						
<b>6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (&lt; 20 Pa)</b>						
Existem meios híbridos	Não					
Escoamento de ar						
Caudal nominal (m3/h)						
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento						
Pressão total (Pa)						
Rendimento total do ventilador(%)						
<b>7. Verão - Recuperador de calor</b>						
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão						
<b>8. Resultados</b>						
<b>8.1 - Balanço de Energia - Edifício</b>						
R <sub>ph,I</sub> (h-1) - Aquecimento	1,17					
R <sub>ph,V</sub> (h-1) - Arrefecimento	1,17					
W <sub>vm</sub> (kWh)	0,0					
<b>8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência</b>						
R <sub>ph,REF</sub> (h-1)	0,60					
<b>8.3 - Caudal mínimo de ventilação</b>						
R <sub>ph</sub> estimada em condições nominais (h-1)	0,52					
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40					
Critério R <sub>ph</sub> mínimo	<b>Satisfatório</b>					
Nota: No Cálculo de R <sub>ph</sub> min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.						
						Técnico: _____
						Data: _____ 19/11/2016

## A1.2 - Dados referentes ao Edifício 2

 <b>LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL</b>		<b>Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS</b>		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto. apinto@lnecc.pt	
		Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12		Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
<b>1. Enquadramento do edifício</b>					
Tipo de edifício		Habitação existente		Área útil (m2): 92,1	
Local (município)		VIEIRA DO MINHO		Pd (m): 2,60	
Região		A		N.º de pisos da fração: 1	
Rugosidade		II		Velocidade vento: Defeito REH	
Altitude do local (m)		391		Vento (u10REH: 3,6) (m/s)	
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)		2 ou mais		Vol (m3): 239	
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?		Não		Texterior (°C): 8,0	
Altura do edifício (H <sub>edif</sub> ) em m		5,64		Zref (m): 426	
Altura da fração (H <sub>FA</sub> ) em m		5,64		Aenw/Au: 14%	
				Proteção do edifício: <b>Desprotegido</b>	
				Zona da fachada: <b>Inferior</b>	
<b>2. Permeabilidade ao ar da envolvente</b>					
Foi medido valor n50		Não			
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:					
Área dos vãos (m2)		12,96			
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)		Sem classificação			
Permeabilidade ao ar das caixas de estore		Perm. Baixa			
<b>3. Aberturas de admissão de ar na envolvente</b>					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente		Não			
Tipo de abertura					
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)					
<b>4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta</b>					
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)		Não		Não	
Escoamento de ar					
Perda de carga					
Altura da conduta (m)					
Cobertura					
Número de condutas semelhantes					
<b>5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado</b>					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)		Não			
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
<b>6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (&lt; 20 Pa)</b>					
Existem meios híbridos		Não			
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
<b>7. Verão - Recuperador de calor</b>					
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão					
<b>8. Resultados</b>					
<b>8.1 - Balanço de Energia - Edifício</b>					
R <sub>ph,i</sub> (h-1) - Aquecimento		0,41		ok	
R <sub>ph,v</sub> (h-1) - Arrefecimento		0,60			
W <sub>vm</sub> (kWh)		0,0			
<b>8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência</b>					
R <sub>ph,i REF</sub> (h-1)		0,41			
<b>8.3 - Caudal mínimo de ventilação</b>					
R <sub>ph</sub> estimada em condições nominais (h-1)		0,41			
Requisito mínimo de ventilação Edif. Novos (h-1)		0,40			
Critério R <sub>ph</sub> mínimo		<b>Satisfatório</b>			
Nota: No Cálculo de R <sub>ph</sub> min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
				Técnico: _____	
				Data: 19/11/2016	



## **ANEXO A2 – Representação das Plantas, Cortes e Alçados dos edifícios em Estudo**

### **A2.1 - Desenhos referentes ao Edifício 1**

## **A2.2 - Desenhos referentes ao Edifício 2**

### **A2.3 - Desenhos referentes ao Edifício 3**

### ANEXO A3 – Cálculos do btr dos espaços não úteis.

O cálculo do btr é realizado através da divisão de  $A_i$ , Área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil e  $A_u$ , Área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior ( $m^2$ ).

#### A3.1 – Cálculos referentes ao Edifício 1

	<b><math>A_i</math> (<math>m^2</math>)</b>	<b><math>A_u</math> (<math>m^2</math>)</b>	<b><math>A_i/A_u</math></b>	<b><math>V</math> (<math>m^3</math>)</b>	<b>f ou F</b>	<b>Btr</b>	<b>Tipo de envoltente interior</b>
<b>Garagem</b> <b>Espaço não útil - ENU1</b>	74,176	55	1,35	165,2	f	0,7	envoltente com requisitos de interior
<b>Desvão 1</b> <b>Espaço não útil - ENU2</b>	147,27	154,09	0,96	149	f	0,8	envoltente com requisitos de exterior
<b>Vazio Sanitário</b> <b>Espaço não útil - ENU3</b>	86,3	5,0725	17,01	43,15	F	0,5	envoltente com requisitos de interior

**Tabela 1** - Determinação do parâmetro btr para os espaços não uteis do edifício 1.

#### A3.2 – Cálculos referentes ao Edifício 2

	<b><math>A_i</math> (<math>m^2</math>)</b>	<b><math>A_u</math> (<math>m^2</math>)</b>	<b><math>A_i/A_u</math></b>	<b><math>V</math> (<math>m^3</math>)</b>	<b>f ou F</b>	<b>Btr</b>	<b>Tipo de envoltente interior</b>
<b>Garagem</b> <b>Espaço não útil - ENU1</b>	97,64	53,59	1,82	273,392	f	0,8	envoltente com requisitos de exterior
<b>Desvão 1</b> <b>Espaço não útil - ENU2</b>	97,64	144,17	0,68	41,7411	f	0,7	envoltente com requisitos de interior

**Tabela 2** - Determinação do parâmetro btr para os espaços não uteis do edifício 2.

### A3.3 – Cálculos referentes ao Edifício 3

	$A_i$ (m <sup>2</sup> )	$A_u$ (m <sup>2</sup> )	$A_i/A_u$	$V$ (m <sup>3</sup> )	f ou F	Btr	Tipo de envolvente interior
<b>Garagem - Espaço não útil - ENU1</b>	44,18	16,6	2,66	119,286	f	0,5	envolvente com requisitos de interior
<b>Desvão - Espaço não útil - ENU2</b>	96,75	100,16	0,97	64,5	f	0,8	envolvente com requisitos de exterior
<b>Desvão Sanitário</b>	62,54	6,855	9,12	31,26	F	0,5	envolvente com requisitos de interior

**Tabela 3** - Determinação do parâmetro btr para os espaços não uteis do edifício 3.

### ANEXO A4 – Cálculos dos coeficientes de transmissão térmica, U, e pontes térmicas planas.

#### A4.1 – Cálculos referentes ao Edifício 1

<b>Parede exterior - PDE</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m<sup>2</sup>°C)</b>	<b>R (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento Exterior em Argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Tijolo cerâmico furado 15cm</b>	0,15		0,39
<b>Caixa de ar</b>	0,02		0,18
<b>Poliestireno expandido (EPS)</b>	0,02	0,037	0,54
<b>Tijolo cerâmico furado 11cm</b>	0,11		0,27
<b>Revestimento Interior em Argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
	0,34	<b>R Total (m<sup>2</sup>.°C/W)</b>	<b><u>1,58</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b><u>0,63</u></b>

**Tabela 4** - Determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior do edifício 1, no existente.

**Parede Interior de separação de espaço útil de não útil - PDI**

Constituição da camada	d(m)	l (W/m°C)	R (m2.°C/W)
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento Interior em Argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Tijolo cerâmico furado 15 cm</b>	0,15		0,39
<b>Revestimento Interior em Argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
	0,17	<b>R<sub>Total</sub> (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,59</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>1,69</u></b>

**Tabela 5** - Determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede interior de separação de espaço útil de não útil do edifício 1, no existente.

**Pavimento interior ascendente (sobre espaço não útil garagem) - PVI 1**

Constituição da camada	d(m)	l (W/m°C)	R (m2.°C/W)
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento interior (Madeira semi-densa)</b>	0,02	0,18	0,11
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento exterior (Reboco)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,10
	0,33	<b>R<sub>Total</sub> (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,54</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>1,86</u></b>

**Tabela 6**- Determinação do coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior ascendente (sobre espaço não útil garagem) do edifício 1, no existente.

**Pavimento interior descendente (sobre espaço não útil garagem) - PVI 1**

Constituição da camada	d(m)	l (W/m°C)	R (m2.°C/W)
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento interior (Madeira semi-densa)</b>	0,02	0,18	0,11
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento exterior (Reboco)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,17
	0,33	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,61</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>1,65</u></b>

**Tabela 7-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior descendente (sobre espaço não útil garagem) do edifício 1, no existente.

**Desvão- Fluxo ascendente - CBI**

Constituição da camada	d(m)	l (W/m°C)	R (m2.°C/W)
<b>Rse</b>			0,04
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Lã de Rocha</b>	0,03	0,042	0,71
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento interior (Argamassa)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,10
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>1,14</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,88</u></b>

**Tabela 8-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do Desvão- Fluxo ascendente do edifício 1, no existente.

<b>Desvão- Fluxo descendente - CBI</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Lã de Rocha</b>	0,03	0,042	0,71
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento interior (Argamassa)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,17
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>1,21</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,83</u></b>

**Tabela 9-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do Desvão- Fluxo descendente do edifício 1, no existente.

<b>Pavimento exterior descendente (pavimento em contacto com o exterior) - PVE</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento cerâmico</b>	0,02	0,34	0,06
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento exterior (Reboco)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,17
	0,33	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,55</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>1,80</u></b>

**Tabela 10-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do Pavimento exterior descendente (pavimento em contacto com o exterior) do edifício 1, no existente.

**Pavimento exterior ascendente (pavimento em contacto com o exterior) - PVE**

Constituição da camada	d(m)	l (W/m°C)	R (m2.°C/W)
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento cerâmico</b>	0,02	0,34	0,06
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento exterior (Reboco)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,10
	0,33	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,48</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>2,06</u></b>

**Tabela 11-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do Pavimento exterior ascendente (pavimento em contacto com o exterior) do edifício 1, no existente.

**Vazio sanitário ascendente - PVI 2**

Constituição da camada	d(m)	l (W/m°C)	R (m2.°C/W)
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento interior (Madeira semi-densa)</b>	0,02	0,18	0,11
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Poliestireno Extrudido (XPS)</b>	0,02	0,037	0,54
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Rsi</b>			0,10
	0,33	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>1,06</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,94</u></b>

**Tabela 12-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do Vazio sanitário ascendente do edifício 1, no existente.

**Vazio sanitário descendente - PVI 2**

Constituição da camada	d(m)	l (W/m°C)	R (m2.°C/W)
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento interior (Madeira semi-densa)</b>	0,02	0,18	0,11
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Poliestireno Extrudido (XPS)</b>	0,02	0,037	0,54
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Rsi</b>			0,17
	0,33	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>1,13</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,88</u></b>

**Tabela 13-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do Vazio sanitário descendente do edifício 1, no existente.

**Parede enterrada - PDET**

Constituição da camada	d(m)	l (W/m°C)	R (m2.°C/W)
<b>Rse</b>			0,04
<b>Tela impermeabilizante</b>	0,005	0,23	0,02
<b>Betão Armado</b>	0,25		0,24
<b>Reboco interior em argamassa</b>	0,02	1,3	1,30
<b>Rsi</b>			0,10
	0,275	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>1,70</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,59</u></b>

**Tabela 14-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da Parede enterrada do edifício 1, no existente.

**Porta exterior**

Constituição da camada	d(m)	l (W/m°C)	R (m2.°C/W)
<b>Rse</b>			0,04
<b>Madeira densa</b>	0,05	0,18	0,28
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
		<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,45</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>2,23</u></b>

**Tabela 15-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da porta opaca exterior do edifício 1, no existente.

<b>Ponte térmica plana com viga</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Reboco em argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Betão Armado</b>	0,3	2	0,15
<b>Reboco em argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,35</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>2,85</u></b>

**Tabela 16-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana Viga, do edifício 1, no existente.

<b>Ponte térmica plana com Pilar</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Reboco</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Betão Armado</b>	0,3	2	0,15
<b>Reboco</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,35</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>2,85</u></b>

**Tabela 17-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana Pilar, do edifício 1, no existente.

<b>Ponte térmica plana com Caixa de Estore</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Reboco</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Tijolo furado de 11</b>	0,11		0,27
<b>Caixa de ar</b>	0,18		0,18
<b>Madeira</b>	0,03	0,18	0,17
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,80</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>1,25</u></b>

**Tabela 18-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana caixa de estore, do edifício 1, no existente.

#### A4.2 – Cálculos referentes ao edifício 2

<b>Parede exterior - PDE</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento Exterior em Argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Tijolo cerâmico furado 15cm</b>	0,15		0,39
<b>Caixa de ar</b>	0,02		0,18
<b>Poliestireno expandido (EPS)</b>	0,02	0,037	0,54
<b>Tijolo cerâmico furado 11cm</b>	0,11		0,27
<b>Revestimento Interior em Argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>1,58</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,63</u></b>

**Tabela 19-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior, do edifício 2, no existente.

<b>Pavimento interior ascendente (sobre espaço não útil garagem) - PVI 1</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento interior (Madeira semi-densa)</b>	0,02	0,18	0,11
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento exterior (Reboco)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,10
	0,33	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,54</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>1,86</u></b>

**Tabela 20-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do Pavimento interior-ascendente, do edifício 2, no existente

<b>Pavimento interior descendente (sobre espaço não útil garagem) - PVI 1</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento interior (Madeira semi-densa)</b>	0,02	0,18	0,11
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento exterior (Reboco)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,17
	0,33	<b>R<sub>Total</sub> (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,61</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>1,65</u></b>

**Tabela 21-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do Pavimento interior-descendente, do edifício 2, no existente.

<b>Porta exterior</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Madeira densa</b>	0,05	0,18	0,28
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
		<b>R<sub>Total</sub> (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,45</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>2,23</u></b>

**Tabela 22-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da porta opaca exterior do edifício 2, no existente.

<b>Ponte térmica plana com viga</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Reboco em argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Betão Armado</b>	0,3	2	0,15
<b>Reboco em argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
	0,34	<b>R<sub>Total</sub> (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,35</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>2,85</u></b>

**Tabela 23-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana Viga, do edifício 2, no existente.

<b>Ponte térmica plana com Pilar</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Reboco</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Betão Armado</b>	0,3	2	0,15
<b>Reboco</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,35</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>2,85</u></b>

**Tabela 24-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana Pilar, do edifício 2, no existente.

<b>Ponte térmica plana com Caixa de Estore</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Reboco</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Tijolo furado de 11</b>	0,11		0,27
<b>Caixa de ar</b>	0,18		0,18
<b>Madeira</b>	0,03	0,18	0,17
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,80</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>1,25</u></b>

**Tabela 25-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana caixa de estore, do edifício 2, no existente.

### A4.3 – Cálculos referentes ao edifício 3

<b>Parede exterior - PDE</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento Exterior em Argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Tijolo cerâmico furado 15cm</b>	0,15		0,39
<b>Caixa de ar</b>	0,02		0,18
<b>Poliestireno expandido (EPS)</b>	0,02	0,037	0,54
<b>Tijolo cerâmico furado 11cm</b>	0,11		0,27
<b>Revestimento Interior em Argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>1,58</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,63</u></b>

**Tabela 26-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior, do edifício 3, no existente.

<b>Pavimento interior ascendente (sobre espaço não útil garagem) - PVI 1</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento interior (Madeira semi-densa)</b>	0,02	0,18	0,11
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento exterior (Reboco)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,10
	0,33	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,54</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>1,86</u></b>

**Tabela 27-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do Pavimento interior-ascendente, do edifício 3, no existente.

<b>Pavimento interior descendente (sobre espaço não útil garagem) - PVI 1</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento interior (Madeira semi-densa)</b>	0,02	0,18	0,11
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento exterior (Reboco)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,17
	0,33	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,61</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>1,65</u></b>

**Tabela 28-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do Pavimento interior-descendente, do edifício 3, no existente.

<b>Desvão- Fluxo ascendente - CBI</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Lã de Rocha</b>	0,03	0,042	0,71
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento interior (Argamassa)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,10
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>1,14</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,88</u></b>

**Tabela 29-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do Desvão- Fluxo ascendente, do edifício 3, no existente.

<b>Desvão- Fluxo descendente - CBI</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Lã de Rocha</b>	0,03	0,042	0,71
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento interior (Argamassa)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,17
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>1,21</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,83</u></b>

**Tabela 30-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do Desvão- Fluxo descendente, do edifício 3, no existente.

<b>Porta exterior</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Madeira densa</b>	0,05	0,18	0,28
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
		<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,45</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>2,23</u></b>

**Tabela 31-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da porta opaca exterior, do edifício 3, no existente.

<b>Cobertura Plana Exterior- ascendente</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>λ (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Seixo (Proteção exterior)</b>			
<b>Geotêxtil (camada de proteção)</b>			
<b>Impermeabilização</b>	0,01	0,23	0,04
<b>Painel rígido de Lã mineral Hidrófuga</b>	0,1	0,038	2,63
<b>Betunilha de regularização</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Lage aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento interior (Argamassa)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,10
	0,42	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>3,10</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,32</u></b>

**Tabela 32-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da cobertura plana exterior ascendente, do edifício 3, no existente.

<b>Cobertura Plana Exterior- descendente</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b><math>\lambda</math> (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Seixo (Proteção exterior)</b>			
<b>Geotêxtil (camada de proteção)</b>			
<b>Impermeabilização</b>	0,01	0,23	0,04
<b>XPS</b>	0,1	0,037	2,70
<b>Betunilha de regularização</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Revestimento interior (Argamassa)</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi</b>			0,17
	0,42	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>3,24</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,31</u></b>

**Tabela 33-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da cobertura plana exterior descendente, do edifício 3, no existente.

<b>Vazio sanitário ascendente - PVI 2</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b><math>\lambda</math> (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Revestimento interior (Madeira semi-densa)</b>	0,02	0,18	0,11
<b>Betunilha de regularização (argamassa tradicional)</b>	0,04	1,3	0,03
<b>Poliestireno Extrudido (XPS)</b>	0,02	0,037	0,54
<b>Laje aligeirada</b>	0,25		0,24
<b>Rsi</b>			0,10
	0,33	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>1,06</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>0,94</u></b>

**Tabela 34-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica do vazio sanitário ascendente, do edifício 3, no existente.

<b>Ponte térmica plana com viga</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Reboco em argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Betão Armado</b>	0,3	2	0,15
<b>Reboco em argamassa</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,35</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>2,85</u></b>

**Tabela 35-** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana Viga, do edifício 3, no existente.

<b>Ponte térmica plana com Pilar</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Reboco</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Betão Armado</b>	0,3	2	0,15
<b>Reboco</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,35</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>2,85</u></b>

**Tabela 36 -** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana Pilar, do edifício 3, no existente.

<b>Ponte térmica plana com Caixa de Estore</b>			
<b>Constituição da camada</b>	<b>d(m)</b>	<b>l (W/m°C)</b>	<b>R (m2.°C/W)</b>
<b>Rse</b>			0,04
<b>Reboco</b>	0,02	1,3	0,02
<b>Tijolo furado de 11</b>	0,11		0,27
<b>Caixa de ar</b>	0,18		0,18
<b>Madeira</b>	0,03	0,18	0,17
<b>Rsi (interior)</b>			0,13
	0,34	<b>R Total (m2.°C/W)</b>	<b><u>0,80</u></b>
<b>O valor do coeficiente de transmissão térmica é:</b>		<b>U (W/m2.°C)</b>	<b><u>1,25</u></b>

**Tabela 37 -** Determinação do coeficiente de transmissão térmica da ponte térmica plana caixa de estore, do edifício 3, no existente.

**ANEXO A5 – Folha de Cálculo de Avaliação do Comportamento Térmico e do desempenho energético de edifícios de acordo com o REH (Decreto-Lei n. °118/2013 de 20 de agosto)**

**A5.1 – Cálculos referentes ao Edifício 1(sem reabilitação)**

**Balço energético**

Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	140,01	70,13	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	5,06	9,15	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	Ntc/Nt
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		1,66
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	9586		Classe Energética
Eren,ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	0,00		<b>D</b>
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	288,70	173,55	

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_c$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_c / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_c \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Biomassa		0,24		0,68	1	9586,20	49,41
Sistema 3	Electricidade		0,25		1,00	2,5	6790,22	87,50
			-		-	-	-	-
		140,00	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,51		1	2,5	13852,05	178,51
TOTAL							30228,47	315,42

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
		5,06	-	0	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	0,00	0,00
TOTAL							0,00	0,00

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

CONSUMO DE AQS

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

consumo médio diário de referência  $M_{AQS}$   l

40 x 4187 = 167480

factor de ocupantes de cada fracção n  ocupantes

factor de eficiência hídrica

consumo médio diário de referência MAQS  l

aumento de temperatura  $\Delta T$   °C

nº de dias de consumo  dias

3600000

$A_p$   m<sup>2</sup>

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS  $Q_u/A_p$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Gás Butano		1,00		0,54	1	4402,38	22,69
			-		-	-	-	-
		12,25	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Gás Butano		0,00		0,80	1	0,00	0,00
TOTAL							4402,38	22,69

## A5.2 – Cálculos referentes ao Edifício 2 (sem reabilitação)

### Balanço energético

#### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	153,50	69,82	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	0,71	9,15	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	Ntc/Nt 1,76
Wwm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	5278		Classe Energética
Eren,ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	0,00		D
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	329,31	186,78	

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Biomassa		0,25		0,68	1	5278,27	57,34
Sistema 3	Electricidade		0,37		1,00	2,5	5270,78	143,13
		153,50	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,37		1	2,5	5270,78	143,13
TOTAL							15819,83	343,60

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
		0,71	-	0	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	0,00	0,00
TOTAL							0,00	0,00

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

CONSUMO DE AQS

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

consumo médio diário de referência  $M_{AQS}$   l

factor de ocupantes de cada fracção n  ocupantes

factor de eficiência hídrica

tempo médio diário de referência  $M_{AQS}$   l

aumento de temperatura  $\Delta T$   °C

nº de dias de consumo  dias

$A_p$   m<sup>2</sup>

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS  $Q_u/A_p$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Gás Butano		1,00		0,60	1	3962,14	43,04
		25,82	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Gás Butano		0,00		0,89	1	0,00	0,00
TOTAL							3962,14	43,04

### A5.3 – Cálculos referentes ao Edifício 3 (sem reabilitação)

#### Balço energético

##### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	131,52	77,90	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	2,84	9,15	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	<b>Ntc/Nt</b>
				1,43
Wwm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	4949		<b>Classe Energética</b>
Eren,ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		0,00	
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	288,20	201,64	<b>C</b>

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Biomassa		0,26		0,68	1	4949,34	50,09
Sistema 2	Electricidade		0,42		1,00	2,5	5405,67	136,78
		131,52	-	1	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,33		1	2,5	4223,18	106,86
TOTAL							14578,19	293,74

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pvv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{pvv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		2,84	-	0	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3	2,5	0,00	0,00
TOTAL							0,00	0,00

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

CONSUMO DE AQS

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

consumo médio diário de referência  $MA_{QS}$   l

$\frac{40}{4} \times 4187 \times 1 = 160$  ocupantes

aumento de temperatura  $\Delta T$   °C

nº de dias de consumo  dias

$160 \times 365 = 360000$  l

$A_p = \frac{360000}{4} = 90000$  m<sup>2</sup>

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS  $Q_u/A_p$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 3	Gás Propano		1,00		0,54	1	4402,38	44,56
		24,06	-	1	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-
Sistema por defeito	Gás Butano		0,00		0,80	1	0,00	0,00
TOTAL							4402,38	44,56

# ANEXO A6 – Cenário de Melhoria Proposto 1

## A6.1 – Ficha técnica do Coletor Solar



### [Calpak VTN Vacuum Tube Collector]

Highly efficient evacuated tube collector with parabolic reflector for maximum energy yield even under diffused radiation conditions!

Calpak, having a 35 year experience in the design and production of high quality and robust collectors, offers a high efficient evacuated tube collector for exceptional performance.

Our VTN collector is specially designed to combine:

- Very long service life
- Durability
- High performance in environments that weather conditions are not favourable for such applications, when for example solar radiation is not in abundance or the ambient temperature is very low.

Combined with the vacuum insulation:

- Our Copper U-Pipe which is the only in the market  $\varnothing 9.5$  mm, and a Manifold Copper Pipe  $\varnothing 18$  mm, provides increased thermal capacity of the collector in order to extract the maximum amount of solar radiation with marginal losses.
- The aluminium fin used to collect the heat to the tube is also the thickest available in the market, 0.8 mm.
- The specially designed parabolic reflector, made in house, achieves, very high exploitation of the diffused radiation as well managing in this way, high energy yield even in cases that cloudy weather is more than usual.
- Along with the Glass Vacuum tubes we insulate the header with Water-Blown Environmental Friendly PU without CFC. In this way our collectors have such better insulation properties.

The VTN collectors are also available with 6, 8 or 30 tubes.



Technical specifications				
	12 VTN	14 VTN	16 VTN	
<b>Collector:</b>				
Dimensions:	length	1600 mm	1600 mm	1600 mm
	width	1330 mm	1550 mm	1770 mm
	height	100 mm	300 mm	300 mm
Weight:	35 kg	40 kg	45,5 kg	
Aperture area:	1,96 m <sup>2</sup>	2,26 m <sup>2</sup>	2,60 m <sup>2</sup>	
Number of vacuum tubes:		12	14	16
Glass cover tube external diameter				43
Glass cover tube length				2500 mm
Tested at pressure				1,5 Mpa
Vacuum tubes material				Borosilicate glass 3,3
Vacuum				p < 0,005 Pa
<b>Absorber:</b>				
Inner copper U-pipes		∅ 9,52 mm, thickness 0,65 mm		
Inner Aluminium fin		Thickness 0,8 mm		
Surface treatment		Selective sputtered		
Absorption coefficient		α > 0,92		
Emission coefficient		ε < 0,08		
Absorbing surface glass tube diameter		33 mm		
Heat transfer medium		Glycol brine		
<b>Insulation and casing:</b>				
Thermal insulation thickness of header		38 mm		
Header insulation		Expanded polyurethane (40-45 kg/m <sup>3</sup> ) and fiberglass		
Frame		Black anodized aluminum		
Diameter of connections		∅ 18 or ∅ 22 mm		
Reflector		High-reflection aluminum (DPC-type)		
<b>Limitations and efficiency:</b>				
Maximum temperature of operation		220°C		
Maximum operating pressure		10 bar		
Efficiency (ENEA)		η <sub>p</sub> = 0,665		
Thermal loss factor (ITW)		a <sub>1</sub> = 0,7		

Calpak-Cicero Hellas S.A.  
9 Sygrou Ave., 11743  
Athens, Greece  
Tel: +30 210 9047253  
Fax: +30 210 9038536  
email: export@calpak.gr  
www.calpak.gr



## A6.2 – Ficha técnica da Unidade de Ar Condicionado

### Split New York

A gama New York é composta por unidades elegantes e discretas que combinam com qualquer ambiente. Composta por compressores DC Inverter que permitem uma adaptação contínua e eficaz da potência de saída para as necessidades energéticas. Estas características permitem que o nível de conforto seja ótimo e os consumos energéticos sejam entre 30 a 40% menores do que uma unidade convencional com compressor ON-OFF. O controlo remoto comanda todas as funções do equipamento. Utiliza um gás refrigerante amigo do ambiente de última geração, o R410a. As dimensões compactas da unidade exterior permitem a sua colocação em espaços reduzidos.

#### Principais Características

- Modo Sleep
- Reinício Automático
- Compensação de Temperatura
- 1 kw Standby
- Função Detecção de Fugas
- Ventilador com 5 níveis de velocidade
- Modo Turbo
- Função Anti-Ar-Frio Inteligente
- Ampla Faixa de Operação

DADOS TÉCNICOS	NEW YORK 9	NEW YORK 12	NEW YORK 18	NEW YORK 24
Arref. Potência de Saída (Btu/h / kW)	9500 / 2.8	11200 / 3.3	17400 / 5.1	21800 / 6.4
SEER / Classe Energética (W/W)	5.5 / A	5.5 / A	6.5 / A++	5.9 / A+
Aquec. Potência de Saída (Btu/h / kW)	9000 / 2.2	11000 / 2.7	18000 / 4.7	23000 / 5.9
SCOP / Classe Energética (W/W)	3.8 / A	3.8 / A	3.8 / A	3.8 / A
Desumidificação (L/h)	1.0	1.1	1.7	2.4
Potência Máxima Consumida (W)	2000	2300	2550	2950
Compressor Tipo	Rotativo	Rotativo	Rotativo	Rotativo
Compressor Modelo	DC Inverter	DC Inverter	DC Inverter	DC Inverter
Caudal de Ar Interior Mín/Med/Máx (m³/h)	270/330/400	380/430/500	630/780/850	860/930/1100
Caudal de Ar Exterior (m³/h)	1800	1800	2200	2700
Nível de Ruído Unid. Int. (dB(A))	37/31/24	40/35/29	41/36/28	50/45/40
Nível de Ruído Máx. Uni. Ext (dB(A))	63	63	65	68
DIMENSÕES E PESO				
Unid. Int. L x A x P (mm)	710x250x190	790x265x198	920x292x223	998x322x240
Unid. Ext. L x A x P (mm)	780x540x250	780x540x250	760x590x285	845x700x320
Peso Unidade Interior/Exterior (kg)	8,5/31,5	10/31,5	13,5/37	16/50
LIMITES DE FUNCIONAMENTO				
Temp. Ext. Arrefecimento (°C)	-15 a 50	-15 a 50	-15 a 50	-15 a 50
Temp. Ext. Aquecimento (°C)	-15 a 30	-15 a 30	-15 a 30	-15 a 30
Regulação da Temperatura Ambiente (°C)	17 a 30	17 a 30	17 a 30	17 a 30

### A6.3. - Folha de Cálculo de aplicação do regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

#### A6.3.1 – Cálculos referentes ao Edifício1(cenário 1)

#### Balço energético

#### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	89,24	70,13	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	5,18	9,15	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	Ntc/Nt
				1,00
Wwm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	8528		Classe Energética
Eren,ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		0,00	
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	173,90	173,55	<b>B-</b>

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{uc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{psa}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{psa} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Biomassa		0,24		0,68	1	6155,23	31,73
Sistema 4	Electricidade		0,25		1,00	2,5	4327,89	55,77
		89,23	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,51		1	2,5	8828,90	113,77
						TOTAL	19312,03	201,27

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{psv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{psv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Electricidade		1,00		3,00	2,5	334,74	4,31
		5,18	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		3	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	334,74	4,31

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{psa}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{psa} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 3	Gás Butano		0,00		0,54	1	7,94	0,04
Sistema 5	Renovável Térmica	12,25	1,00	1	1,00	1	2373,00	12,23
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Gás Butano		0,00		0,80	1	0,00	0,00
						TOTAL	2380,94	12,27

### A6.3.2 – Cálculos referentes ao Edifício 2 (cenário 1)

#### Balço energético

##### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	75,06	70,16	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	1,52	9,15	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	Ntc/Nt
Wwm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		0,75
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	4954		Classe Energética
Eren,ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	0,00		B
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	140,07	187,51	

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Biomassa		0,25		0,68	1	2581,18	28,04
Sistema 4	Electricidade		0,38		1,00	2,5	2591,34	70,37
		75,06	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,37		1	2,5	2563,70	69,62
TOTAL							7736,22	168,03

G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pvv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{pvv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Electricidade		1,00		3,00	2,5	0,00	0,00
		1,52	-	0	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		3	2,5	0,00	0,00
TOTAL							0,00	0,00

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

CONSUMO DE AQS

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

consumo médio diário de referência  $M_{AQS}$   l

$40 \times$   
número de ocupantes de cada fracção n  ocupantes

factor de eficiência hídrica

consumo médio diário de referência  $MAQS$   l

aumento de temperatura  $\Delta T$   °C

nº de dias de consumo  dias

$3600000 \div$   
 $Ap$   m<sup>2</sup>

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS  $Q_u/A_p$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{paa}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{paa} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 3	Gás Propano		0,00		0,60	1	7,14	0,08
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema 5	Renovável Térmica	25,82	1,00	1	1,00	1	2373,00	25,78
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Gás Butano		0,00		0,89	1	0,00	0,00
TOTAL							2380,14	25,85

### A6.3.3 – Cálculos referentes ao Edifício 3(cenário 1)

## Balanço energético

### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	68,88	78,66	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	3,88	9,15	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	Ntc/Nt 0,63
Wwm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	4965		Classe Energética
Eren,ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		0,00	B
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	127,69	203,26	



## ANEXO A7 – Cenário de Melhoria Proposto 2

### A7.1 – Ficha técnica do vidro

Temperado

Cor

#### —Informação técnica—

Transmissão térmica (valor U), segundo NP EN 673: 1.1 W/(m<sup>2</sup>°C)

Factor solar (coeficiente g), segundo NP EN 410: 19%

Transmissão luminosa, segundo NP EN 410: 17%

Índice de isolamento a sons de condução aérea directos, Rw (dB) e termos de adaptação espectral C e Ctr, segundo EN 12758:

<input checked="" type="radio"/> Solar.lite Controlo solar + LOW.S Baixa emissividade térmica	<b>Vidro exterior</b> <input checked="" type="radio"/> Templa.lite Solar.lite Azul <input type="radio"/> Templa.lite Solar.lite Blue 20 <input type="radio"/> Templa.lite Solar.lite Blue 52 <input type="radio"/> Templa.lite Solar.lite Clear <input type="radio"/> Templa.lite Solar.lite Dark Grey <input type="radio"/> Templa.lite Solar.lite Green <input type="radio"/> Templa.lite Solar.lite Silver		<b>Espessura (mm)</b>  <input checked="" type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 8
	<b>Caixa de ar</b> <b>Espessura da caixa de ar (mm)</b> <input type="radio"/> Ar <input type="radio"/> 10 <input type="radio"/> 12 <input checked="" type="radio"/> Gás árgon <input type="radio"/> 14 <input checked="" type="radio"/> 16 <input type="radio"/> <input type="radio"/> 18 <input type="radio"/> 20		
	<b>Vidro interior</b> <b>Espessura (mm)</b> <input checked="" type="radio"/> De baixa emissividade térmica LOW.S <input type="radio"/> 4 <input checked="" type="radio"/> 6 <input type="radio"/> De baixa emissividade térmica LOW.S, laminado <input type="radio"/> 8		

## A7.2 – Folha de Cálculo de Avaliação do Comportamento Térmico e do desempenho energético de edifícios de acordo com o REH (Decreto-Lei n. °118/2013 de 20 de agosto)

### A7.2.1 – Cálculos referentes ao Edifício 1(Cenário 2)

#### Balço energético

##### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	63,23	70,13	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	4,52	9,15	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	<b>Ntc/Nt</b>
Wwm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		0,69
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	6703		<b>Classe Energética</b>
Eren,ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	0,00		<b>B</b>
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	120,18	173,55	

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pi}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pi} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 3	Biomassa		0,24	1	0,68	1	4329,56	22,32
Sistema 5	Electricidade		0,25		1,00	2,5	3066,77	39,52
			-			-	-	-
		63,23	-			-	-	-
			-			-	-	-
			-			-	-	-
			-			-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,51		1	2,5	6256,21	80,62
TOTAL							13652,54	142,46

G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{pv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Electricidade		1,00	0	3,00	2,5	0,00	0,00
			-			-	-	-
		4,52	-			-	-	-
			-			-	-	-
			-			-	-	-
			-			-	-	-
			-			-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		3	2,5	0,00	0,00
TOTAL							0,00	0,00

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

CONSUMO DE AQS

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

consumo médio diário de referência  $M_{AQS}$   l

$40 \times$

factorial de ocupantes de cada fracção n  ocupantes

factor de eficiência hídrica

consumo médio diário de referência  $MAQS$   l

$4187 \times$

aumento de temperatura  $\Delta T$   °C

$\times$

nº de dias de consumo  dias

$\div$

$3600000$

$\div$

$A_p$   m<sup>2</sup>

$=$

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS  $Q_u/A_p$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pa}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pa} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano	
Sistema 2	Gás Propano		0,00	1	0,60	1	7,14	0,04	
			-			-	-	-	
			-			-	-	-	
		12,25	1,00			1,00	1	2373,00	12,23
			-			-	-	-	
			-			-	-	-	
			-			-	-	-	
Sistema por defeito	Gás Butano		0,00		0,89	1	0,00	0,00	
TOTAL							2380,14	12,27	

## A7.2.2 – Cálculos referentes ao Edifício 2(Cenário 2)

### Balço energético

#### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	45,69	70,16	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	2,68	9,15	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	Ntc/Nt 0,46
Wwm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	3944		Classe Energética
Eren,ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		0,00	A
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	85,30	187,51	

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{uc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{psa}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{psa} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Biomassa		0,25		0,68	1	1571,27	17,07
Sistema 4	Electricidade		0,38		1,00	2,5	1598,49	43,41
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
		45,69	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,37		1	2,5	1539,60	41,81
						TOTAL	4709,35	102,29

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Electricidade		1,00		3,00	2,5	0,00	0,00
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
		2,68	-	0	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		3	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	0,00	0,00

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

CONSUMO DE AQS

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

consumo médio diário de referência  $M_{AQS}$   l

40 x ocupantes de cada fracção n  ocupantes

factor de eficiência hídrica

consumo médio diário de referência MAQS  l

aumento de temperatura  $\Delta T$   °C

nº de dias de consumo  dias

$A_p$   m<sup>2</sup>

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS  $Q_d/A_p$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_d/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{psa}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_d / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_d \cdot F_{psa} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 3	Gás Propano		0,00		0,60	1	7,14	0,08
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema 5	Renovável Térmica	25,82	1,00	1	1,00	1	2373,00	25,78
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Gás Butano		0,00		0,89	1	0,00	0,00
						TOTAL	2380,14	25,85

### A7.2.3 – Cálculos referentes ao Edifício 3(Cenário 2)

#### Balço energético

#### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	39,35	78,66	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	5,81	9,15	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	Ntc/Nt 0,38
Wwm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	3857		Classe Energética
Eren,ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	0,00		A
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	77,76	203,15	

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{uc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 3	Biomassa		0,26		0,68	1	1486,33	15,04
Sistema 5	Electricidade		0,42		1,00	2,5	1632,68	41,31
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
		39,35	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,32		1	2,5	1243,95	31,48
TOTAL							4362,96	87,83

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Electricidade		1,00		3,00	2,5	191,41	4,84
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
		5,81	-	1	-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		3	2,5	0,00	0,00
TOTAL							191,41	4,84

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

CONSUMO DE AQS

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

consumo médio diário de referência  $M_{AQS}$   l

40 x  ocupantes

factor de eficiência hídrica

consumo médio diário de referência MAQS  l

aumento de temperatura  $\Delta T$   °C

nº de dias de consumo  dias

$A_p$   m<sup>2</sup>

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS  $Q_u/A_p$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia primária $f_a \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Gás Butano		0,00		0,54	1	12,16	0,12
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema 4	Renovável Térmica	24,06	1,00	1	1,00	1	2370,72	24,00
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Gás Butano		0,00		0,80	1	0,00	0,00
TOTAL							2382,88	24,12

## ANEXO A8 – Cenário de Melhoria Proposto 3

### A8.1 – Ficha técnica da caldeira a *Pellets*

## Compactas SZM C 18 kW

---



## COMBUSTÍVEL ACEITE



## CAPACIDADES



## POTÊNCIAS

Volume de Aquecimento Máximo	400 m <sup>3</sup>
Potência Nominal Água	18,1 kW
Potência Mínima Água	7,3 kW
Consumo Máximo Pellet	4,4 kg/h
Consumo Mínimo Pellet	1,8 kg/h
Potência Nominal Eléctrica	134w
Potência Eléctrica de Arranque	434w
Tensão Nominal	230V
Frequência Eléctrica	50Hz

## EFICIÊNCIA

Eficiência Nominal	88 %
Eficiência à Potência Reduzida	92 %
Temperatura Máxima de Gases	133° C
Temperatura Mínima de Gases	77° C
Depressão Necessária na Chaminé	12 pa

## CERTIFICAÇÃO

- Norma de Certificação EN 14785
- Laboratório Homologação CEIS

## SISTEMA HIDRÁULICO:

- Bomba Circuladora 15-55
- Sistema hidráulico com conexões de 3/4"
- Válvula de segurança com pressão de 3 BAR
- Sensor para medição de pressão do circuito hidráulico
- Vaso de Expansão com 6 litros

## SISTEMAS DE SEGURANÇA E OPTIMIZAÇÃO DE QUEIMA:

- Pressostato de fumos
- Termostato temperatura da água e termostato temperatura cuba pellets
- Sensor de massa de ar para maximização do rendimento
- Controlo electrónico da queima
- Sistema automático de limpeza do queimador por Airflow
- Sistema manual de limpeza dos turboladores
- Agendamento horário/ diário/ semanal de funcionamento
- Possibilidade de ligação a termostato compatível com smartphone - iOS e Android
- Montagem rápida Plug & Play - toda a instalação incluída na caldeira
- Selecção de Temperatura de Setpoint da água permitindo um menor consumo.

## A8.2 – Folha de Cálculo de Avaliação do Comportamento Térmico e do desempenho energético de edifícios de acordo com o REH (Decreto-Lei n. °118/2013 de 20 de agosto)

### A8.2.1 – Cálculos referentes ao Edifício 1 (Cenário 3)

Balço energético				
Indicadores energéticos				
Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	89,24	70,13	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	5,18	9,15	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	Ntc/Nt 0,04
Wwm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	21613		Classe Energética
Eren,ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	0,00		A+
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	4,31	100,19	

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Biomassa	89,23	1,00	1	0,90	1	19235,09	99,15
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		1	2,5	0,00	0,00
TOTAL							19235,09	99,15

G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pvv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{pvv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Electricidade	5,18	1,00	1	3,00	2,5	334,74	4,31
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		3	2,5	0,00	0,00
TOTAL							334,74	4,31

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS						
consumo médio diário de referência $M_{AQS}$		160 l						
x		4187						
x		35 °C						
x		365 dias						
=		360000						
x		194 m <sup>2</sup>						
=		12,25 kWh/m <sup>2</sup> .ano						
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Biomassa		0,00		0,81	1	5,29	0,03
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema 3	Renovável Térmica	12,25	1,00	1	1,00	1	2373,00	12,23
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Gás Butano		0,00		0,80	1	0,00	0,00
TOTAL							2378,29	12,26

## A8.2.2 – Cálculos referentes ao Edifício 2 (Cenário 3)

### Balço energético

#### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	75,06	70,16	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	1,52	9,15	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	Ntc/Nt 0,00
Wwm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	10056		Classe Energética
Eren,ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		0,00	A+
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	0,00	115,47	

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Biomassa	75,06	1,00	1	0,90	1	7678,04	83,40
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		1	2,5	0,00	0,00
TOTAL							7678,04	83,40

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Electricidade	1,52	1,00	0	3,00	2,5	0,00	0,00
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		3	2,5	0,00	0,00
TOTAL							0,00	0,00

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

CONSUMO DE AQS

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

consumo médio diário de referência  $M_{AQS}$   l

40 x  ocupantes

factor de eficiência hídrica

consumo médio diário de referência MAQS  l

aumento de temperatura  $\Delta T$   °C

nº de dias de consumo  dias

$A_p$   m<sup>2</sup>

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS  $Q_u/A_p$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Biomassa		0,00		0,90	1	4,76	0,05
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema 3	Renovável Térmica	25,82	1,00	1	1,00	1	2373,00	25,78
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Gás Butano		0,00		0,89	1	0,00	0,00
TOTAL							2377,76	25,83

### A8.2.3 – Cálculos referentes ao Edifício 3 (Cenário 3)

#### Balço energético

#### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	68,89	78,66	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	3,88	9,15	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	Ntc/Nt
Wwm	Energia eléctrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		0,00
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	9941		Classe Energética
Eren,ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	0,00		<b>A+</b>
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	0,00	123,04	

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Biomassa	68,89	1,00	1	0,90	1	7563,06	76,55
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		1	2,5	0,00	0,00
TOTAL							7563,06	76,55

G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Electricidade	3,88	1,00	0	1,00	2,5	0,00	0,00
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		3	2,5	0,00	0,00
TOTAL							0,00	0,00

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

CONSUMO DE AQS

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

consumo médio diário de referência  $M_{AQS}$   l

40 x  ocupantes

factor de eficiência hídrica

consumo médio diário de referência MAQS  l

aumento de temperatura  $\Delta T$   °C

nº de dias de consumo  dias

$A_p$   m<sup>2</sup>

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS  $Q_u/A_p$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Biomassa		0,00		0,81	1	5,29	0,05
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema 3	Renovável Térmica	24,06	1,00	1	1,00	1	2373,00	24,02
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
			-		-	-	-	-
Sistema por defeito	Gás Butano		0,00		0,80	1	0,00	0,00
TOTAL							2378,29	24,07

## ANEXO A9 – Medidas de Reabilitação de Pavimentos

Quando se fala em isolar termicamente os pavimentos, a localização do isolamento térmico varia e o tipo de solução e de isolante também.

Em baixo é apresentada uma tabela com alguns tipos de soluções.

Localização do isolamento térmico	Tipo de Soluções		Isolante para Pavimentos	$\lambda$ [W/m°C]
<b>Face Inferior</b>	Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento sobre isolante	Revestimentos espessos de ligantes minerais (rebocos armados), sobre isolante	EPS	0,04
		Revestimentos delgados de ligantes sintéticos, ou mistos, armados, sobre isolante	XPS	0,035
	Revestimentos Isolantes	Vetures	MW	0,036
		Rebocos isolantes	Cortiça	0,045
		Revestimentos de espuma isolante projetada (vocacionados para locais em que o aspeto estático não é relevante)	Fibra de côco	0,044
	Tetos-Falsos	Tetos-falsos isolantes	FOAMGLASS	0,042
		Tetos-falsos suportando uma camada de isolamento térmico		
<b>Intermédio</b>	Preenchimento dos vazios entre vigotas de pavimentos de madeira com um isolante térmico (massas de lã mineral ou um isolante a granel)		MW	0,04
			Cortiça	0,045
			EPS	0,06-0,25
<b>Face Superior</b>	Camada isolante de betão leve entre o pavimento e o revestimento de piso		EPS	0,036
			XPS	0,035
			MW	0,035
			Cortiça	0,045
			Fibra de côco	0,044
			Telas Refletores	0,024

**Tabela 38** - Diversos tipos e soluções, consoante a localização do isolamento térmico para pavimentos

## ANEXO B – Análise Económica

### ANEXO B1– Calculo dos custos de manutenção e investimento para cada cenário de estudo e para os edifícios em estudo

#### B1.1 – Custos para o Cenário 1:

Elemento Construtivo	Edifício 1					Edifício 2				
	Área (m2)	Custo (€/m2)	Custo manutenção (€)	Custo investimento (€)	Custo investimento + custo de manutenção (€)	Área (m2)	Custo (€/m2)	Custo manutenção (€)	Custo investimento (€)	Custo investimento + custo de manutenção (€)
<b>Parede Exterior</b>	224,43	55,22 €	619,43 €	12 393,02 €	13 012,45 €	111,83	55,22 €	308,65 €	6 175,25 €	6 483,90 €
<b>Pavimento Exterior</b>	4,04	30,38 €	11,15 €	122,74 €	133,89 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Cobertura</b>	147	7,22 €	20,58 €	1 061,34 €	1 081,92 €	97,6	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Cobertura Plana</b>	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Pavimento sobre espaços não uteis</b>	59	22,96 €	230,10 €	1 354,64 €	1 584,74 €	97,6	49,10 €	435,30 €	4 792,16 €	5 227,46 €
<b>Parede Interior</b>	14,2	23,50 €	1,99 €	333,70 €	335,69 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Parede Enterrada</b>	29,25	23,50 €	73,13 €	687,38 €	760,50 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Vãos Envidraçados</b>	43,76	312,00 €	1 260,29 €	13 653,12 €	14 913,41 €	12,96	312,00 €	373,25 €	4 043,52 €	4 416,77 €
<b>Ar condicionado</b>	1	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €	1	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €
<b>Coletor solar</b>	1	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €	1	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €
		Σ	<b>2 951,16 €</b>	<b>31 879,01 €</b>	<b>34 830,17 €</b>		Σ	<b>1 851,69 €</b>	<b>17 284,01 €</b>	<b>19 135,71 €</b>

Elemento Construtivo	Edifício 3					Edifício Tipo				
	Área (m2)	Custo (€/m2)	Custo manutenção (€)	Custo investimento (€)	Custo investimento + custo de manutenção (€)	Área (m2)	Custo (€/m2)	Custo manutenção (€)	Custo investimento (€)	Custo investimento + custo de manutenção (€)
<b>Parede Exterior</b>	127,13	55,22 €	350,88 €	7 020,12 €	7 371,00 €	154,46	55,22 €	426,32 €	8 529,47 €	8 955,78 €
<b>Pavimento Exterior</b>	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1,35	10,13 €	3,72 €	40,91 €	44,63 €
<b>Cobertura</b>	97,17	7,22 €	13,60 €	701,57 €	715,17 €	113,92	4,81 €	11,39 €	587,64 €	599,03 €
<b>Cobertura Plana</b>	12,25	34,21 €	306,25 €	419,07 €	725,32 €	4,08	11,40 €	102,08 €	139,69 €	241,77 €
<b>Pavimento sobre espaços não uteis</b>	46,1	22,96 €	179,79 €	1 058,46 €	1 238,25 €	67,57	31,67 €	281,73 €	2 401,75 €	2 683,48 €
<b>Parede Interior</b>	12,69	23,50 €	1,78 €	298,22 €	299,99 €	8,96	15,67 €	1,25 €	210,64 €	211,89 €
<b>Parede Enterrada</b>	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	9,75	7,83 €	24,38 €	229,13 €	253,50 €
<b>Vãos Envidraçados</b>	28,32	312,00 €	815,62 €	8 835,84 €	9 651,46 €	28,35	312,00 €	816,38 €	8 844,16 €	9 660,54 €
<b>Ar condicionado</b>	1(un.)	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €	1,00	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €
<b>Coletor solar</b>	1(un.)	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €	1,00	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €
		Σ	<b>2 402,42 €</b>	<b>20 606,35 €</b>	<b>23 008,76 €</b>		Σ	<b>2 401,76 €</b>	<b>23 256,46 €</b>	<b>25 658,22 €</b>

**Tabela 39** - Custos de manutenção e investimento para cada edifício em estudo, no cenário 1.

### B1.2 – Custos para o Cenário 2:

Elemento Construtivo	Edifício 1					Edifício 2				
	Área (m2)	Custo (€/m2)	Custo manutenção (€)	Custo investimento (€)	Custo investimento + custo de manutenção (€)	Área (m2)	Custo (€/m2)	Custo manutenção (€)	Custo investimento (€)	Custo investimento + custo de manutenção (€)
<b>Parede Exterior</b>	224,43	75,25 €	1 281,50 €	16 888,36 €	18 169,85 €	111,83	75,25 €	638,55 €	8 415,21 €	9 053,76 €
<b>Pavimento Exterior</b>	4,04	30,38 €	11,15 €	122,74 €	133,89 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Cobertura</b>	147	22,20 €	20,58 €	3 263,40 €	3 283,98 €	97,6	22,20 €	13,66 €	2 166,72 €	2 180,38 €
<b>Cobertura Plana</b>	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Pavimento sobre espaços não úteis</b>	59	43,48 €	483,80 €	2 565,32 €	3 049,12 €	97,6	43,48 €	800,32 €	4 243,65 €	5 043,97 €
<b>Parede Interior</b>	14,2	35,92 €	54,53 €	510,06 €	564,59 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Parede Enterrada</b>	29,25	23,50 €	73,13 €	687,38 €	760,50 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Vãos Envidraçados</b>	43,76	389,72 €	2 433,93 €	17 054,15 €	19 488,08 €	12,96	389,72 €	720,84 €	5 050,77 €	5 771,61 €
<b>Ar condicionado</b>	1(un.)	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €	1	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €
<b>Coletor solar</b>	1(un.)	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €	1	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €
		Σ	<b>5 093,11 €</b>	<b>43 364,48 €</b>	<b>48 457,59 €</b>		Σ	<b>2 907,87 €</b>	<b>22 149,43 €</b>	<b>25 057,30 €</b>

Elemento Construtivo	Edifício 3					Edifício Tipo				
	Área (m2)	Custo (€/m2)	Custo manutenção (€)	Custo investimento (€)	Custo investimento + custo de manutenção (€)	Área (m2)	Custo (€/m2)	Custo manutenção (€)	Custo investimento (€)	Custo investimento + custo de manutenção (€)
<b>Parede Exterior</b>	127,13	75,25 €	725,91 €	9 566,53 €	10 292,44 €	154,46	75,25 €	881,99 €	11 623,37 €	12 505,35 €
<b>Pavimento Exterior</b>	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1,35	10,13 €	3,72 €	40,91 €	44,63 €
<b>Cobertura</b>	97,17	22,20 €	13,60 €	2 157,17 €	2 170,78 €	113,92	22,20 €	15,95 €	2 529,10 €	2 545,05 €
<b>Cobertura Plana</b>	12,25	12,25 €	306,25 €	150,06 €	456,31 €	4,08	4,08 €	102,08 €	50,02 €	152,10 €
<b>Pavimento sobre espaços não úteis</b>	46,1	55,75 €	295,50 €	2 570,08 €	2 865,58 €	67,57	47,57 €	526,54 €	3 126,35 €	3 652,89 €
<b>Parede Interior</b>	12,69	35,92 €	48,73 €	455,82 €	504,55 €	8,96	23,95 €	34,42 €	321,96 €	356,38 €
<b>Parede Enterrada</b>	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	9,75	7,83 €	24,38 €	229,13 €	253,50 €
<b>Vãos Envidraçados</b>	28,32	389,72 €	1 575,16 €	11 036,87 €	12 612,03 €	28,35	389,72 €	1 576,64 €	11 047,26 €	12 623,90 €
<b>Ar condicionado</b>	1(un.)	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €	1,00	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €
<b>Coletor solar</b>	1(un.)	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €	1,00	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €
		Σ	<b>3 699,66 €</b>	<b>28 209,62 €</b>	<b>31 909,27 €</b>		Σ	<b>3 900,21 €</b>	<b>31 241,17 €</b>	<b>35 141,39 €</b>

**Tabela 40-** Custos de manutenção e investimento para cada edifício em estudo, no cenário 2.

### B1.3 – Custos para o Cenário 3:

Elemento Construtivo	Edifício 1					Edifício 2				
	Área (m2)	Custo (€/m2)	Custo manutenção (€)	Custo investimento (€)	Custo investimento + custo de manutenção (€)	Área (m2)	Custo (€/m2)	Custo manutenção (€)	Custo investimento (€)	Custo investimento + custo de manutenção (€)
<b>Parede Exterior</b>	224,43	55,22 €	619,43 €	12 393,02 €	13 012,45 €	111,83	55,22 €	308,65 €	6 175,25 €	6 483,90 €
<b>Pavimento Exterior</b>	4,04	30,38 €	11,15 €	122,74 €	133,89 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Cobertura</b>	147	7,22 €	20,58 €	1 061,34 €	1 081,92 €	97,6	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Cobertura Plana</b>	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Pavimento sobre espaços não uteis</b>	59	22,96 €	230,10 €	1 354,64 €	1 584,74 €	97,6	49,10 €	435,30 €	4 792,16 €	5 227,46 €
<b>Parede Interior</b>	14,2	23,50 €	1,99 €	333,70 €	335,69 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Parede Enterrada</b>	29,25	23,50 €	73,13 €	687,38 €	760,50 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Vãos Envidraçados</b>	43,76	312,00 €	1 260,29 €	13 653,12 €	14 913,41 €	12,96	312,00 €	373,25 €	4 043,52 €	4 416,77 €
<b>Ar condicionado</b>	1(un.)	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €	1	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €
<b>Coletor solar</b>	1(un.)	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €	1	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €
<b>Caldeira a Pellets</b>	1(un.)	3 359,44 €	1 610,00 €	3 359,44 €	4 969,44 €	1	3 359,44 €	1 610,00 €	3 359,44 €	4 969,44 €
<b>Instalação Aquecimento central</b>	1(un.)	3 700,00 €	385,00 €	3 700,00 €	4 085,00 €	1	3 700,00 €	385,00 €	3 700,00 €	4 085,00 €
		Σ	<b>4 946,16 €</b>	<b>38 938,45 €</b>	<b>43 884,61 €</b>		Σ	<b>3 846,69 €</b>	<b>24 343,45 €</b>	<b>28 190,15 €</b>

Elemento Construtivo	Edifício 3					Edifício Tipo				
	Área (m <sup>2</sup> )	Custo (€/m <sup>2</sup> )	Custo manutenção (€)	Custo investimento (€)	Custo investimento + custo de manutenção (€)	Área (m <sup>2</sup> )	Custo (€/m <sup>2</sup> )	Custo manutenção (€)	Custo investimento (€)	Custo investimento + custo de manutenção (€)
<b>Parede Exterior</b>	127,13	55,22 €	350,88 €	7 020,12 €	7 371,00 €	154,46	55,22 €	426,32 €	8 529,47 €	8 955,78 €
<b>Pavimento Exterior</b>	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1,35	10,13 €	3,72 €	40,91 €	44,63 €
<b>Cobertura</b>	97,17	7,22 €	13,60 €	701,57 €	715,17 €	113,92	4,81 €	11,39 €	587,64 €	599,03 €
<b>Cobertura Plana</b>	12,25	34,21 €	306,25 €	419,07 €	725,32 €	4,08	11,40 €	102,08 €	139,69 €	241,77 €
<b>Pavimento sobre espaços não uteis</b>	46,1	22,96 €	179,79 €	1 058,46 €	1 238,25 €	67,57	31,67 €	281,73 €	2 401,75 €	2 683,48 €
<b>Parede Interior</b>	12,69	23,50 €	1,78 €	298,22 €	299,99 €	8,96	15,67 €	1,25 €	210,64 €	211,89 €
<b>Parede Enterrada</b>	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	9,75	7,83 €	24,38 €	229,13 €	253,50 €
<b>Vãos Envidraçados</b>	28,32	312,00 €	815,62 €	8 835,84 €	9 651,46 €	28,35	312,00 €	816,38 €	8 844,16 €	9 660,54 €
<b>Ar condicionado</b>	1(un.)	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €	1,00	168,88 €	44,50 €	168,88 €	213,38 €
<b>Coletor solar</b>	1(un.)	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €	1,00	2 104,20 €	690,00 €	2 104,20 €	2 794,20 €
<b>Caldeira a Pellets</b>	1(un.)	3 359,44 €	1 610,00 €	3 359,44 €	4 969,44 €	1,00	3 359,44 €	1 610,00 €	3 359,44 €	4 969,44 €
<b>Instalação Aquecimento central</b>	1(un.)	3 700,00 €	385,00 €	3 700,00 €	4 085,00 €	1,00	3 700,00 €	385,00 €	3 700,00 €	4 085,00 €
		Σ	4 397,42 €	27 665,79 €	32 063,20 €		Σ	4 396,76 €	30 315,90 €	34 712,66 €

**Tabela 41-** Custos de manutenção e investimento para cada edifício em estudo, no cenário 3.

## B2 – Análise do LCC para um período de tempo de 30 anos

Fonte de Energia	Preço €
Biomassa	0,05
Eletricidade	0,17
Gás	0,151

**Tabela 42** – Preço por fonte de energia

### B2.1- Estudo LCC para o Cenário Existente

	Edifício 1	Edifício 2	Edifício 3	Edifício Tipo
<b>Custo Energia Anual €</b>	2 298,41 €	1 758,23 €	1 831,19 €	1 962,61 €
<b>Custo de Investimento €</b>	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Custo de Manutenção €</b>	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €

**Tabela 43** – Custo de energia e de investimento para os casos de estudo no cenário existente.

		(kWh)/ano	€/ ano
<b>Edifício 1</b>	Biomassa	9586,2	479,31
	Eletricidade	6790,22	1154,3374
	Eletricidade	0	
	Gás	4402,38	664,75938
		<b>Σ</b>	<b>2298,4068</b>
		(kWh)/ano	€/ ano
<b>Edifício 2</b>	Biomassa	5278,27	263,9135
	Eletricidade	5270,78	896,0326
	Eletricidade	0	
	Gás	3962,14	598,28314
		<b>Σ</b>	<b>1758,2292</b>
		(kWh)/ano	€/ ano
<b>Edifício 3</b>	Biomassa	4949,34	247,467
	Eletricidade	5405,67	918,9639
	Eletricidade	0	
	Gás	4402,38	664,75938
		<b>Σ</b>	<b>1831,1903</b>
		(kWh)/ano	€/ ano
<b>Edifício Tipo</b>	Biomassa	6604,6033	330,23017
	Eletricidade	5822,2233	989,77797
	Eletricidade	0	
	Gás	4255,6333	642,60063
		<b>Σ</b>	<b>1962,6088</b>

**Tabela 44** – Análise energética de cada caso de estudo, no cenário atual.

<b><i>Cenário atual</i></b>					<b><i>Cenário atual aumento de 3,5% do custo de energia</i></b>				
<b>Período de estudo</b>	<b>Edifício 1</b>	<b>Edifício 2</b>	<b>Edifício 3</b>	<b>Edifício Tipo</b>	<b>Período de estudo</b>	<b>Edifício 1</b>	<b>Edifício 2</b>	<b>Edifício 3</b>	<b>Edifício Tipo</b>
1	2 220,68 €	1 698,77 €	1 769,27 €	1 896,24 €	1	2 220,68 €	1 698,77 €	1 590,56 €	1 752,33 €
2	2 145,59 €	1 641,33 €	1 709,44 €	1 832,12 €	2	2 145,59 €	1 641,33 €	1 544,24 €	1 701,29 €
3	2 073,03 €	1 585,82 €	1 651,63 €	1 770,16 €	3	2 073,03 €	1 585,82 €	1 499,26 €	1 651,74 €
4	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €	4	2 002,93 €	1 532,20 €	1 455,59 €	1 603,63 €
5	1 935,20 €	1 480,38 €	1 541,81 €	1 652,46 €	5	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
6	1 869,76 €	1 430,32 €	1 489,67 €	1 596,58 €	6	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
7	1 806,53 €	1 381,95 €	1 439,30 €	1 542,59 €	7	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
8	1 745,44 €	1 335,22 €	1 390,63 €	1 490,43 €	8	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
9	1 686,41 €	1 290,07 €	1 343,60 €	1 440,03 €	9	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
10	1 629,38 €	1 246,44 €	1 298,17 €	1 391,33 €	10	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
11	1 574,28 €	1 204,29 €	1 254,27 €	1 344,28 €	11	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
12	1 521,05 €	1 163,57 €	1 211,85 €	1 298,82 €	12	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
13	1 469,61 €	1 124,22 €	1 170,87 €	1 254,90 €	13	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
14	1 419,91 €	1 086,20 €	1 131,28 €	1 212,46 €	14	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
15	1 371,90 €	1 049,47 €	1 093,02 €	1 171,46 €	15	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
16	1 325,50 €	1 013,98 €	1 056,06 €	1 131,85 €	16	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
17	1 280,68 €	979,69 €	1 020,35 €	1 093,57 €	17	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
18	1 237,37 €	946,56 €	985,84 €	1 056,59 €	18	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
19	1 195,53 €	914,55 €	952,50 €	1 020,86 €	19	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
20	1 155,10 €	883,63 €	920,29 €	986,34 €	20	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
21	1 116,04 €	853,74 €	889,17 €	952,99 €	21	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
22	1 078,30 €	824,87 €	859,10 €	920,76 €	22	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
23	1 041,83 €	796,98 €	830,05 €	889,62 €	23	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
24	1 006,60 €	770,03 €	801,98 €	859,54 €	24	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
25	972,56 €	743,99 €	774,86 €	830,47 €	25	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
26	939,68 €	718,83 €	748,66 €	802,39 €	26	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
27	907,90 €	694,52 €	723,34 €	775,25 €	27	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
28	877,20 €	671,04 €	698,88 €	749,04 €	28	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
29	847,53 €	648,34 €	675,25 €	723,71 €	29	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
30	818,87 €	626,42 €	652,41 €	699,24 €	30	2 002,93 €	1 532,20 €	1 595,78 €	1 710,30 €
<b>LCC</b>	<b>42 272,40 €</b>	<b>32 337,43 €</b>	<b>33 679,33 €</b>	<b>36 096,39 €</b>	<b>LCC</b>	<b>60 518,38 €</b>	<b>46 295,19 €</b>	<b>47 579,84 €</b>	<b>51 176,78 €</b>

**Tabela 45** – LCC para o cenário atual.

## B2.2- Estudo LCC para o Cenário 1

<b>Cenário proposto de melhoria 1</b>				
	<b>Edifício 1</b>	<b>Edifício 2</b>	<b>Edifício 3</b>	<b>Edifício Tipo</b>
<b>Custo Energia Anual €</b>	747,76 €	570,66 €	612,10 €	643,51 €
<b>Custo de Investimento €</b>	31 879,01 €	17 284,01 €	20 606,35 €	20 606,35 €
<b>Custo de Manutenção €</b>	2 951,16 €	1 851,69 €	2 402,42 €	2 402,42 €

**Tabela 46** – Custo de energia e de investimento para os casos de estudo no cenário 1.

		<b>(kWh)/ano</b>	<b>€/ ano</b>
<b>Edifício 1</b>	Biomassa	6155,23	307,76 €
	Eletricidade	2581,18	438,80 €
	Eletricidade	0	0,00 €
	Gás	7,94	1,20 €
	Térmica	2373	0,00 €
			<b>747,76 €</b>
<b>Edifício 2</b>	Biomassa	2581,18	129,06 €
	Eletricidade	2591,34	440,53 €
	Eletricidade	0	0,00 €
	Gás	7,14	1,08 €
	Térmica	2373	0,00 €
			<b>570,66 €</b>
<b>Edifício 3</b>	Biomassa	2592,16	129,61 €
	Eletricidade	2831,16	481,30 €
	Eletricidade	0	0,00 €
	Gás	7,94	1,20 €
	Térmica	2373	0,00 €
			<b>612,10 €</b>
<b>Edifício Tipo</b>	Biomassa	3776,19	188,81 €
	Eletricidade	2667,8933	453,54 €
	Eletricidade	0	0,00 €
	Gás	7,6733333	1,16 €
	Térmica	2373	0,00 €
			<b>643,51 €</b>

**Tabela 47** – Análise energética de cada caso de estudo, no cenário 1.

<b><u>Cenário proposto de melhoria 1</u></b>					<b><u>Cenário 1 aumento de 3,5% do custo de energia</u></b>				
<b>Período de estudo</b>	<b>Edifício 1</b>	<b>Edifício 2</b>	<b>Edifício 3</b>	<b>Edifício Tipo</b>	<b>Período de estudo</b>	<b>Edifício 1</b>	<b>Edifício 2</b>	<b>Edifício 3</b>	<b>Edifício Tipo</b>
1	30 800,98 €	16 699,53 €	19 909,52 €	19 909,52 €	1	28 648,73 €	16 370,05 €	19 932,37 €	21 650,38 €
2	698,04 €	532,72 €	571,41 €	600,72 €	2	984,71 €	476,31 €	522,37 €	661,13 €
3	674,44 €	514,71 €	552,08 €	580,41 €	3	951,41 €	460,20 €	504,71 €	638,77 €
4	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €	4	919,24 €	444,64 €	487,64 €	617,17 €
5	629,59 €	480,48 €	515,38 €	541,82 €	5	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
6	608,30 €	464,24 €	497,95 €	523,50 €	6	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
7	587,73 €	448,54 €	481,11 €	505,79 €	7	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
8	567,86 €	433,37 €	464,84 €	488,69 €	8	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
9	548,66 €	418,71 €	449,12 €	472,16 €	9	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
10	2 622,23 €	1 717,26 €	2 137,05 €	2 159,31 €	10	3 011,32 €	2 014,19 €	2 455,55 €	2 494,16 €
11	512,18 €	390,87 €	419,26 €	440,77 €	11	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
12	494,86 €	377,66 €	405,08 €	425,86 €	12	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
13	478,12 €	364,89 €	391,38 €	411,46 €	13	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
14	461,95 €	352,55 €	378,15 €	397,55 €	14	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
15	446,33 €	340,62 €	365,36 €	384,11 €	15	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
16	431,24 €	329,11 €	353,00 €	371,12 €	16	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
17	416,66 €	317,98 €	341,07 €	358,57 €	17	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
18	402,57 €	307,22 €	329,53 €	346,44 €	18	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
19	388,95 €	296,83 €	318,39 €	334,73 €	19	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
20	1 858,95 €	1 217,40 €	1 514,99 €	1 530,78 €	20	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
21	363,09 €	277,10 €	297,22 €	312,47 €	21	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
22	350,81 €	267,73 €	287,17 €	301,90 €	22	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
23	338,95 €	258,67 €	277,46 €	291,69 €	23	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
24	327,49 €	249,93 €	268,08 €	281,83 €	24	2 780,37 €	1 946,47 €	2 270,11 €	2 332,60 €
25	316,41 €	241,48 €	259,01 €	272,30 €	25	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
26	305,71 €	233,31 €	250,25 €	263,09 €	26	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
27	295,37 €	225,42 €	241,79 €	254,19 €	27	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
28	285,39 €	217,80 €	233,61 €	245,60 €	28	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
29	275,74 €	210,43 €	225,71 €	237,29 €	29	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
30	266,41 €	203,32 €	218,08 €	229,27 €	30	651,63 €	497,30 €	533,41 €	560,78 €
<b>LCC</b>	<b>47 406,64 €</b>	<b>28 887,16 €</b>	<b>33 486,45 €</b>	<b>34 033,72 €</b>	<b>LCC</b>	<b>52 934,92 €</b>	<b>33 647,08 €</b>	<b>38 974,68 €</b>	<b>41 852,98 €</b>

**Tabela 48** – LCC para o cenário 1.

### B2.3- Estudo LCC para o Cenário 2

	Edifício 1	Edifício 2	Edifício 3	Edifício Tipo
<b>Custo Energia Anual €</b>	738,91 €	351,38 €	386,25 €	492,18 €
<b>Custo de Investimento €</b>	43 364,48 €	22 149,43 €	28 209,62 €	31 241,17 €
<b>Custo de Manutenção €</b>	5 093,11 €	2 907,87 €	3 699,66 €	3 900,21 €

**Tabela 49** -Custo de energia e de investimento para os casos de estudo no cenário 2.

		(kWh)/ano	
<b>Edifício 1</b>	Biomassa	4329,56	216,478
	Eletricidade	3066,77	521,3509
	Eletricidade	0	0
	Gás	7,14	1,07814
	Térmica	2373	0
			<b>738,90704</b>
<b>Edifício 2</b>	Biomassa	1571,27	78,5635
	Eletricidade	1598,49	271,7433
	Eletricidade	0	0
	Gás	7,14	1,07814
	Térmica	2373	0
			<b>351,38494</b>
<b>Edifício 3</b>	Biomassa	1486,33	74,3165
	Eletricidade	1632,68	277,5556
	Eletricidade	191,41	32,5397
	Gás	12,16	1,83616
	Térmica	2370,72	0
			<b>386,24796</b>
<b>Edifício Tipo</b>	Biomassa	2462,39	123,1193333
	Eletricidade	2099,31	356,8832667
	Eletricidade	63,80	10,84656667
	Gás	8,81	1,330813333
	Térmica	2372,24	0
			<b>492,17998</b>

**Tabela 50** – Análise energética de cada caso de estudo, no cenário 2.

<b><u>Cenário proposto de melhoria 2</u></b>					<b><u>Cenário 2 aumento de 3,5% do custo de energia</u></b>				
<b>Período de estudo</b>	<b>Edifício 1</b>	<b>Edifício 2</b>	<b>Edifício 3</b>	<b>Edifício Tipo</b>	<b>Período de estudo</b>	<b>Edifício 1</b>	<b>Edifício 2</b>	<b>Edifício 3</b>	<b>Edifício Tipo</b>
1	41 898,05 €	21 400,41 €	27 255,67 €	30 184,71 €	1	38 958,57 €	20 886,26 €	27 403,49 €	29 082,77 €
2	689,78 €	328,02 €	360,57 €	459,46 €	2	571,27 €	281,45 €	158,19 €	336,97 €
3	666,45 €	316,93 €	348,37 €	443,92 €	3	551,95 €	271,94 €	152,84 €	325,58 €
4	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €	4	533,29 €	262,74 €	147,67 €	314,57 €
5	622,14 €	295,86 €	325,21 €	414,40 €	5	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
6	601,10 €	285,85 €	314,21 €	400,39 €	6	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
7	580,77 €	276,19 €	303,59 €	386,85 €	7	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
8	561,13 €	266,85 €	293,32 €	373,77 €	8	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
9	542,16 €	257,82 €	283,40 €	361,13 €	9	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
10	4 134,43 €	2 310,55 €	2 896,57 €	3 113,85 €	10	4 518,91 €	2 493,38 €	3 097,55 €	3 369,95 €
11	506,11 €	240,68 €	264,56 €	337,12 €	11	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
12	489,00 €	232,54 €	255,61 €	325,72 €	12	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
13	472,46 €	224,68 €	246,97 €	314,70 €	13	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
14	456,48 €	217,08 €	238,62 €	304,06 €	14	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
15	441,05 €	209,74 €	230,55 €	293,78 €	15	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
16	426,13 €	202,65 €	222,75 €	283,84 €	16	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
17	411,72 €	195,79 €	215,22 €	274,24 €	17	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
18	397,80 €	189,17 €	207,94 €	264,97 €	18	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
19	384,35 €	182,77 €	200,91 €	256,01 €	19	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
20	2 930,97 €	1 637,99 €	2 053,44 €	2 207,47 €	20	3 840,88 €	2 070,69 €	2 529,07 €	2 813,55 €
21	358,79 €	170,62 €	187,55 €	238,99 €	21	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
22	346,66 €	164,85 €	181,21 €	230,91 €	22	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
23	334,94 €	159,28 €	175,08 €	223,10 €	23	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
24	323,61 €	153,89 €	169,16 €	215,55 €	24	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
25	312,67 €	148,69 €	163,44 €	208,26 €	25	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
26	302,09 €	143,66 €	157,91 €	201,22 €	26	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
27	291,88 €	138,80 €	152,57 €	194,42 €	27	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
28	282,01 €	134,11 €	147,41 €	187,84 €	28	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
29	272,47 €	129,57 €	142,43 €	181,49 €	29	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
30	263,26 €	125,19 €	137,61 €	175,35 €	30	643,91 €	306,21 €	336,59 €	428,91 €
<b>LCC</b>	<b>60 944,36 €</b>	<b>31 046,44 €</b>	<b>38 468,45 €</b>	<b>43 486,42 €</b>	<b>LCC</b>	<b>64 428,82 €</b>	<b>33 615,55 €</b>	<b>41 567,05 €</b>	<b>46 537,14 €</b>

**Tabela 51** - LCC para o cenário 2.

## B2.4- Estudo LCC para o Cenário 3

	Edifício 1	Edifício 2	Edifício 3	Edifício Tipo
<b>Custo Energia Anual €</b>	1 018,92 €	384,14 €	378,15 €	593,74 €
<b>Custo de Investimento €</b>	38 938,45 €	24 343,45 €	27 665,79 €	30 315,90 €
<b>Custo de Manutenção €</b>	4 946,16 €	3 846,69 €	4 397,42 €	4 396,76 €

**Tabela 52** – Custo de energia e de investimento para os casos de estudo no cenário 3.

		(kWh)/ano	
<b>Edifício 1</b>	Biomassa	19240,38	962,019
	Eletricidade	334,74	56,9058
	Gás	0	0
	Térmica	2373	0
			<b>1018,9248</b>
<b>Edifício 2</b>	Biomassa	7682,8	384,14
	Eletricidade	0	0
	Eletricidade	0	0
	Térmica	2373	
			<b>384,14</b>
<b>Edifício 3</b>	Biomassa	7563,06	378,153
	Eletricidade	0	0
	Gás	0	0
	Térmica	2373	0
			<b>378,153</b>
<b>Edifício Tipo</b>	Biomassa	11495,41	
	Eletricidade	111,58	
	Eletricidade	0,00	
	Térmica	2373,00	
			<b>593,7392667</b>

**Tabela 53** – Análise energética de cada caso de estudo, no cenário 3.

<b><u>Cenário proposto de melhoria 3</u></b>					<b><u>Cenário 3 aumento de 3,5% do custo de energia</u></b>				
<b>Período de estudo</b>	<b>Edifício 1</b>	<b>Edifício 2</b>	<b>Edifício 3</b>	<b>Edifício Tipo</b>	<b>Período de estudo</b>	<b>Edifício 1</b>	<b>Edifício 2</b>	<b>Edifício 3</b>	<b>Edifício Tipo</b>
1	37 621,70 €	23 520,24 €	26 730,23 €	29 290,72 €	1	35 469,57 €	23 190,34 €	26 752,66 €	28 470,85 €
2	951,18 €	358,60 €	353,01 €	554,26 €	2	911,18 €	320,57 €	322,85 €	518,20 €
3	919,01 €	346,47 €	341,07 €	535,52 €	3	880,37 €	309,73 €	311,94 €	500,68 €
4	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €	4	850,60 €	299,25 €	301,39 €	483,75 €
5	857,91 €	323,44 €	318,39 €	499,91 €	5	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
6	828,90 €	312,50 €	307,63 €	483,01 €	6	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
7	800,87 €	301,93 €	297,22 €	466,67 €	7	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
8	773,78 €	291,72 €	287,17 €	450,89 €	8	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
9	747,62 €	281,86 €	277,46 €	435,64 €	9	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
10	4 228,76 €	2 999,32 €	3 385,49 €	3 537,86 €	10	4 758,94 €	3 199,20 €	3 582,26 €	3 846,80 €
11	697,91 €	263,12 €	259,01 €	406,68 €	11	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
12	674,31 €	254,22 €	250,26 €	392,93 €	12	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
13	651,50 €	245,62 €	241,79 €	379,64 €	13	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
14	629,47 €	237,31 €	233,62 €	366,80 €	14	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
15	608,19 €	229,29 €	225,72 €	354,40 €	15	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
16	587,62 €	221,54 €	218,08 €	342,41 €	16	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
17	567,75 €	214,04 €	210,71 €	330,83 €	17	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
18	548,55 €	206,81 €	203,58 €	319,65 €	18	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
19	530,00 €	199,81 €	196,70 €	308,84 €	19	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
20	2 997,85 €	2 126,27 €	2 400,04 €	2 508,05 €	20	4 252,57 €	2 599,31 €	2 865,70 €	3 239,20 €
21	494,76 €	186,53 €	183,62 €	288,30 €	21	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
22	478,03 €	180,22 €	177,41 €	278,55 €	22	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
23	461,86 €	174,13 €	171,41 €	269,13 €	23	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
24	446,25 €	168,24 €	165,61 €	260,03 €	24	887,93 €	334,76 €	329,54 €	3 107,01 €
25	431,15 €	162,55 €	160,01 €	251,24 €	25	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
26	416,57 €	157,05 €	154,60 €	242,74 €	26	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
27	402,49 €	151,74 €	149,38 €	234,53 €	27	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
28	388,88 €	146,61 €	144,32 €	226,60 €	28	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
29	375,73 €	141,65 €	139,44 €	218,94 €	29	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
30	363,02 €	136,86 €	134,73 €	211,54 €	30	887,93 €	334,76 €	329,54 €	517,41 €
<b>LCC</b>	<b>61 369,53 €</b>	<b>34 874,43 €</b>	<b>38 647,27 €</b>	<b>44 963,74 €</b>	<b>LCC</b>	<b>68 433,65 €</b>	<b>37 952,54 €</b>	<b>42 045,72 €</b>	<b>52 066,90 €</b>

**Tabela 54** – LCC para o cenário 3.

**B2.5- Análise dos casos de estudo nos diferentes cenários por metro quadrado**

	<b>Edifício 1 (m2)</b>			
	<b>Existente</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
<b>Gasto de Energia anual (€/m2)</b>	11,85 €	3,85 €	3,81 €	5,25 €
<b>Custo de investimento+Custo de Manutenção (€/m2)</b>	0,00 €	179,54 €	249,78 €	226,21 €
<b>LCC (€/m2)</b>	217,90 €	244,36 €	314,15 €	316,34 €
<b>LCC (Aumento 3,5% custo de Energia) (€/m2)</b>	311,95 €	272,86 €	332,11 €	352,75 €
<b>Classe energética</b>	D	B-	B	A+

**Tabela 55** - Resumo dos resultados obtidos para o edifício 1, nos diferentes cenários.

	<b>Edifício 2 (m2)</b>			
	<b>Existente</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
<b>Gasto de Energia anual (€/m2)</b>	19,10 €	6,20 €	3,82 €	4,11 €
<b>Custo de investimento+Custo de Manutenção (€/m2)</b>	0,00 €	207,86 €	272,18 €	306,21 €
<b>LCC (€/m2)</b>	351,26 €	313,79 €	337,24 €	378,82 €
<b>LCC (Aumento 3,5% custo de Energia) (€/m2)</b>	502,88 €	365,49 €	365,15 €	412,26 €
<b>Classe energética</b>	D	B	A	A+

**Tabela 56** - Resumo dos resultados obtidos para o edifício 2, nos diferentes cenários.

	<b>Edifício 3 (m2)</b>			
	<b>Existente</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
<b>Gasto de Energia anual (€/m2)</b>	18,53 €	6,20 €	3,91 €	3,83 €
<b>Custo de investimento+Custo de Manutenção (€/m2)</b>	0,00 €	232,88 €	322,97 €	324,53 €
<b>LCC (€/m2)</b>	340,88 €	338,93 €	389,36 €	391,17 €
<b>LCC (Aumento 3,5% custo de Energia) (€/m2)</b>	481,58 €	394,48 €	420,72 €	425,56 €
<b>Classe energética</b>	C	B	A	A+

**Tabela 57** - Resumo dos resultados obtidos para o edifício 3, nos diferentes cenários.

	<b>Edifício Tipo (m2)</b>			
	<b>Existente</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
<b>Gasto de Energia anual (€/m2)</b>	16,49 €	5,42 €	3,85 €	4,40 €
<b>Custo de investimento+Custo de Manutenção (€/m2)</b>	0,00 €	206,76 €	281,64 €	285,65 €
<b>LCC (€/m2)</b>	281,37 €	265,29 €	338,98 €	350,49 €
<b>LCC (Aumento 3,5% custo de Energia) (€/m2)</b>	398,93 €	326,25 €	362,76 €	405,86 €

**Tabela 58** - Resumo dos resultados obtidos para o edifício tipo, nos diferentes cenários.

	<b>Área útil (m2)</b>
<b>Edifício 1</b>	194
<b>Edifício 2</b>	92,06
<b>Edifício 3</b>	98,8
<b>Edifício Tipo</b>	128,287

**Tabela 59** – Área útil de cada edifício em estudo.

