



O Desempenho Energético dos Bairros Sociais - Caso de Estudo do Bairro do Falcão

HÉLDER RAFAEL TEIXEIRA CARDOSO

novembro de 2017

**O DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS BAIROS SOCIAIS -
- CASO DE ESTUDO DO BAIRRO DO FALCÃO**

HÉLDER RAFAEL TEIXEIRA CARDOSO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: Teresa Isabel Moreira de Carvalho Amorim Neto Silva

OUTUBRO DE 2017

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas	xv
Abreviaturas	xvii
CAPÍTULO 1 Introdução	21
CAPÍTULO 2 Legislação	25
CAPÍTULO 3 Caso de Estudo	33
CAPÍTULO 4 Análise dos Resultados	61
CAPÍTULO 5 Considerações Finais	73
Referências Bibliográficas	LXXV
Anexo I – Valores de Renovações de Ar Atuais	LXXVII
Anexo II – Valores de Renovações de Ar Após a Intervenção	LXXXV
Anexo III – Balanço Energético Atual	XCIII
Anexo IV – Balanço Energético Após a Intervenção	CI

RESUMO

Inicialmente, as habitações serviam apenas como abrigo, sendo que ao longo dos séculos e com o desenvolvimento de novas técnicas e vivências mais sedentárias tornaram-se locais de permanência por longos períodos, alterando-se o paradigma.

Atualmente, o setor dos transportes é o responsável pelos consumos energéticos mais elevados, mas o sector doméstico também é bastante dependente de energia, embora tenha um potencial de poupança também interessante, conseguido através de um conjunto de medidas facilmente implementáveis. Nos edifícios a maioria da energia é produzida através de fontes de energia não renováveis, com todos os problemas daí resultantes, nomeadamente ao nível da sua sustentabilidade. Para contrariar esta tendência é essencial repensar a forma como os edifícios são concebidos.

Este trabalho incide primeiramente na exposição e resumo da legislação térmica aplicável a edifícios de habitação em Portugal, especialmente o Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, posteriores atualizações e respetivos documentos legislativos complementares.

Posteriormente, demonstra-se a aplicação prática da metodologia de cálculo, prevista na legislação, para a reabilitação de várias frações que compõem o Bairro do Falcão, no Porto, sequenciando as etapas mais importantes para o desenvolvimento de um estudo de desempenho energético de frações habitacionais.

Este estudo procura evidenciar os benefícios funcionais que podem resultar de uma reabilitação térmica coerente e que poderão resultar em: menores consumos energéticos, melhor qualidade do ar interior, menor probabilidade da ocorrência de condensações, benefícios económicos através da menor dependência de aquisição de energia e, por consequência, menores impactes para o ambiente na fase de utilização dos imóveis.

A quantificação dos benefícios pretende uma maior sensibilização para a importância do desempenho energético nos edifícios, e especialmente a alteração do paradigma de se projetar apenas a pensar nos custos de construção, sendo deixado para segundo plano o conforto dos utilizadores e o custo de utilização em toda a vida útil dos imóveis.

Palavras-chave: Desempenho Energético, Habitação Social, Soluções Construtivas, Energia

ABSTRACT

Initially, the housing was used only as shelter, but over the centuries the development of new techniques and a more sedentary lifestyle they became a place where people spend a lot of time and this paradigm has been changing.

Today, the transport sector is responsible for the higher energetic consumption, but the domestic sector is also dependent of energy, although it has an interesting plan for savings, achieved through a set of easily implemented measures. The majority of energy in buildings is produced by non-renewable energy sources, with all the resulting problems, particularly at the level of sustainability. To counter this tendency, it's essential to rethink the way that buildings are designed.

This research initially focuses on the exhibition and summary of the thermal legislation applicable to residential buildings in Portugal, especially the Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto, subsequent updates and respective complementary legislative documents.

Subsequently, it is demonstrated the practical application of the calculation methodology, provided for in legislation, for the rehabilitation of several fractions that make up the Bairro do Falcão, in Porto, sequencing the most important steps for the development of a study of energy performance to fractions of housing.

This study seeks to put in evidence the functional benefits that can result from a coherent thermal rehabilitation and that will result in: lower energy consumption, better indoor air quality, lower probability of condensations occurrence, economical benefits through the lower dependence on energy acquisition and consequently lower environmental impacts in the use phase of the buildings.

The quantification of the benefits intends to increase the awareness of the importance of Energy Performance in buildings, and especially the change of the paradigm of designing only to think about the costs of construction, leaving behind the comfort of the users and the cost of use throughout the life cycle of buildings.

Keywords: Energy performance, social habitation, building solutions, energy

AGRADECIMENTOS

Mesmo tratando-se de um trabalho individual, sem o contributo de várias pessoas teria sido muito mais difícil alcançar os objetivos a que me propus inicialmente. Apesar da inviabilidade de nomear todos, não poderei deixar de salientar alguns deles, pelo apreço e gratidão que lhes devo pelo contributo que tiveram ao longo deste período tão importante na minha formação.

Desde logo, e de forma muito especial à Professora Teresa Neto pela partilha do seu conhecimento, disponibilidade e apoio constantes ao longo desta etapa. Ao Eng. António Oliveira, em representação da Domus Social da Câmara Municipal do Porto, pela importante ajuda na obtenção de documentos relativos à construção dos edifícios estudados.

Dedico este trabalho aos meus Avós, Pais, ao André e à Ana, essenciais na minha formação pessoal e no concluir desta fase de forma positiva. Estou-lhes eternamente grato pelo acompanhamento em todas as etapas da minha vida, sempre com amor, carinho e compreensão.

Por último, uma palavra de apreço a todos os professores, colegas e amigos pela partilha do seu conhecimento e pelo bom ambiente que me proporcionaram.

ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução	21
CAPÍTULO 2	Legislação	25
CAPÍTULO 3	Caso de Estudo	33
3.1	Descrição da Habitações	33
3.2	Estudo de Desempenho Energético	37
3.2.1	Enquadramento	37
3.2.2	Coeficiente de Redução de Perdas (b_{tr})	37
3.2.3	Delimitação da Envolvente	38
3.2.4	Soluções Construtivas	40
3.2.5	Inércia Térmica	52
3.2.6	Pontes Térmicas Lineares	55
3.2.7	Ventilação	57
3.2.8	Sistemas Técnicos	58
CAPÍTULO 4	Análise dos Resultados	61
4.1	Desempenho Energético	61
4.2	Análise Económica	70
CAPÍTULO 5	Considerações Finais	73
5.1	Conclusão	73
5.2	Desenvolvimentos Futuros	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Distribuição da utilização de energia por setor em 2015 (11).....	21
Figura 2.1 – Coeficientes de transmissão térmica de referência para a envolvente exterior e $b_{tr} > 0,7$. ..	27
Figura 2.2 – Coeficientes de transmissão térmica de referência para $b_{tr} \leq 0,7$	28
Figura 2.3 – Coeficientes de transmissão térmica de referência para os vãos envidraçados.	28
Figura 2.4 – Coeficientes de transmissão térmica máximos para a envolvente exterior e $b_{tr} > 0,7$	30
Figura 2.5 – Coeficientes de transmissão térmica máximos para $b_{tr} \leq 0,7$	31
Figura 3.1 – Localização do Bairro do Falcão.	33
Figura 3.2 – Fachada principal do Bloco 10.....	34
Figura 3.3 – Fachada principal do Bloco 11.....	34
Figura 3.4 – Fachada principal do Bloco 12.....	35
Figura 3.5 – Fachada principal do Bloco 13.....	35
Figura 3.6 – Fachada principal do Bloco 14.....	35
Figura 3.7 – Fachada principal do Bloco 15.....	36
Figura 3.8 – Compartimentação do Bairro.....	36
Figura 3.9 – Cores e tramas utilizadas na delimitação da envolvente.	39
Figura 3.10 – Delimitação da envolvente do rés do chão do Bloco 10.	39
Figura 3.11 – Delimitação da envolvente dos pisos intermédios do Bloco 10.....	39
Figura 3.12 – Delimitação da envolvente do último piso do Bloco 10.	40
Figura 3.13 – Constituição da Parede Exterior 1.	41
Figura 3.14 – Constituição da Parede Exterior 2.	42
Figura 3.15 – Constituição da Parede Exterior 3.	43

Figura 3.16 – Constituição da Parede Interior 1 pré-intervenção e pós-intervenção.	44
Figura 3.17 – Constituição da Parede Interior 2.....	45
Figura 3.18 – Constituição da Parede Interior 3.....	47
Figura 3.19 – Constituição da Cobertura Interior (sob o desvão).	48
Figura 3.20 – Constituição Pavimento Interior (sobre o desvão).....	49
Figura 3.21 – Esquema representativo do sistema solar térmico por circulação forçada (19).....	59
Figura 4.1 – Distribuição percentual da Classe Energética.	62
Figura 4.2 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic) nas duas fases.	63
Figura 4.3 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc) nas duas fases.....	63
Figura 4.4 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (Ntc) nas duas fases.....	64
Figura 4.5 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic) de acordo com a localização.....	65
Figura 4.6 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc) de acordo com a localização.....	65
Figura 4.7 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (Ntc) de acordo com a localização.....	66
Figura 4.8 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic) por Bloco.	67
Figura 4.9 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc) por Bloco.	67
Figura 4.10 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (Ntc) por Bloco.	68
Figura 4.11 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic) por orientação.....	68
Figura 4.12 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc) por orientação...69	69
Figura 4.13 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (Ntc) por orientação.....	69
Figura 4.14 – Balanço económico global para cada tipo de intervenção.....	71
Figura 4.15 – Balanço económico por fração para cada tipo de intervenção.....	71
Figura 4.16 – Relação entre o valor patrimonial dos blocos em estudo e o custo da intervenção.....	72

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Coeficientes de transmissão térmica de referência para Portugal Continental, U_{ref}	26
Tabela 2.2 – Coeficientes de transmissão térmica de referência para as Regiões Autónomas, U_{ref}	27
Tabela 2.3 – Coeficientes de transmissão térmica máximos para Portugal Continental, $U_{máx}$	29
Tabela 2.4 – Coeficientes de transmissão térmica máximos para as Regiões Autónomas, $U_{máx}$	30
Tabela 2.5 – Eficiência mínima regulamentar para equipamentos elétricos.	32
Tabela 2.6 – Eficiência mínima regulamentar para equipamentos de combustão.	32
Tabela 3.1 – Método simplificado para obtenção do coeficiente de redução de perdas.	38
Tabela 3.2 – Caraterização térmica da Parede Exterior 1 antes da intervenção (18).	40
Tabela 3.3 – Caraterização térmica da Parede Exterior 1 após da intervenção (18).	41
Tabela 3.4 – Caraterização térmica da Parede Exterior 2 antes da intervenção (18).	42
Tabela 3.5 – Caraterização térmica da Parede Exterior 2 após a intervenção (18).	42
Tabela 3.6 – Caraterização térmica da Parede Exterior 3 antes da intervenção (18).	43
Tabela 3.7 – Caraterização térmica da Parede Exterior 3 após a intervenção (18).	43
Tabela 3.8 – Caraterização térmica da Parede Interior 1 (18).	44
Tabela 3.9 – Caraterização térmica da Parede Interior 2 antes da intervenção (18).	45
Tabela 3.10 – Caraterização térmica da Parede Interior 2 após a intervenção (18).	45
Tabela 3.11 – Caraterização térmica da Parede Interior 3 antes da intervenção (18).	46
Tabela 3.12 – Caraterização térmica da Parede Interior 3 após a intervenção (18).	46
Tabela 3.13 – Caraterização térmica da Cobertura Interior antes da intervenção (18).	47
Tabela 3.14 – Caraterização térmica da Cobertura Interior após da intervenção (18).	47
Tabela 3.15 – Caraterização térmica do Pavimento Interior antes da intervenção (18).	48
Tabela 3.16 – Caraterização térmica do Pavimento Interior após da intervenção (18).	49

Tabela 3.17 – Fatores solares máximos admissíveis (g_{Tmax}).....	50
Tabela 3.18 – Cálculo do g_{Tcor} e g_{Tlim} dos vãos envidraçados.	51
Tabela 3.19 – Classes de Inércia Térmica (9).....	52
Tabela 3.20 – Caraterização da Inércia Térmica da fração T2 pré-intervenção.	53
Tabela 3.21 – Caraterização da Inércia Térmica da fração T2 pós-intervenção.....	53
Tabela 3.22 – Caraterização da Inércia Térmica da fração T3 pré-intervenção.	54
Tabela 3.23 – Caraterização da Inércia Térmica da fração T3 pós-intervenção.....	54
Tabela 3.24 – Caraterização da Inércia Térmica da fração T4 pré-intervenção.	55
Tabela 3.25 – Caraterização da Inércia Térmica da fração T4 pós-intervenção.....	55
Tabela 3.26 – Valores dos coeficientes de transmissão térmica linear, Ψ (W/(m.°C)).....	56
Tabela 3.27 – Valores dos coeficientes de transmissão térmica lineares considerados (W/(m.°C)).....	57
Tabela 3.28 – Características do sistema solar térmico considerado para cada tipologia de habitação. ...	59
Tabela 3.29 – Características técnicas de cada um dos tipos de painel solar térmico.....	59
Tabela 3.30 – Características técnicas de cada um dos tipos de painel solar térmico.....	60
Tabela 4.1 – Resumo das necessidades médias antes e após a intervenção.	62
Tabela 4.2 – Custos unitários para a intervenção na envolvente.....	70
Tabela 4.3 – Relação entre as necessidades de energia da fração em estudo e da referência.	72

ABREVIATURAS

λ	Condutibilidade térmica (W/(m.°C))
η	Rendimento (%)
Ψ	Coefficiente de transmissão térmica linear (W/(m.°C))
ADENE	Agência para a energia
A_{comp}	Área do compartimento (m ²)
A_{env}	Área do vão envidraçado (m ²)
A_p	Área útil de pavimento (m ²)
AQS	Águas Quentes Sanitárias
b_{tr}	Coefficiente de redução de perdas térmicas
COP	Coefficient Of Performance
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
EER	<i>Energy Efficiency Ratio</i>
EPS	Poliestireno expandido
ETICS	<i>External Thermal Insulation Composite Systems</i>
F_0	Fator de sombreamento de elementos horizontais na estação de aquecimento
F_f	Fator de sombreamento de elementos verticais na estação de aquecimento
F_h	Fator de sombreamento do horizonte
G_{sul}	Radiação média Incidente numa superfície vertical orientada a sul (kWh/(m ² .mês))
g_T	Fator solar do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção totalmente ativados
g_{Tcor}	Fator solar corrigido
g_{Tlim}	Fator solar limite para cada vão envidraçado

$g_{Tm\acute{a}x}$	Fator solar máximo admissível dos vãos envidraçados
I_t	Inércia térmica (kg/m^2)
M	Duração da estação de aquecimento (meses)
M_{si}	Massa superficial útil do elemento i (kg/m^2)
N_i	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de referência ($kWh/(m^2.ano)$)
N_{ic}	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de cáculo ($kWh/(m^2.ano)$)
N_t	Necessidades nominais anuais globais de energia primária de referência ($kWh_{ep}/(m^2.ano)$)
N_{tc}	Necessidades nominais anuais globais de energia primária de cáculo ($kWh_{ep}/(m^2.ano)$)
N_v	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de referência ($kWh/(m^2.ano)$)
N_{vc}	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de cáculo ($kWh/(m^2.ano)$)
$Q_{sol,i}$	Ganhos solares brutos (kWh/ano)
R	Resistência térmica ($(m^2.C)/W$)
R_i	Fator de redução da massa superficial útil
R_{se}	Resistência superficial exterior ($(m^2.C)/W$)
R_{si}	Resistência superficial interior ($(m^2.C)/W$)
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RPH	Renovações por hora (h^{-1})
RPH, i	Renovações por hora no inverno (h^{-1})
RPH, v	Renovações por hora no verão (h^{-1})
SCE	Sistema de Certificação Energética
S_i	área da superfície interior do elemento i (m^2)
U	Coefficiente de transmissão térmica ($W/(m^2.C)$)
U_{max}	Coefficiente de transmissão térmica máximo ($W/(m^2.C)$)
U_{ref}	Coefficiente de transmissão térmica de referência ($W/(m^2.C)$)
U_w	Coefficiente de transmissão térmica do vo envidraçado ($W/(m^2.C)$)
V_{enu}	Volume do espaço não útil (m^3)

VRF *Variable Refrigerant Flow*

XPS Poliestireno expandido extrudido

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

No passado, as casas eram construídas apenas com a função de abrigo. Atualmente, o avanço tecnológico e a alteração das atividades profissionais e de lazer tornaram o estilo de vida cada vez mais sedentário. Esta alteração da “forma de viver os espaços interiores” exigiu uma adaptação das habitações, por forma a satisfazer as novas necessidades de utilização.

As novas exigências acarretam uma maior dependência de recursos energéticos para as várias atividades, como por exemplo, para os equipamentos tecnológicos, de conservação de alimentos, iluminação, tratamento de roupa e climatização. Tal como se pode verificar na Figura 1.1, o sector doméstico em 2015 foi responsável por uma percentagem significativa da utilização de Energia em Portugal.

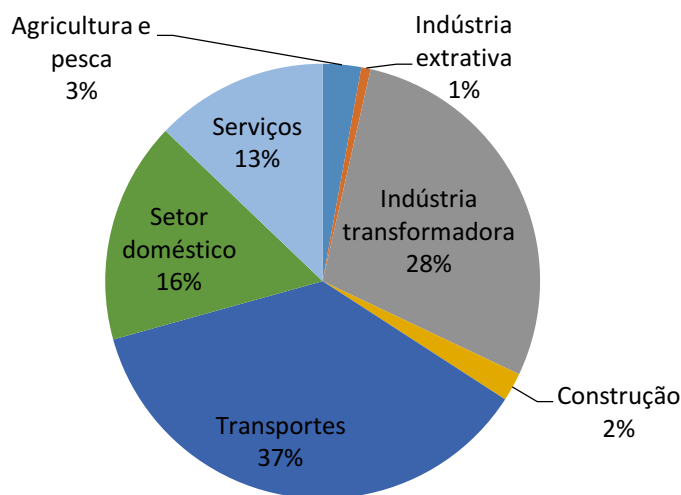


Figura 1.1 – Distribuição da utilização de energia por setor em 2015 (11).

Existem medidas que promovem a utilização racional da energia resultando numa menor dependência dos recursos disponíveis. Algumas são da responsabilidade do utilizador, tais como apagar a luz quando a sua utilização é dispensável, utilizar corretamente os eletrodomésticos, selecionar adequadamente os equipamentos em função da sua finalidade, etc. Outras decorrem da responsabilidade e sensibilidade dos intervenientes na conceção dos edifícios, os quais devem procurar promover uma melhor utilização

CAPÍTULO 1

da radiação solar disponível, uma maior eficiência energética dos equipamentos instalados, uma maior produção doméstica de energia através de fontes renováveis e uma otimização das soluções construtivas aplicadas.

Assim, há três aspetos fundamentais a ter em conta no momento da conceção e utilização dos edifícios:

- **Economizar energia.** Deve ser aplicada uma gestão eficiente da energia durante todo o ciclo de vida, uma vez que a produção de energia ainda depende em grande parte de combustíveis fósseis, levando a um elevado impacto ambiental, sendo também importante o facto de ser utilizado um recurso natural limitado e não renovável. Tendo isso em conta é essencial a utilização de energia proveniente de fontes renováveis e a escolha de soluções que permitam garantir o conforto dos edifícios com uma menor dependência de energia.
- **Assegurar a salubridade dos edifícios.** Proporcionar conforto no interior dos edifícios com recurso a uma otimização da iluminação e qualidade do ar interior preferencialmente através da utilização de ventilação natural.
- **Ser económica.** Uma construção só é sustentável se depois de integrados os princípios anteriores, o seu custo for competitivo. Para isso devem ser utilizados sistemas construtivos simples, padronizados, com menor mão-de-obra e que proporcionem a redução dos custos de manutenção (12).

Também na reabilitação do parque edificado nacional é necessário pensar a intervenção como uma hipótese prática de melhorar o conforto térmico dos ocupantes e que esse conforto seja conseguido sem consumos excessivos de energia. Esta questão dos custos associados à reabilitação e ao conforto torna-se extremamente pertinente quando a reabilitação se enquadra no domínio da habitação social. Assim, no caso de estudo que iremos abordar nesta dissertação irá ser analisada não a conceção de um edifício de habitação novo, mas sim a reabilitação de um conjunto de edifícios destinados a habitação social, na cidade do Porto. Assim, para podermos desenvolver e apresentar o estudo e a reflexão efetuada sobre o tema, esta dissertação está organizada em 5 capítulos com os seguintes conteúdos:

- No capítulo 1 é referido o enquadramento e âmbito do trabalho, bem como a sua estrutura;
- No capítulo 2 é indicada a legislação nacional em vigor e que foi necessária para a análise do desempenho térmico dos edifícios;
- No capítulo 3 é apresentado o caso de estudo, com a descrição das habitações, tipologias e soluções construtivas e os todos os cálculos necessários para a quantificação das necessidades energéticas para aquecimento, arrefecimento e energia primária;

- No capítulo 4 é efetuada uma análise do desempenho térmico, antes e após a reabilitação, e uma análise económica tendo em consideração os custos envolvidos e o período previsível de retorno do investimento;
- No capítulo 5 são descritas as principais conclusões que se obtiveram após uma análise detalhada de todos os valores obtidos no capítulo anterior e os desenvolvimentos futuros que consideramos que poderiam ser interessantes de realizar a partir desta dissertação.

CAPÍTULO 2

LEGISLAÇÃO

O estudo do desempenho energético obedece ao Decreto-Lei n.º 118/2013 (7) de 20 de agosto, que pretende a promoção da melhoria do desempenho termo energético dos edifícios de habitação, através do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) e do Sistema de Certificação Energética (SCE). Este regulamento permitiu a atualização da legislação nacional, através da substituição dos Decreto-Lei 78 (4), 79 (5) e 80 (6) de 2006, que aprovaram o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios e o Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios, respetivamente. Assim, a alteração permitiu melhorias na sistematização e âmbito de aplicação da legislação, conseguindo reunir num único diploma o SCE, REH e RECS, facilitando por um lado a gestão dos processos, ao mesmo tempo que identifica as variantes para cada um dos tipos de utilização.

O Decreto-Lei transpõe para a legislação nacional a Diretiva n.º 2010/31/EU (14) do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, que por seu lado reformulou o regime estabelecido pela Diretiva n.º 2002/91/CE (13), do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002. Esta alteração tinha como objetivo a aplicação de novas imposições na área do desempenho energético, à luz das metas acordadas para 2020 pelos Estados-Membros.

A legislação nacional entrou em vigor em 2013, sendo que desde então sofreu quatro alterações. A primeira deu-se com o Decreto-Lei n.º 68-A/2015 (8), a segunda com o Decreto-Lei n.º 194/2015 (1), a terceira Decreto-Lei n.º 251/2015 (2) e a quarta através do Decreto-Lei n.º 28/2016 (3). Contudo, estas alterações são referentes aos procedimentos e âmbito de aplicação do Sistema de Certificação Energética, sendo que para efeitos do procedimento de cálculo e requisitos térmicos não trouxeram mudanças. Foram, no entanto, importantes com a alteração das exigências de grandes intervenções para qualquer intervenção, as quais passaram a ter de cumprir os requisitos mínimos definidos para a envolvente e equipamentos. Assim sendo, relativamente aos requisitos mínimos de qualidade térmica é importante salientar a alteração da Portaria n.º 349-B/2013 (16) através da Portaria n.º 379-A/2015 (17) que modificou no início do ano de 2016 a expressão para a contabilização dos ganhos térmicos

CAPÍTULO 2

associados ao aproveitamento da radiação solar e internos para a solução de referência de $Q_{sol,i} = G_{sol} \times 0,182 \times 0,20 \times A_p$ para $G_{sol} \times 0,182 \times 0,15 \times A_p \times M$.

Esta alteração permite aumentar significativamente (de acordo com a duração da estação de Aquecimento) os ganhos térmicos para a solução de referência, fazendo com que a fração em estudo piore o seu desempenho energético quando comparado com a referência.

Mais recentemente, em Dezembro de 2016, surge a Portaria n.º 319/2016 (15) que procede à segunda alteração da Portaria n.º 349-B/2013 que modifica novamente a expressão para a contabilização dos ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar e internos para a solução de referência de $G_{sol} \times 0,182 \times 0,20 \times A_p \times M$ para $G_{sol} \times 0,146 \times 0,15 \times A_p \times M$. Esta, na generalidade das situações não introduz grande alteração em relação à classe energética.

Outra alteração importante imposta pela Portaria n.º 379-A/2015 foi relativa aos coeficientes de transmissão térmica de referência, indicados na Tabela 2.1 e 2.2 para Portugal Continental e para as Regiões Autónomas, respetivamente. Estes valores são os utilizados para o cálculo das características térmicas do edifício de referência, essencialmente as necessidades de aquecimento a arrefecimento, fundamentais para obter a classe energética da fração em estudo.

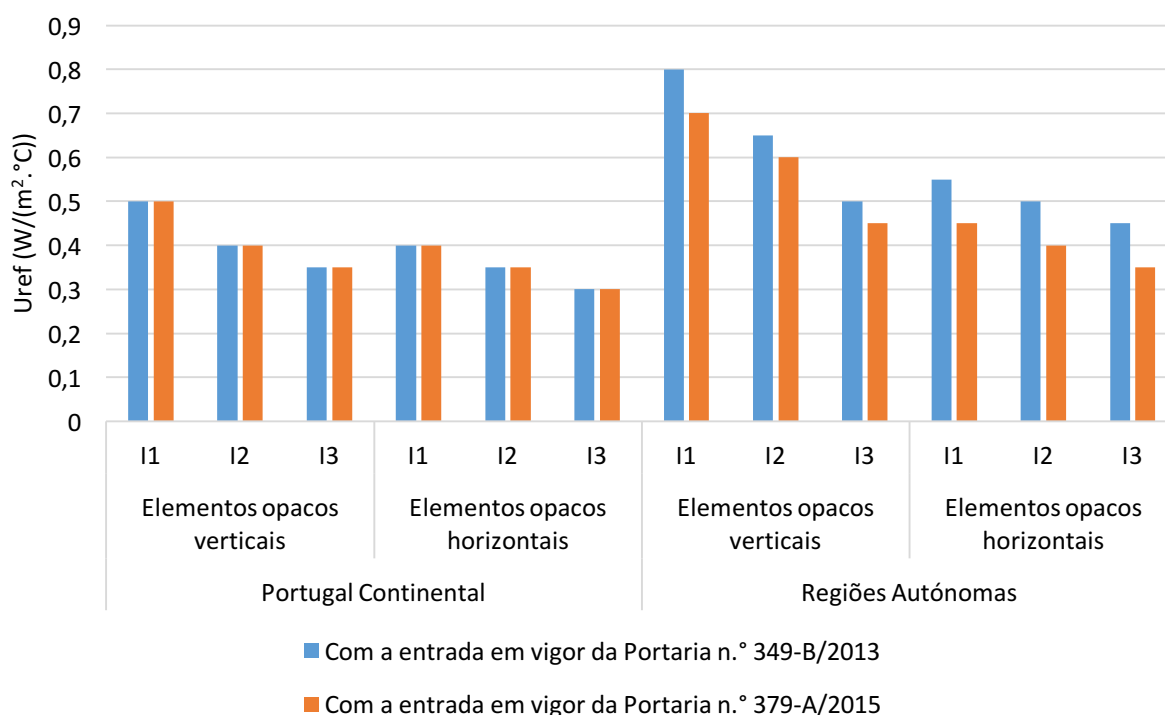
Tabela 2.1 – Coeficientes de transmissão térmica de referência para Portugal Continental, U_{ref} .

U_{ref} (W/(m ² .°C))		Zona Climática					
		Portugal Continental					
Zona corrente da envolvente		Portaria n.º 349-B/2013			Portaria n.º 379-A/2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
Em contacto com o exterior ou espaços não úteis com $b_{tr} > 0,7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35	0,50	0,40	0,35
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30	0,40	0,35	0,30
Em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $b_{tr} \leq 0,7$	Elementos opacos verticais	1,00	0,80	0,70	0,8	0,7	0,6
	Elementos opacos horizontais	0,80	0,70	0,60	0,6	0,6	0,5
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		

Tabela 2.2 – Coeficientes de transmissão térmica de referência para as Regiões Autónomas, U_{ref} .

U_{ref} (W/(m ² .°C))		Zona Climática					
Regiões Autónomas							
Zona corrente da envolvente		Portaria n.º 349-B/2013			Portaria n.º 379-A/2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
Em contacto com o exterior ou espaços não úteis com $b_{tr} > 0,7$	Elementos opacos verticais	0,80	0,65	0,50	0,70	0,60	0,45
	Elementos opacos horizontais	0,55	0,50	0,45	0,45	0,40	0,35
Em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $b_{tr} \leq 0,7$	Elementos opacos verticais	1,60	1,50	1,40	0,90	0,80	0,70
	Elementos opacos horizontais	1,00	0,90	0,80	0,70	0,70	0,60
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		

Na Figura 2.1, 2.2 e 2.3 representam-se os valores dos coeficientes de transmissão térmica de referência para a envolvente exterior e interior com requisitos de exterior ($b_{tr} > 0,7$), envolvente interior com requisitos de interior ($b_{tr} \leq 0,7$) e para os vãos envidraçados, respetivamente.

Figura 2.1 – Coeficientes de transmissão térmica de referência para a envolvente exterior e $b_{tr} > 0,7$.

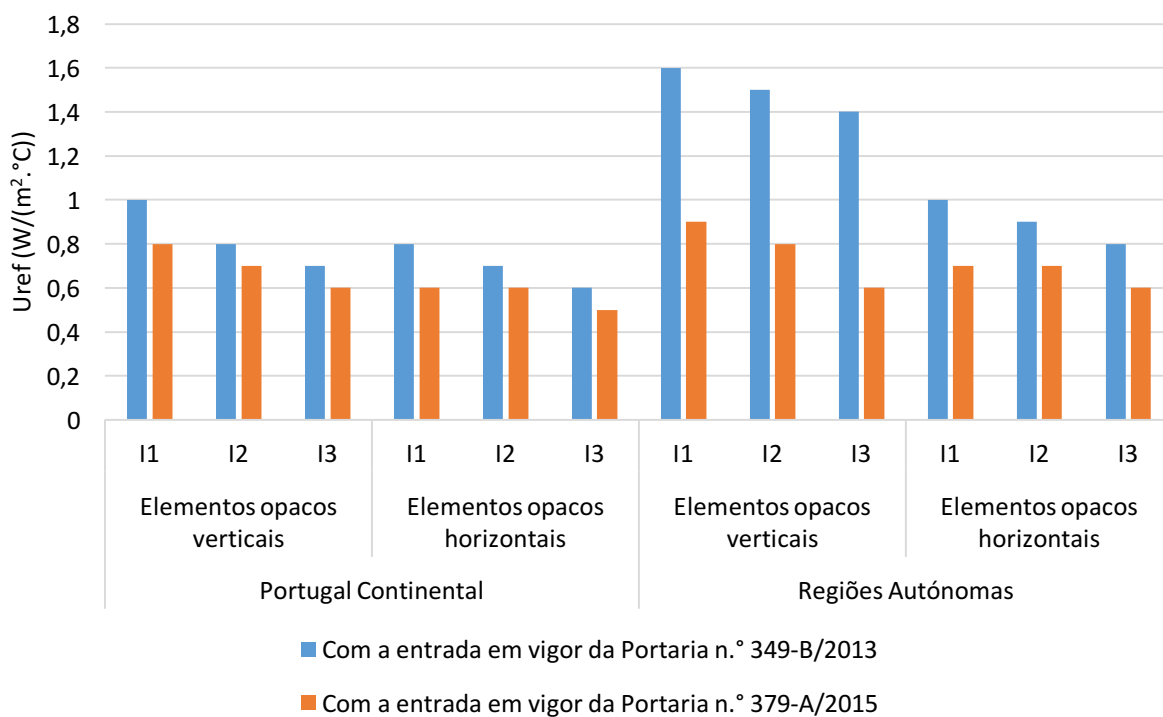


Figura 2.2 – Coeficientes de transmissão térmica de referência para $b_{tr} \leq 0,7$.

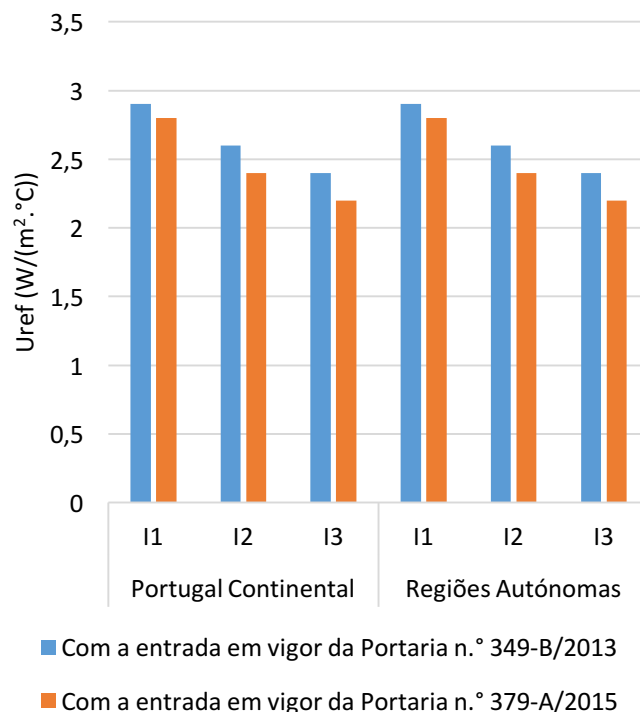


Figura 2.3 – Coeficientes de transmissão térmica de referência para os vãos envidraçados.

Analisando os valores, verifica-se que não sofreram qualquer alteração para a envolvente exterior e interior com requisitos de exterior em Portugal Continental, enquanto para as Regiões Autónomas a alteração foi pouco significativa (entre 0,05 e 0,1 W/(m².°C)). Da mesma forma se verifica para o caso da envolvente interior com requisitos de interior para Portugal Continental, onde a diminuição do coeficiente de transmissão térmica de referência é pouco significativa, localizando-se entre 0,1 e 0,2 W/(m².°C)). Por outro lado, no mesmo tipo de envolvente mas para as Regiões Autónomas a diminuição é bastante significativa, localizando-se entre 0,2 e 0,7 W/(m².°C)).

Relativamente aos vãos envidraçados houve uma diminuição de 0,1 W/(m².°C) para a zona climática I1 e de 0,2 W/(m².°C) para as zonas climáticas I2 e I3 para todo o País.

Por outro lado, e para edifícios novos ou grandes intervenções, foi introduzido o coeficiente de transmissão térmica máximo para vãos envidraçados, para além do aumento significativo das exigências para a envolvente opaca em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com $b_{tr} > 0,7$, indicados na Tabela 2.3 e representados na Figura 2.4 para Portugal Continental, e na Tabela 2.4 e Figura 2.5 para as Regiões Autónomas.

Tabela 2.3 – Coeficientes de transmissão térmica máximos para Portugal Continental, $U_{máx}$.

$U_{máx}$ (W/(m ² .°C))		Zona Climática					
Portugal Continental							
Zona corrente da envolvente		Portaria n.º 349-B/2013			Portaria n.º 379-A/2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
Em contacto com o exterior ou espaços não úteis com $b_{tr} > 0,7$	Elementos opacos verticais	1,75	1,60	1,45	0,50	0,40	0,35
	Elementos opacos horizontais	1,25	1,00	0,90	0,40	0,35	0,30
Em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $b_{tr} \leq 0,7$	Elementos opacos verticais	2,00	2,00	1,90	2,00	2,00	1,90
	Elementos opacos horizontais	1,65	1,30	1,20	1,65	1,30	1,20
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		-	-	-	2,80	2,40	2,20

Tabela 2.4 – Coeficientes de transmissão térmica máximos para as Regiões Autónomas, $U_{máx}$.

$U_{máx}$ (W/(m ² .°C))		Zona Climática					
Regiões Autónomas							
Zona corrente da envolvente		Portaria n.º 349-B/2013			Portaria n.º 379-A/2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
Em contacto com o exterior ou espaços não úteis com $b_{tr} > 0,7$	Elementos opacos verticais	1,75	1,60	1,45	0,70	0,60	0,45
	Elementos opacos horizontais	1,25	1,00	0,90	0,45	0,40	0,35
Em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $b_{tr} \leq 0,7$	Elementos opacos verticais	2,00	2,00	1,90	2,00	2,00	1,90
	Elementos opacos horizontais	1,65	1,30	1,20	1,65	1,30	1,20
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		-	-	-	2,80	2,40	2,20

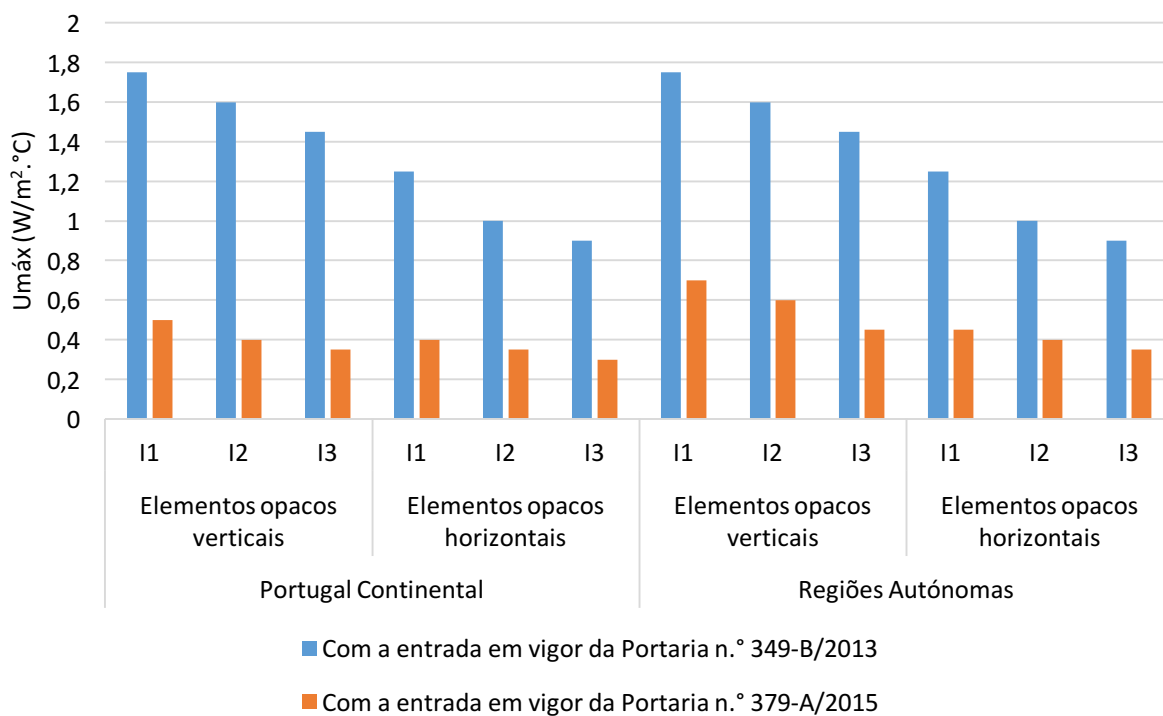


Figura 2.4 – Coeficientes de transmissão térmica máximos para a envolvente exterior e $b_{tr} > 0,7$.

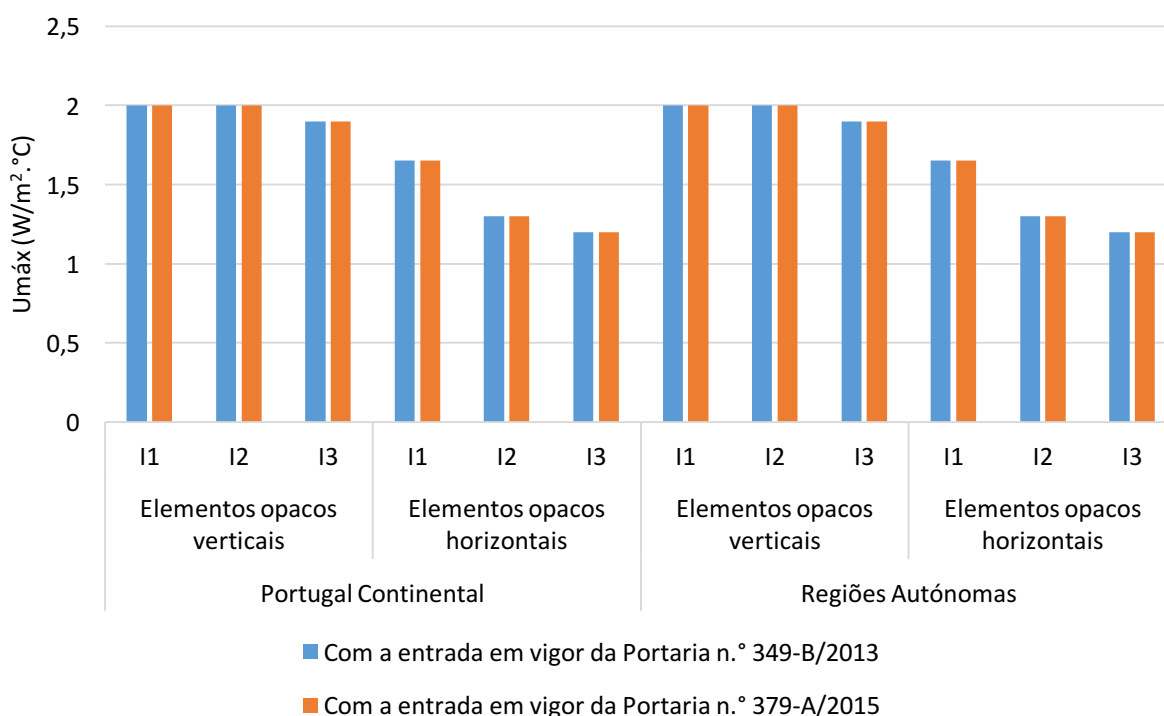


Figura 2.5 – Coeficientes de transmissão térmica máximos para $b_{tr} \leq 0,7$.

Analisando os valores, verifica-se que para a envolvente interior com requisitos de interior não surgiram alterações de coeficiente de transmissão térmica máximo, enquanto para a envolvente exterior e interior com requisitos de exterior estas alterações são bastante significativas, variando de uma redução entre 60% para a envolvente horizontal e vertical na zona climática I1 para as Regiões Autónomas e 76% para a envolvente vertical na zona climática I3 em Portugal Continental.

De um modo geral, a legislação nacional apresenta cinco requisitos de qualidade térmica a aplicar em edifícios novos ou grandes intervenções, sendo para além dos vãos envidraçados e da envolvente opaca já abordados, os requisitos de ventilação com um valor mínimo estimado em condições nominais de 0,40 RPH, a eficiência dos sistemas de climatização e preparação de Água Quente Sanitária (AQS) e a produtividade mínima dos sistemas com recurso a fontes de energia renováveis.

Ao nível dos sistemas técnicos, e de acordo com a Portaria n.º 349-B/2013 (16), desde 31 de Dezembro de 2015 todos os equipamentos de produção térmica como ar condicionado, rooftop e chillers têm de ser no mínimo Classe B, da mesma forma que as caldeiras têm como mínimo a Classe A ($\eta \geq 89\%$). Na Tabela 2.5 apresenta-se um resumo da eficiência mínima regulamentar para equipamentos elétricos e na Tabela 2.6 para equipamentos de combustão.

Tabela 2.5 – Eficiência mínima regulamentar para equipamentos elétricos.

Equipamento	Classe mínima	Permuta	Eficiência mínima arrefecimento (EER)	Eficiência mínima aquecimento (COP)
Split, multissplit e VRF	B	Ar	3,01	3,41
		Água	3,31	3,71
Unidades compactas		Ar	2,81	3,21
		Água	4,11	4,41
Rooftop		Ar	2,81	4,11
		Água	3,21	4,41
Chiller		Ar	2,9	4,65
		Água	3	4,15

Tabela 2.6 – Eficiência mínima regulamentar para equipamentos de combustão.

Equipamento	Classe mínima	Potência (kW)	Rendimento mínimo (%)
Caldeira	A	-	90
Esquentador	-	≤ 10	82
		> 10	84

Como último requisito, e ainda relacionado com os sistemas, há a necessidade de aplicar espessuras mínimas de isolamento, sendo que para as tubagens os valores são definidos de acordo com o diâmetro e a temperatura do fluido que circula no seu interior, tendo no mínimo 20 mm. No caso dos depósitos, este valor é definido em função da área exterior dos mesmos, no caso de ser inferior ou igual a 2 m² é obrigatória a aplicação de 50 mm de isolamento, enquanto se for superior passa para os 80 mm.

CAPÍTULO 3

CASO DE ESTUDO

3.1 DESCRIÇÃO DA HABITAÇÕES

O Bairro do Falcão localiza-se na Freguesia de Campanhã, Concelho e Distrito do Porto. Foi construído por fases, iniciado em 1973, e divide-se em 397 fogos distribuídos pelos 15 blocos delimitados a preto na Figura 3.1.

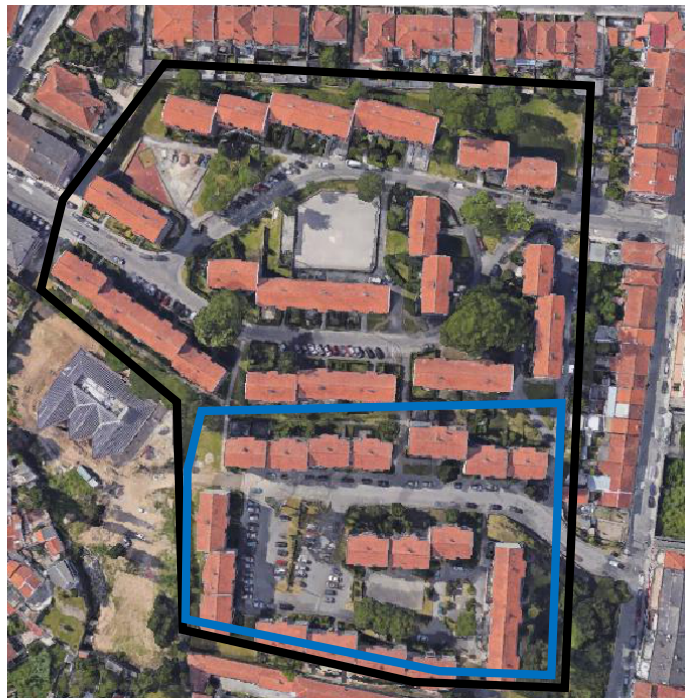


Figura 3.1 – Localização do Bairro do Falcão.

Foi selecionado o Bairro do Falcão por aconselhamento da Domus Social da Câmara Municipal do Porto, uma vez que atualmente estão a ser intervencionados alguns dos bairros da cidade, sendo previsível que a curto prazo o Bairro do Falcão também o seja.

Assim, pretende-se com este estudo verificar as implicações que as alterações das soluções construtivas, a substituição dos equipamentos de preparação de AQS, incluindo a introdução de equipamentos de produção de energia através de fontes renováveis, poderão ter no desempenho energético das frações de habitação do bairro.

CAPÍTULO 3

Para proceder ao presente estudo houve acesso a uma base de dados com as intervenções levadas a cabo desde 2013 com o objetivo de eliminação de patologias identificadas pelos habitantes, sendo de salientar algumas relativas às infiltrações de água pelas caixilharias, pequenos problemas elétricos, limpeza da rede de águas pluviais, substituição de telhas ou pinturas interiores.

Contudo, teria sido interessante proceder ao levantamento de todas as patologias atuais, através de visita ao interior das frações e de entrevistas aos utilizadores.

Devido à padronização construtiva deste tipo de empreendimentos, o presente estudo incidiu apenas nos 6 blocos delimitados a azul na Figura 3.1. Todos eles são compostos por quatro pisos, à exceção do bloco 14 que tem mais um piso. Estes blocos têm a capacidade para alojar 166 famílias constituídas por 582 pessoas distribuídas pelas 98 frações de tipologia T2, 52 de T3 e 16 de T4. Da Figura 3.2 à Figura 3.7 são apresentadas fotos dos Blocos estudados.



Figura 3.2 – Fachada principal do Bloco 10.



Figura 3.3 – Fachada principal do Bloco 11.



Figura 3.4 – Fachada principal do Bloco 12.



Figura 3.5 – Fachada principal do Bloco 13.



Figura 3.6 – Fachada principal do Bloco 14.



Figura 3.7 – Fachada principal do Bloco 15.

Tal como já foi identificado, trata-se de um tipo de uma construção com características muito repetitivas, apresentando apenas pequenas alterações decorrentes das várias tipologias apresentadas. Para além dos quartos, cada fração é composta por uma sala, casa de banho, lavandaria e cozinha, como é possível verificar na Figura 3.8.

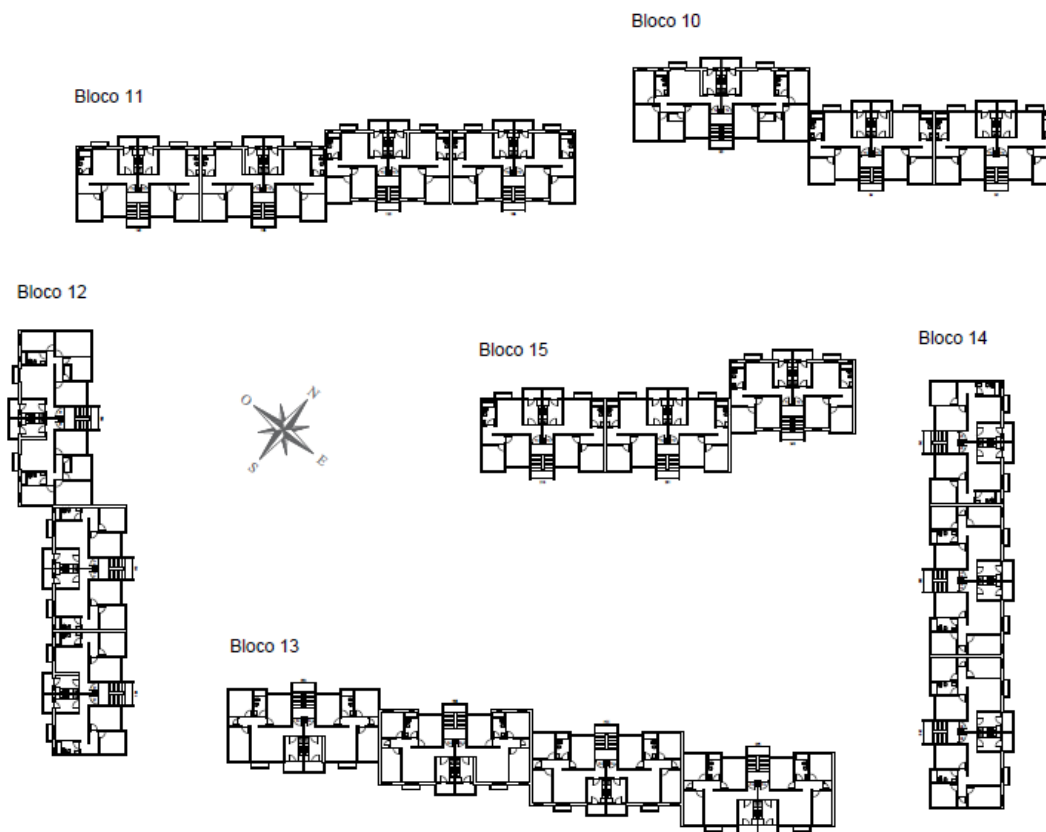


Figura 3.8 – Compartimentação do Bairro.

3.2 ESTUDO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

3.2.1 Enquadramento

Em termos de enquadramento geográfico e para efeitos de desempenho energético, o Bairro do Falcão encontra-se a uma altitude média de 78 m, a distância à Costa é superior a 5 km e para a exposição ao vento considerou-se que se localiza na periferia de zona urbana ou zona rural. Assim, e para definição dos requisitos térmicos a aplicar, localiza-se na zona climática de Inverno I1 e V2 para o Verão.

3.2.2 Coeficiente de Redução de Perdas (b_{tr})

O coeficiente de redução de perdas (b_{tr}) traduz a percentagem de perdas resultantes da transmissão pela envolvente da habitação em contacto com espaços não úteis em relação às que ocorreriam pela mesma envolvente caso estivesse em contacto com o exterior.

Existem duas formas distintas de obter este valor, sendo o valor mais próximo da situação real o obtido de acordo com a EN ISO 13789, sendo a metodologia de cálculo baseada na medição das temperaturas, de acordo com a equação 1.

$$b_{tr} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (1)$$

onde:

θ_{int} – Temperatura interior (°C)

θ_{ext} – Temperatura exterior (°C)

θ_{enu} – Temperatura do espaço não útil (°C)

Este método é de difícil aplicação em fase de Projeto, uma vez que há a necessidade de medir/ estimar a temperatura interior, exterior e do espaço não útil.

O segundo método, mais simplificado, tem em conta o volume do espaço não útil, a área em contacto com espaços úteis e espaços exteriores e a ventilação. Assim, é aplicada a Tabela 3.1 na definição do coeficiente de redução de perdas do espaço não útil.

Tabela 3.1 – Método simplificado para obtenção do coeficiente de redução de perdas.

b_{tr}	$V_{enu} \leq 50 \text{ m}^3$		$50 \text{ m}^3 < V_{enu} \leq 200 \text{ m}^3$		$V_{enu} > 200 \text{ m}^3$	
	f	F	f	F	f	F
$A_u > 2 \times A_i$	1					
$A_u > A_i$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0
$A_i \geq A_u$	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
$A_i \geq 2 \times A_u$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$A_i > 4 \times A_u$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

Na tabela, o f refere-se a um espaço não útil com todas as ligações bem vedadas, sem ligações de ventilação permanentemente abertas, sendo que o F deve ser aplicado quando o espaço não útil é permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas. Contudo, há a salvaguarda de que sempre que o espaço for fortemente ventilado deve ser considerado um valor do b_{tr} igual a 1.

No caso de estudo, em todos os espaços não úteis foi considerado um b_{tr} de 1, uma vez que a lavandaria e o desvão da cobertura devem ser espaços fortemente ventilados, a circulação comum também o será pelo facto da constante abertura da porta de entrada, para além da existência de vãos em todos os patamares permanentemente abertos ao exterior.

No caso do desvão do pavimento, apesar de não ter sido detetadas aberturas para o exterior, deverão ser aplicadas grelhas por forma a ventilar este espaço, especialmente por se localizar numa zona granítica e com grande incidência para a presença de radão. Relativamente às paredes de separação entre frações de entradas diferentes, e uma vez que estas não partilham qualquer espaço comum, considerou-se que se trata de envolvente interior com requisitos de interior, com um coeficiente de redução de perdas de 0,6.

3.2.3 Delimitação da Envolvente

Como ponto de partida para o desenvolvimento do Estudo de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação há a necessidade de delimitar a envolvente de cada uma das frações em estudo por forma a cumprir com os requisitos aplicáveis à zona climática onde se insere a construção e ao elemento construtivo em questão. Neste trabalho foram utilizadas as cores e tramas indicadas na Figura 3.9.

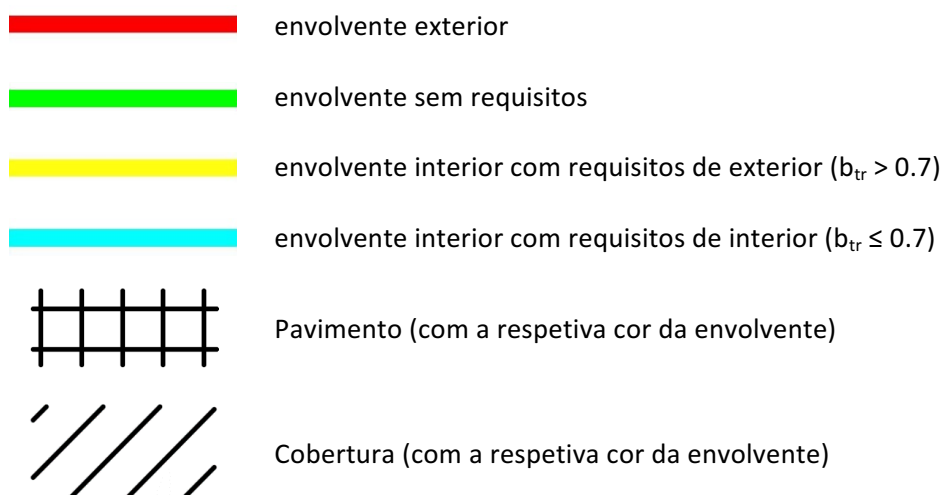


Figura 3.9 – Cores e tramas utilizadas na delimitação da envolvente.

Assim sendo, apresentam-se na Figura 3.10, 3.11 e 3.12 a delimitação de todas as frações do Bloco 10 para o rés do chão, pisos intermédios e último piso, respetivamente. Para o caso apresentado, volta-se a salientar que as paredes meeiras foram consideradas como paredes em contacto com o edifício adjacente (com requisitos de interior) pelo facto de as frações adjacentes não partilharem qualquer zona comum, como por exemplo circulação ou garagens.

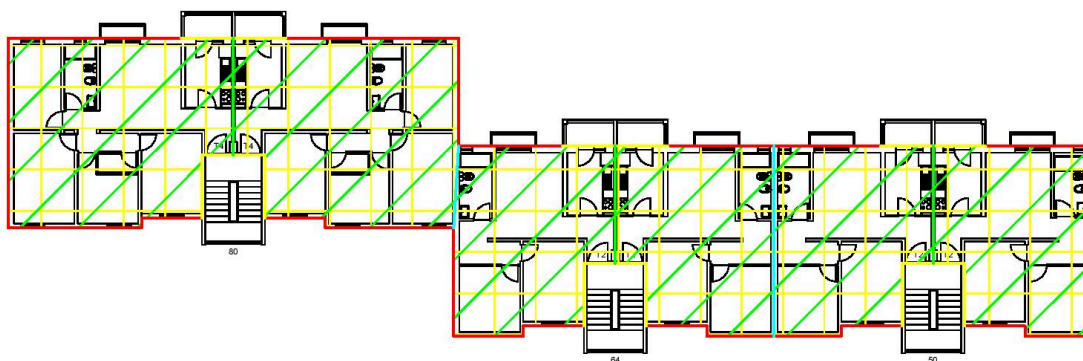


Figura 3.10 – Delimitação da envolvente do rés do chão do Bloco 10.

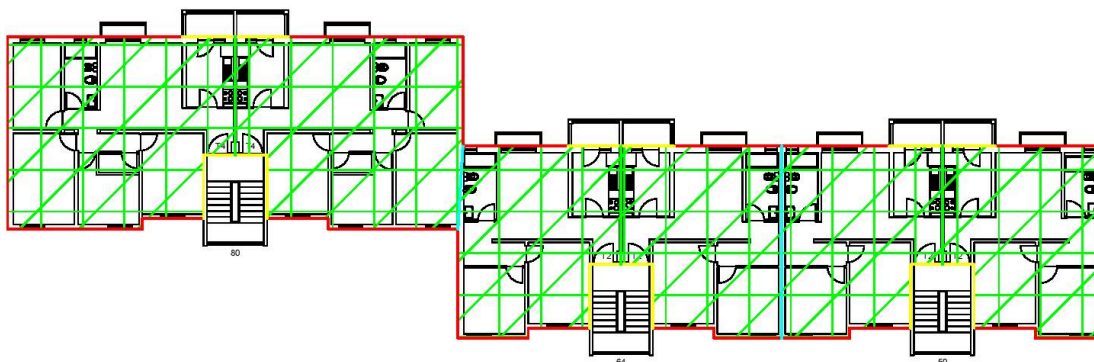


Figura 3.11 – Delimitação da envolvente dos pisos intermédios do Bloco 10.

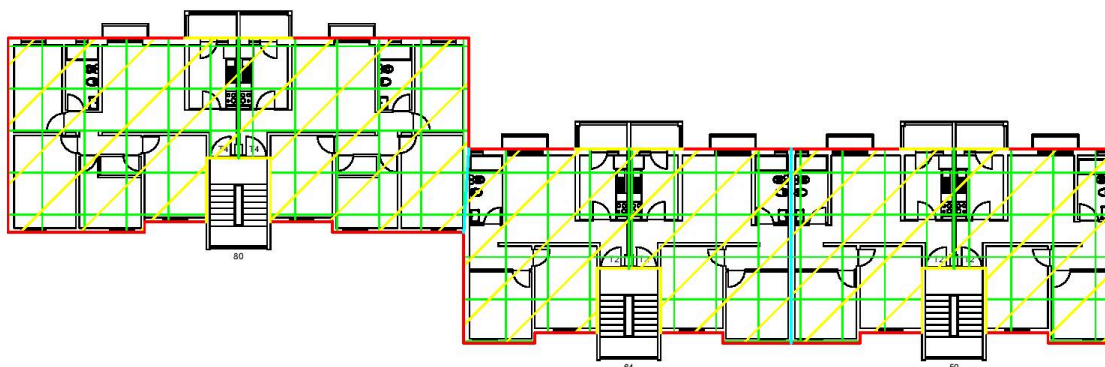


Figura 3.12 – Delimitação da envolvente do último piso do Bloco 10.

3.2.4 Soluções Construtivas

As soluções construtivas serão descritas considerando os elementos existentes e os previstos em caso de necessidade de intervir na solução.

a) Paredes Exteriores

Relativamente às paredes exteriores, e dada a existência de 3 soluções com características térmicas muito distintas (como se pode ver se seguida), considerou-se em cada uma delas a instalação da espessura mínima de isolamento para cumprir com a legislação.

Começando com a solução existente nas fachadas principais (Parede Exterior 1) de cada uma das frações, atualmente estas são constituídas por reboco exterior tradicional, tijolo cerâmico com 11 cm de espessura, blocos de betão celular e acabamento interior em reboco tradicional. São apresentadas na Tabela 3.2 as características térmicas destes materiais, sendo que a constituição enunciada permite obter um coeficiente de transmissão térmica de 0,88 W/(m².°C). Este valor é superior aos 0,5 W/(m².°C) exigidos pela regulamentação para a zona climática em questão, havendo a necessidade de intervir, tendo-se projetado a aplicação de isolamento pelo exterior (*ETICS – External Thermal Insulation Composite Systems*) composto por poliestireno expandido com 4 cm e reboco armado, resultando num coeficiente de transmissão térmica de 0,47 W/(m².°C), tal como apresentado na Tabela 3.3.

Tabela 3.2 – Caracterização térmica da Parede Exterior 1 antes da intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ (W/(m.°C))	R ((m ² .°C)/W)	U (W/(m ² .°C))
Rse			0,04	0,88
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Tijolo cerâmico	11		0,29	
Caixa-de-ar	4		0,18	
Bloco betão celular	7,5		0,47	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Rsi			0,13	

Tabela 3.3 – Caracterização térmica da Parede Exterior 1 após da intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ (W/(m.°C))	R ((m ² .°C)/W)	U (W/(m ² .°C))
Rse			0,04	0,47
Reboco armado	1	1,3	0,01	
EPS	4	0,04	1,00	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Tijolo cerâmico	11		0,29	
Caixa-de-ar	4		0,18	
Bloco betão celular	7,5		0,47	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Rsi			0,13	

Esta melhoria do desempenho térmico da parede permite cumprir com as exigências atuais sem diminuir a área útil da fração, como aconteceria por exemplo com a aplicação de isolamento pelo interior, e maximizando a sua inércia térmica. Na Figura 3.13 são apresentados cortes construtivos da parede em estudo, antes e após a intervenção.

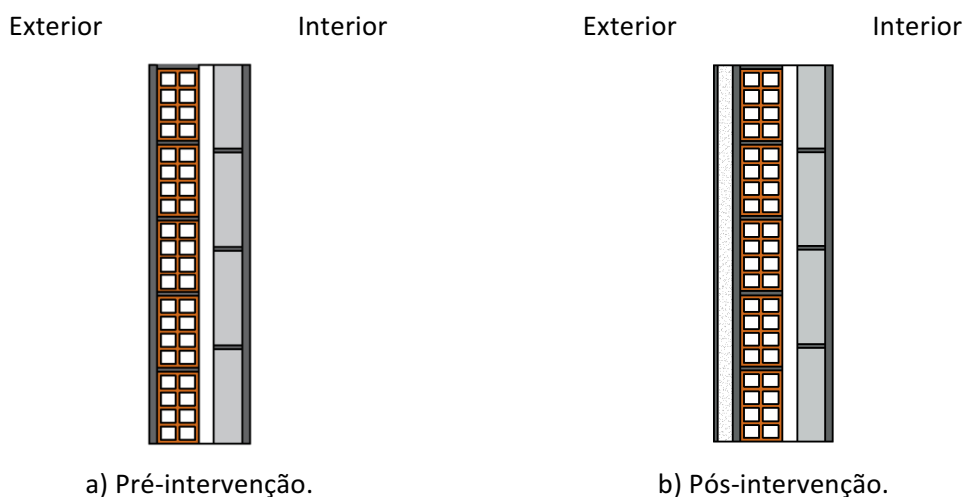


Figura 3.13 – Constituição da Parede Exterior 1.

As paredes das empenas (Parede Exterior 2) são constituídas por reboco exterior tradicional, betão armado, caixa de ar e blocos de betão celular, sendo o acabamento interior em reboco tradicional. Tal como se pode verificar na Tabela 3.4, esta constituição permite obter um coeficiente de transmissão térmica de 1,08 W/(m².°C).

Tabela 3.4 – Caraterização térmica da Parede Exterior 2 antes da intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ (W/(m.°C))	R ((m ² .°C)/W)	U (W/(m ² .°C))
Rse			0,04	1,08
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Betão armado	15	2,0	0,08	
Caixa-de-ar	4		0,18	
Bloco betão celular	7,5		0,47	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Rsi			0,13	

Tal como para a parede anterior, há a necessidade de intervir nesta solução, tendo sido considerada a aplicação de isolamento pelo exterior com poliestireno expandido (EPS) de 5 cm de espessura e reboco armado, resultando num coeficiente de transmissão térmica de 0,46 W/(m².°C), tal como apresentado na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Caraterização térmica da Parede Exterior 2 após a intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ (W/m.°C)	R ((m ² .°C)/W)	U (W/(m ² .°C))
Rse			0,04	0,46
Reboco armado	1	1,3	0,01	
EPS	5	0,04	1,25	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Betão armado	15	2	0,08	
Caixa-de-ar	4		0,18	
Bloco betão celular	7,5		0,47	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Rsi			0,13	

Assim sendo, são apresentados na Figura 3.14 cortes construtivos da solução pré e pós-intervenção.

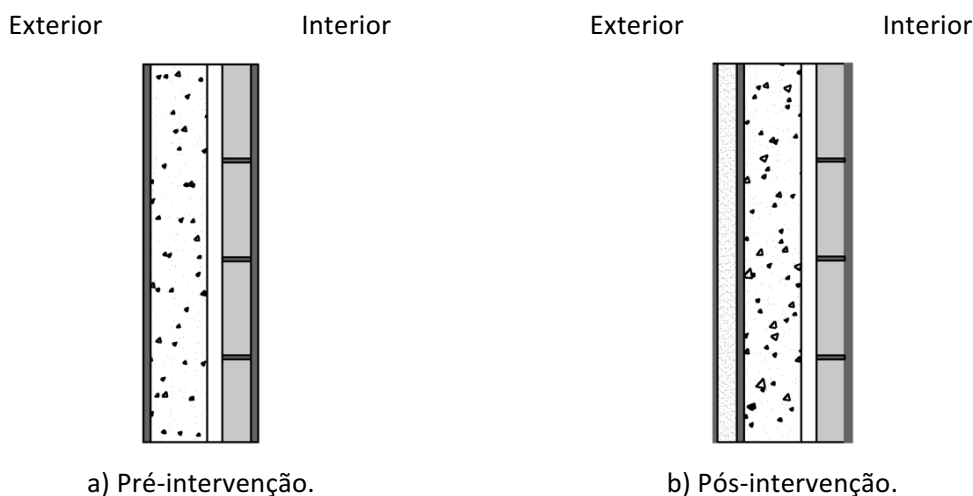


Figura 3.14 – Constituição da Parede Exterior 2.

Relativamente às paredes exteriores resultantes do prolongamento das paredes meeiras (Parede Exterior 3), são em betão armado com acabamento em reboco tradicional em ambas as faces, resultando num coeficiente de transmissão térmica de $3,63 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, tal como comprovado na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Caracterização térmica da Parede Exterior 3 antes da intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ (W/(m·°C))	R ((m ² ·°C)/W)	U (W/(m ² ·°C))
Rse			0,04	3,63
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Betão armado	15	2	0,08	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Rsi			0,13	

Como se pode verificar na Tabela 3.7, com a aplicação de ETICS com poliestireno expandido (EPS) de 8 cm de espessura e reboco armado obtém-se um coeficiente de transmissão térmica de $0,44 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Tabela 3.7 – Caracterização térmica da Parede Exterior 3 após a intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ (W/(m·°C))	R ((m ² ·°C)/W)	U (W/(m ² ·°C))
Rse			0,04	0,44
Reboco tradicional	1	1,3	0,01	
EPS	8	0,04	2,00	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Betão armado	15	2	0,08	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Rsi			0,13	

Na Figura 3.15 são apresentados os cortes construtivos de ambas as soluções.

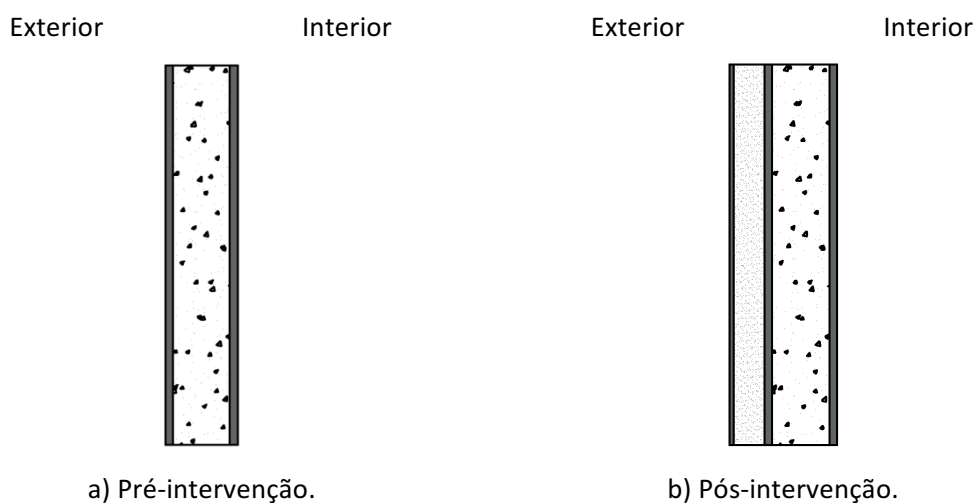


Figura 3.15 – Constituição da Parede Exterior 3.

b) Paredes Interiores

Relativamente às paredes interiores, e uma vez que o isolamento é feito pelo interior das frações, por forma a diminuir o constrangimento provocado pela diminuição da área útil, considerou-se a instalação da menor espessura possível para cumprir a legislação.

A parede meeira (Parede Interior 1) é constituída por pano duplo em betão armado com 2 cm de poliestireno expandido extrudido entre eles e acabamento nas faces expostas em reboco tradicional, resultando num coeficiente de transmissão térmica de $1,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, tal como apresentado na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Caracterização térmica da Parede Interior 1 (18).

Material	Espessura (cm)	$\lambda \text{ (W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}))$	$R \text{ ((m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/W)$	$U \text{ (W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}))$
Rsi			0,13	1,02
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Betão armado	15	2	0,08	
XPS	2	0,037	0,54	
Betão armado	15	2	0,08	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Rsi			0,13	

Uma vez que, tal como já foi indicado anteriormente, esta parede é interior com requisitos de interior ($b_{tr} = 0,6$), a legislação permite coeficientes de transmissão térmica máximos de $2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Apesar da referência ser $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, as perdas por estas paredes são pouco significativas. Para além disso, e pensando que qualquer intervenção para melhorar o desempenho térmico da solução teria de ser pelo interior, o que implicaria uma diminuição da área habitável e o conseqüente transtorno para os habitantes, para além da diminuição da inércia térmica, assumiu-se que a melhor solução seria não intervir. Assim sendo, a constituição mantém-se intacta, tal como demonstrado na Figura 3.16.

Edifício adjacente Fração

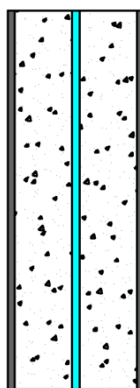


Figura 3.16 – Constituição da Parede Interior 1 pré-intervenção e pós-intervenção.

A segunda parede interior (Parede Interior 2) é a que separa cada uma das frações e a circulação comum, sendo em betão armado com acabamento em reboco em ambas as faces, o que resulta num coeficiente de transmissão térmica de $2,73 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, como se pode verificar na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Caraterização térmica da Parede Interior 2 antes da intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ (W/(m·°C))	R ((m ² ·°C)/W)	U (W/(m ² ·°C))
Rsi			0,13	2,73
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Betão armado	15	2	0,08	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Rsi			0,13	

Como o limite regulamentar para as paredes interiores com requisitos de exterior, o que é o caso, é igual às paredes exteriores ($0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$), projetou-se a aplicação de isolamento pelo interior da fração em poliestireno expandido extrudido (XPS) com 6 cm de espessura e acabamento em gesso cartonado resultando num coeficiente de transmissão térmica de $0,49 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, como se pode verificar na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 – Caraterização térmica da Parede Interior 2 após a intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ (W/(m·°C))	R ((m ² ·°C)/W)	U (W/(m ² ·°C))
Rsi			0,13	0,49
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Betão armado	15	2	0,08	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
XPS	6	0,037	1,62	
Gesso cartonado	1,3	0,25	0,05	
Rsi			0,13	

Apresenta-se na Figura 3.17 a constituição da parede interior antes e após a intervenção.

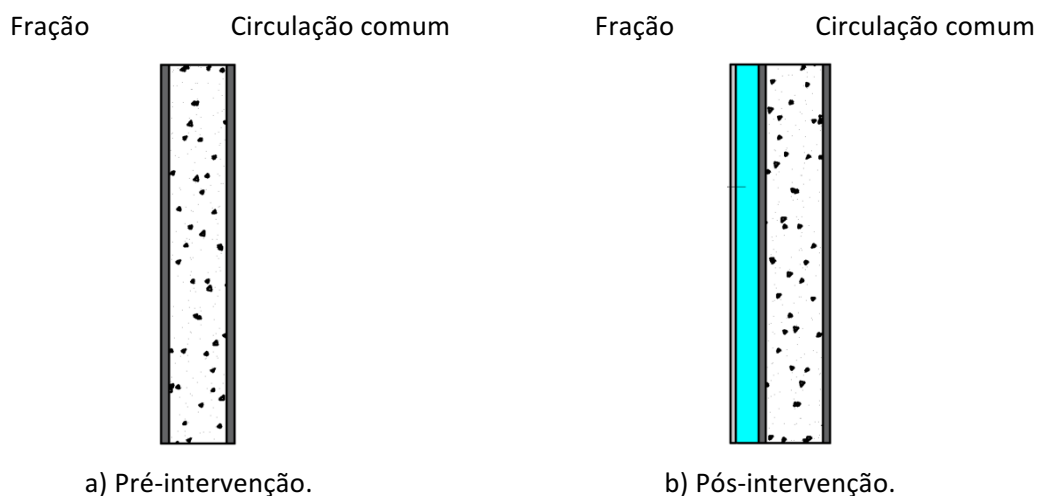


Figura 3.17 – Constituição da Parede Interior 2.

CAPÍTULO 3

A última parede analisada que apresenta requisitos térmicos é a interior que separa a fração com a lavandaria (Parede Exterior 3), sendo constituída (da fração para a lavandaria) por acabamento em reboco, tijolo cerâmico com 11 cm de espessura, caixa de ar, blocos de betão celular e acabamento em reboco. Tal como apresentado na Tabela 3.11, esta constituição permite obter um coeficiente de transmissão térmica de 0,81 W/(m².°C).

Tabela 3.11 – Caraterização térmica da Parede Interior 3 antes da intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ (W/(m.°C))	R ((m ² .°C)/W)	U (W/(m ² .°C))
Rsi			0,13	0,81
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Tijolo cerâmico	11		0,29	
Caixa-de-ar	4		0,18	
Bloco betão celular	7,5		0,47	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Rsi			0,13	

Uma vez que se trata de uma parede interior com requisitos de exterior, há a necessidade de aplicar 3 cm de poliestireno expandido extrudido (XPS) e acabamento em gesso cartonado hidrófugo (por se tratar de um ambiente húmido), permitindo obter um coeficiente de transmissão térmica de 0,48 W/(m².°C), tal como demonstrado na Tabela 3.12.

Tabela 3.12 – Caraterização térmica da Parede Interior 3 após a intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ (W/(m.°C))	R ((m ² .°C)/W)	U (W/(m ² .°C))
Rsi			0,13	0,48
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Tijolo cerâmico	11		0,29	
Caixa-de-ar	4		0,18	
Bloco betão celular	7,5		0,47	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
XPS	3	0,037	0,81	
Gesso cartonado	1,3	0,25	0,05	
Rsi			0,13	

Apresentam-se na Figura 3.18 cortes construtivos de ambas as soluções antes e após a intervenção.

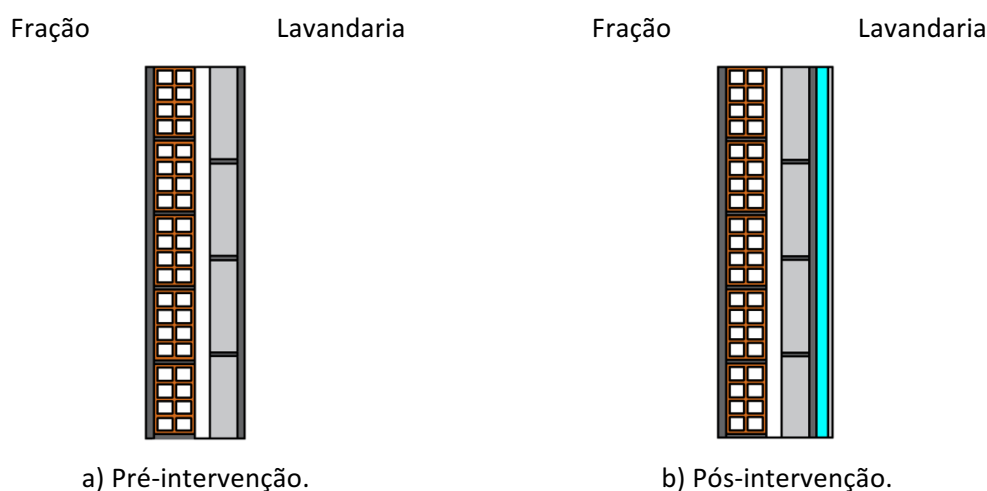


Figura 3.18 – Constituição da Parede Interior 3.

c) Coberturas Interiores

As coberturas Interiores são as das frações dos últimos pisos que estão em contacto com o desvão fortemente ventilado e que apresentam requisitos de exterior ($b_{tr}=1$). São constituídas por reboco interior e laje aligeirada de abobadilhas cerâmicas, resultando, tal como apresentado na Tabela 3.13, num coeficiente de transmissão térmica de $2,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Tabela 3.13 – Caracterização térmica da Cobertura Interior antes da intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ ($\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$)	R ($(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$)	U ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$)
Rsi			0,10	2,25
Laje aligeirada	20		0,23	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Rsi			0,10	

Para cumprir com as exigências da portaria 379-A/2015 (17) para esta solução construtiva o coeficiente de transmissão térmica máximo é de $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, sendo que para atingir esse valor há a necessidade de aplicar de 8 cm de poliestireno expandido extrudido (XPS) sobre a laje, permitindo atingir um coeficiente de transmissão térmica de $0,38 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, tal como demonstrado na Tabela 3.14.

Tabela 3.14 – Caracterização térmica da Cobertura Interior após da intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ ($\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$)	R ($(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$)	U ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$)
Rsi			0,10	0,38
XPS	8	0,037	2,16	
Laje aligeirada	20		0,23	
Reboco tradicional	2	1,3	0,02	
Rsi			0,10	

Apresentam-se na Figura 3.19 os cortes construtivos desta solução antes e após a intervenção.

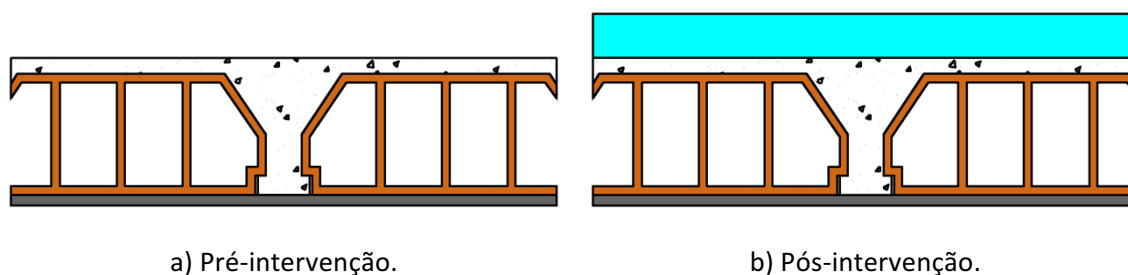


Figura 3.19 – Constituição da Cobertura Interior (sob o desvão).

d) Pavimentos Interiores

Os pavimentos interiores estão em contacto com o desvão do rés do chão e são constituídos por revestimento de piso cerâmico, camada de enchimento e laje aligeirada, resultando num coeficiente de transmissão térmica de $1,58 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, como se verifica na Tabela 3.15.

Tabela 3.15 – Caracterização térmica do Pavimento Interior antes da intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ ($\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$)	R ($(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$)	U ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$)
Rsi			0,17	1,58
Cerâmico	1	0,77	0,01	
Camada enchimento	10	2	0,05	
Laje aligeirada	20		0,23	
Rsi			0,17	

Uma vez que se trata de um elemento opaco interior horizontal com requisitos de exterior o limite máximo regulamentar é de $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, sendo que devido à dificuldade de introdução de isolamento numa fase inicial a intenção seria não intervir nesta solução construtiva. Contudo, verificou-se que, na maioria das frações do rés do chão, não intervindo na solução de pavimento não se cumpria o valor limite de 1,25 do quociente entre as necessidades de aquecimento, N_{ic} , e o respetivo valor de referência, N_i . Assim, tal como indicado na Tabela 3.16, considerou-se a aplicação sobre a solução existente de 3 cm de poliestireno expandido extrudido, camada de enchimento em betão com inertes de argila expandida e acabamento interior em cerâmico, resultando num coeficiente de transmissão térmica de $0,66 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Apesar de o limite máximo regulamentar ser abaixo deste valor, considerou-se apenas a aplicação de 3 cm de isolamento por forma a cumprir com os limites de energia primária, uma vez que para cumprir com o coeficiente de transmissão térmica iria obrigar à aplicação de mais 4 cm de XPS e conseqüentemente à diminuição da resistência mecânica desse pavimento e do pé direito da fração (já muito limitado).

Tabela 3.16 – Caracterização térmica do Pavimento Interior após da intervenção (18).

Material	Espessura (cm)	λ (W/(m. $^{\circ}$ C))	R ((m 2 . $^{\circ}$ C)/W)	U (W/(m 2 . $^{\circ}$ C))
Rsi			0,17	0,66
Cerâmico	1	0,77	0,01	
Betão leve	5	1,05	0,05	
XPS	3	0,037	0,81	
Cerâmico	1	0,77	0,01	
Camada enchimento	10	2	0,05	
Laje aligeirada	20		0,23	
Rsi			0,17	

Por forma a demonstrar as alterações preconizadas, são apresentados na Figura 3.20 cortes construtivos da solução antes e após a intervenção.

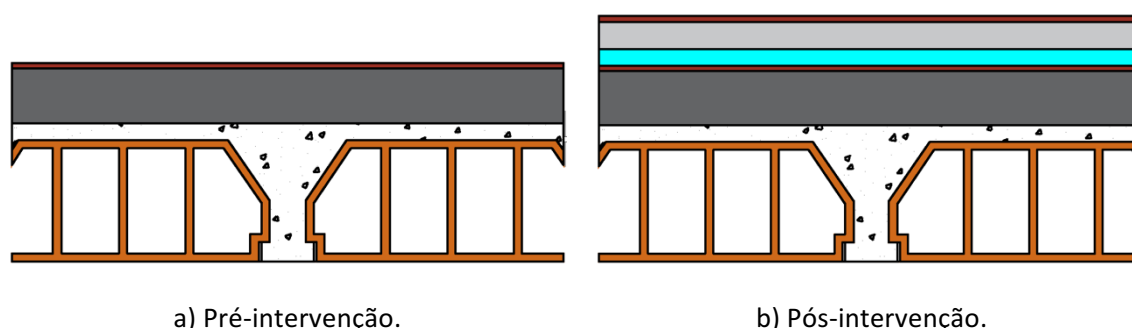


Figura 3.20 – Constituição Pavimento Interior (sobre o desnível).

e) Vãos Envidraçados

Os vãos envidraçados existentes apresentavam caixilharia em alumínio com vidro simples e um fator solar estimado em 0,85, com persianas de réguas plásticas de cor clara, permitindo um fator solar global (vidro + proteção) de 0,07. Como coeficiente de transmissão térmica considerou-se de 3,9 W/(m 2 . $^{\circ}$ C) no caso dos vãos giratórios, e de 4,1 W/(m 2 . $^{\circ}$ C) nos de correr. Houve a necessidade da substituição de todos os vãos pelo mesmo tipo de caixilharia (em alumínio com corte térmico) com classe 3 relativamente à permeabilidade ao ar e vidros duplo (8+12+6), e considerando o mesmo tipo de proteções. Esta constituição permite obter um fator solar global (vidro + proteção) de 0,04 e um coeficiente de transmissão térmica de 2,8 W/(m 2 . $^{\circ}$ C) (que é o coeficiente de transmissão térmica máximo e de referência para a zona climática de inverno na localização em estudo).

Há a necessidade de verificar o cumprimento do fator solar dos vãos em todos os compartimentos, à exceção dos que se orientam no quadrante norte ou os que têm uma área inferior a 5% da área do compartimento onde se inserem. Relativamente aos restantes, o cálculo do fator solar máximo exigido (g_{Tmax}) difere de acordo com a relação entre a área do vão e a área do compartimento, sendo que no caso de ser inferior ou igual a 15% é feito de acordo com a equação 2, e nos restantes casos é obtido pela equação 3.

$$\text{Se } A_{\text{env}} \leq 15\%A_{\text{comp}} \quad \rightarrow \quad g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{T\text{max}} \quad (2)$$

$$\text{Se } A_{\text{env}} > 15\%A_{\text{comp}} \quad \rightarrow \quad g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{T\text{max}} \cdot 0,15 / (A_{\text{env}} / A_{\text{comp}}) \quad (3)$$

onde:

A_{env} – Área do vão envidraçado (m²)

A_{comp} – Área do compartimento (m²)

g_T – Fator solar do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção totalmente ativados

F_o – Fator de sombreamento de elementos horizontais na estação de aquecimento

F_f – Fator de sombreamento de elementos verticais na estação de aquecimento

$g_{T\text{max}}$ - Fator solar máximo admissível dos vãos envidraçados

O valor do fator solar máximo a aplicar é apresentado na Tabela 3.17, de acordo com a classe de inércia térmica e a zona climática da fração.

Tabela 3.17 – Fatores solares máximos admissíveis ($g_{T\text{max}}$).

	Zona Climática		
Inércia Térmica	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Assim, na Tabela 3.18 apresentam-se os valores relativos aos fatores solares corrigidos ($g_{T\text{cor}} = g_T \cdot F_o \cdot F_f$) e aos fatores solares limite ($g_{T\text{lim}} = g_{T\text{max}}$ ou $g_{T\text{lim}} = g_{T\text{max}} \cdot 0,15 / (A_{\text{env}} / A_{\text{comp}})$) obtidos para alguns dos vãos considerados no estudo.

Tabela 3.18 – Cálculo do g_{Tcor} e g_{Tlim} dos vãos envidraçados.

Bloco	Entrada	Lado	Compartimento	Orientação	A_{env} (m ²)	A_{comp} (m ²)	A_{env}/A_{comp} (%)	g_{Tcor}	g_{Tlim}
10	50	Direito	Quarto1	Sudeste	1,32	10,36	12	0,04	0,56
10	50	Direito	Quarto2	Sudeste	1,32	8,12	16	0,04	0,52
10	50	Direito	WC	Noroeste	0,66	4,35	15	0,04	N.A.
10	50	Direito	Sala	Noroeste	3,36	20,06	17	0,04	N.A.
12	150	Esquerdo	Quarto1	Sudoeste	1,32	10,36	12	0,04	0,56
12	150	Esquerdo	Quarto2	Nordeste	1,32	7,18	18	0,04	N.A.
12	150	Esquerdo	Quarto3	Nordeste	1,32	11,69	11	0,04	N.A.
12	150	Esquerdo	Quarto4	Nordeste	1,32	8,59	15	0,04	N.A.
12	150	Esquerdo	WC	Sudoeste	0,66	4,42	15	0,04	0,56
12	150	Esquerdo	Sala	Sudoeste	3,36	22,25	15	0,04	0,56

Como se verifica, para os vãos orientados no quadrante norte não é aplicável fator solar máximo e para os vãos onde a relação entre a área de vão e do compartimento é de 15% ou inferior o valor é retirado diretamente da Tabela 3.17 (Inércia térmica forte e zona climática V2). No outro caso da Tabela 3.18, o valor mais exigente do limite a cumprir resultou da equação 4.

$$g_{Tlim} = (0,56 * 0,15) / (1,32 / 8,12) = 0,52 \quad (4)$$

É importante confirmar que o fator solar do vão corrigido (g_{Tcor}) considerando não existir sombreamento por elementos horizontais nem verticais inferior ao fator solar limite (g_{Tlim}), tal como demonstrado pela equação 5.

$$g_{Tcor} = 0,04 * 1 * 1 = 0,04 < 0,52 \quad (5)$$

A alteração do fator solar dos vidros (de 0,85 antes da intervenção, para 0,75 após a intervenção) acarreta uma pequena diminuição dos ganhos solares no inverno, tendo mais impacte nos blocos com vãos orientados no quadrante sul, enquanto de verão a pequena diminuição do fator solar global (de 0,07 para 0,04) permite uma diminuição significativa dos ganhos solares, que resultam num controlo do sobreaquecimento das frações. A diminuição do coeficiente de transmissão térmica, resulta numa

diminuição da transferência de calor entre o interior e o exterior. Isto reflete-se num decréscimo das necessidades nominais anuais de energia para aquecimento e de um ligeiro aumento das necessidades nominais anuais de energia para arrefecimento, devido à diminuição das perdas de calor pela envolvente. Em suma, os benefícios obtidos pela substituição dos vãos são muito superiores às desvantagens, resultando numa diminuição das necessidades de energia primária.

3.2.5 Inércia Térmica

A Inércia Térmica é a capacidade que os elementos construtivos têm de acumular calor e libertá-lo quando as condições interiores assim o justificarem, permitindo contrariar as variações bruscas de temperatura no interior da fração. Este parâmetro térmico define a quantidade de calor que os elementos construtivos têm capacidade de absorver, sendo obtido de acordo com o valor da massa superficial útil por superfície de área de pavimento. A metodologia de cálculo é descrita no Despacho n.º 15793-K/2013 (9), sendo calculada através da equação 6.

$$I_t = \frac{\sum M_{si} \cdot r_i \cdot S_i}{A_p} \quad (6)$$

onde:

M_{si} – Massa superficial útil do elemento i (kg/m^2)

r_i – Fator de redução da massa superficial útil

S_i – Área da superfície interior do elemento i (m^2)

A_p – Área interior do pavimento (m^2)

De acordo com o valor de I_t calculado, obtém-se na Tabela 3.19 a classe de Inércia Térmica:

Tabela 3.19 – Classes de Inércia Térmica (9).

Classe de Inércia Térmica	I_t (kg/m^2)
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t < 400$
Forte	$I_t > 400$

Considerando a importância que esta característica representa para o conforto dos habitantes, o objetivo seria conseguir intervir na envolvente tentando não diminuir de forma significativa a Inércia Térmica. Para o estudo apresentado, e pelo facto de não ser conhecida a sua constituição, não foram

considerados os elementos construtivos que se verificou não alterarem a classe de inércia térmica obtida para as diferentes frações (paredes de compartimentação interior e pavimentos entre frações).

Apresentam-se na Tabela 3.20 e Tabela 3.21 um exemplo das características relacionadas com a Inércia Térmica para uma fração de tipologia T2 (com uma área de 49 m²) localizada no rés do chão antes e após a intervenção, respetivamente.

Tabela 3.20 – Caracterização da Inércia Térmica da fração T2 pré-intervenção.

Solução	A_p (m ²)	Massa total (kg/m ²)	M_{Si} (kg/m ²)	r_i	$A_p \times M_{Si} \times r_i$	
Parede Exterior 1	26	93	93	1	2418	
Parede Interior 1	20	400	150	1	3000	
Parede Interior 2	10	440	150	1	1500	
Parede Interior 3	5	93	93	1	465	
Pavimento Interior	49	460	150	1	7350	
Parede fração adjacente	13	704	150	1	1950	
Pavimento com fração autónoma	49	230	150	1	7350	
Paredes compartimentação	48	145	145	1	6960	
					I_t (Kg/m ²)	633
FORTE						

Tabela 3.21 – Caracterização da Inércia Térmica da fração T2 pós-intervenção.

Solução	A_p (m ²)	Massa total (kg/m ²)	M_{Si} (kg/m ²)	r_i	$A_p \times M_{Si} \times r_i$	
Parede Exterior 1	26	93	93	1	2418	
Parede Interior 1	20	400	150	1	3000	
Parede Interior 2	10	0	0	0,5	0	
Parede Interior 3	5	0	0	0,5	0	
Pavimento Interior	49	100	100	1	4900	
Parede fração adjacente	13	704	150	1	1950	
Pavimento com fração autónoma	49	230	150	1	7370	
Paredes compartimentação	48	145	145	1	6960	
					I_t (Kg/m ²)	543
FORTE						

Tal como se pode verificar nas tabelas anteriores, apenas houve a necessidade de diminuir o contributo para a Inércia Térmica das Paredes Interiores 2 e 3 e do Pavimento Interior, uma vez que em todos estes elementos construtivos houve a necessidade de aplicar o isolamento térmico pelo interior. Ainda assim, para a fração T2 conseguiu manter-se a classe de Inércia Térmica (Forte), passando de 633 kg/m² para 549 kg/m². São da mesma forma apresentadas na Tabela 3.22 e Tabela 3.23 um exemplo das características relacionadas com a Inércia Térmica para uma fração de tipologia T3 (com uma área de 62 m²) localizada no rés do chão antes e após a intervenção, respetivamente.

Tabela 3.22 – Caracterização da Inércia Térmica da fração T3 pré-intervenção.

Solução	A_p (m ²)	Massa total (kg/m ²)	M_{Si} (kg/m ²)	r_i	$A_p \times M_{Si} \times r_i$	
Parede Exterior 1	26	93	93	1	2418	
Parede Exterior 2	6	440	150	1	900	
Parede Interior 1	13	400	150	1	1950	
Parede Interior 2	10	440	150	1	1500	
Parede Interior 3	5	93	93	1	465	
Pavimento Interior	62	460	150	1	9300	
Parede fração adjacente	13	704	150	1	1950	
Pavimento com fração autónoma	62	230	150	1	9300	
Paredes compartimentação	63	145	145	1	9135	
					I_t (Kg/m ²)	595
FORTE						

Tabela 3.23 – Caracterização da Inércia Térmica da fração T3 pós-intervenção.

Solução	A_p (m ²)	Massa total (kg/m ²)	M_{Si} (kg/m ²)	r_i	$A_p \times M_{Si} \times r_i$	
Parede Exterior 1	26	92	93	1	2418	
Parede Exterior 2	6	400	150	1	900	
Parede Interior 1	13	400	150	1	1950	
Parede Interior 2	10	0	0	0,5	0	
Parede Interior 3	5	0	0	0,5	0	
Pavimento Interior	62	100	100	1	6200	
Parede fração adjacente	13	704	150	1	1950	
Pavimento com fração autónoma	62	230	150	1	9300	
Paredes compartimentação	63	145	145	1	9135	
					I_t (Kg/m ²)	514
FORTE						

Como apresentado, as alterações preconizadas para a fração T3 não alteraram a Classe de Inércia Térmica (Forte), passando o valor da massa superficial útil por superfície de área de pavimento de 595 kg/m² para 520 kg/m².

Na Tabela 3.24 e 3.25 apresentam-se os valores exemplificativos das características relacionadas com a Inércia Térmica para uma fração de tipologia T4 (com uma área de 72 m²) localizada no rés do chão antes e após a intervenção, respetivamente.

Tabela 3.24 – Caracterização da Inércia Térmica da fração T4 pré-intervenção.

Solução	A_p (m ²)	Massa total (kg/m ²)	M_{Si} (kg/m ²)	r_i	$A_p \times M_{Si} \times r_i$
Parede Exterior 1	36	93	93	1	3348
Parede Exterior 2	9	440	150	1	1350
Parede Interior 1	5	400	150	1	750
Parede Interior 2	10	440	150	1	1500
Parede Interior 3	8	93	93	1	744
Pavimento Interior	72	460	150	1	10800
Parede fração adjacente	13	704	150	1	1950
Pavimento com fração autónoma	72	230	150	1	10800
Paredes compartimentação	85	145	145	1	12325
				I_t (Kg/m ²)	605
					FORTE

Tabela 3.25 – Caracterização da Inércia Térmica da fração T4 pós-intervenção.

Solução	A_p (m ²)	Massa total (kg/m ²)	M_{Si} (kg/m ²)	r_i	$A_p \times M_{Si} \times r_i$
Parede Exterior 1	36	93	93	1	3348
Parede Exterior 2	9	400	150	1	1350
Parede Interior 1	5	400	150	1	750
Parede Interior 2	10	0	0	0,5	0
Parede Interior 3	8	0	0	0,5	0
Pavimento Interior	72	100	100	1	7200
Parede fração adjacente	13	704	150	1	1950
Pavimento com fração autónoma	72	230	150	1	10800
Paredes compartimentação	85	145	145	1	12325
				I_t (Kg/m ²)	524
					FORTE

Tal como nos exemplos anteriores, as alterações efetuadas nesta fração diminuem o valor da massa superficial útil por superfície de área de pavimento de 605 kg/m² para 530 kg/m², ficando inalterada a classe de Inércia Térmica.

3.2.6 Pontes Térmicas Lineares

As Pontes Térmicas Lineares são as zonas das ligações de diferentes elementos construtivos da envolvente caracterizadas por um aumento do fluxo de calor, o que resulta numa diminuição das temperaturas superficiais interiores, tornando-se assim zonas localizadas com maior probabilidade de ocorrência de condensações. Este fluxo de calor, determinado através do coeficiente de transmissão térmica linear, Ψ , pode ser contabilizado de acordo com normas europeias, especialmente a Norma EN ISO 10211, catálogos com as diversas geometrias e soluções construtivas e que tenham como base a

norma anteriormente indicada, ou com recurso à Tabela 07 do Despacho n.º 15793-K/2013, transcrita na Tabela 3.26.

Tabela 3.26 – Valores dos coeficientes de transmissão térmica linear, Ψ (W/(m.°C)).

Tipo de ligação		Sistema de isolamento das paredes		
		Isolamento interior	Isolamento exterior	Isolamento repartido ou na caixa de ar
Fachada com pavimento térreo		0,80	0,70	0,80
Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido	Isolamento sob o pavimento	0,75	0,55	0,75
	Isolamento sobre o pavimento	0,10	0,50	0,35
Fachada com pavimento de nível intermédio		0,60	0,15	0,50
Fachada com varanda		0,60	0,60	0,55
Fachada com cobertura	Isolamento sob a laje	0,10	0,70	0,60
	Isolamento sobre a laje	1,00	0,80	1,00
Duas paredes verticais em ângulo saliente		0,10	0,40	0,50
Fachada com caixilharia	O isolante térmico da parede contacta com a caixilharia	0,10	0,10	0,10
	O isolante térmico da parede não contacta com a caixilharia	0,25	0,25	0,25
Zona da caixa de estore		0,30	0,30	0,30

A existência de pontes térmicas lineares é considerada apenas para a envolvente exterior e para a envolvente interior com requisitos de exterior ($b_{tr} > 0,7$). Assim sendo, para o caso em estudo, apresentam-se na Tabela 3.27 os tipos de ligações existentes e os valores do coeficiente de transmissão térmica linear considerados antes da intervenção, após a intervenção e para a referência.

Tabela 3.27 – Valores dos coeficientes de transmissão térmica lineares considerados ($W/(m \cdot ^\circ C)$).

Tipo de ligação		Ψ ($W/(m \cdot ^\circ C)$)		
		Pré-intervenção	Pós-intervenção	Referência
Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido	Isolamento sobre o pavimento	0,35	0,50	0,50
Fachada com pavimento de nível intermédio		0,50	0,15	0,50
Fachada com cobertura	Isolamento sobre a laje	1,00	0,80	0,50
Duas paredes verticais em ângulo saliente		0,50	0,40	0,40
Fachada com caixilharia	O isolante térmico da parede não contacta com a caixilharia	0,25	0,25	0,20
Zona da caixa de estore		0,30	0,30	0,20

Assim sendo, as soluções preconizadas para a intervenção de um modo geral permitem melhorar ou manter o desempenho ao nível das pontes térmicas lineares, diminuindo o coeficiente de transmissão térmica linear, sendo a única exceção a ligação entre a fachada e a laje de piso do rés do chão (sobre o desvão do pavimento). A melhoria mais significativa acontece na ligação entre a fachada e os pavimentos de nível intermédio, que passam de $0,50W/(m \cdot ^\circ C)$ para $0,15W/(m \cdot ^\circ C)$. Para os casos em estudo, a influência da melhoria das pontes térmicas lineares reduz as necessidades nominais anuais de energia para aquecimento, mas por outro lado, e devido à maior resistência às perdas de calor na estação de arrefecimento, aumentam ligeiramente as necessidades nominais anuais de energia para arrefecimento. Contudo, e tal como já referido, é importante a influência que esta alteração introduz relativamente à salubridade das frações, principalmente a ocorrência de condensações.

3.2.7 Ventilação

Para estudar as condições de ventilação das várias frações utilizou-se a ferramenta de cálculo do LNEC, indicada no despacho n.º 15793-K/2013 (9), n.º 3 do ponto 12.1, tendo-se considerado que o Bairro do Falcão se localiza na periferia de zona urbana ou zona rural (Rugosidade tipo II) e a mais de 5 km da

costa (Região A). A renovação de ar em cada fração processa-se de forma natural, considerando-se o recurso à abertura das janelas das casas de banho cujos vãos apresentavam inicialmente caixilharias não classificados relativamente à permeabilidade ao ar. Encontram-se no Anexo I os valores obtidos para cada uma das frações, sendo que o RPH estimado em condições nominais varia entre 0,78 e 0,81 h⁻¹.

Relativamente à intervenção não foi projetada a instalação de qualquer equipamento mecânico, isto porque implicaria alterações arquitetónicas que tornariam o Projeto de difícil aplicação prática, como por exemplo a criação de tetos falsos que exigem uma diminuição do pé direito já bastante reduzidos (2,5 m) ou a criação de *courettes*. A ventilação mecânica seria também responsável por um consumo adicional de energia, o que poderia ser problemático para o tipo de habitações e utentes em análise. Para compensar este facto, e por forma a cumprir com a renovação de ar mínima regulamentar (0,40 h⁻¹), considerou-se a instalação de caixilharia com permeabilidade ao ar classe 3 e a aplicação de grelhas de admissão de ar nos compartimentos principais (quartos e sala). Estas têm área útil variável, mas padronizada de acordo com a tipologia, sendo para os T2 de 150 cm², de 180 cm² para os T3 e de 210 cm² para os T4. A exaustão de ar é feita pelos compartimentos secundários (casas de banho e cozinhas), tendo especial importância a abertura das janelas das casas de banho.

Assim sendo, encontra-se no Anexo II a listagem dos valores de renovações de ar, sendo que o valor de Rph estimado em condições nominais tem de ser superior a 0,40 h⁻¹, tendo-se obtido para cada uma das frações valores entre os 0,41 e 0,43 h⁻¹. Verifica-se que os valores estimados são inferiores às renovações obtidas para o verão (RPH,v) e inverno (RPH,i) uma vez que não são tidas as conta as infiltrações através das caixas de estore e dos vãos envidraçados com classe 1 ou 2 relativamente à permeabilidade ao ar.

É importante salientar que a ventilação é um aspeto preponderante para o desempenho energético e salubridade das habitações. Tendo isso em conta, é necessário sensibilizar os habitantes para este facto, para a necessidade de abrir as janelas das casas de banho especialmente durante os banhos independentemente da estação do ano. Devido ao desconforto térmico com esta ação na estação de aquecimento, há a tendência em manter as janelas fechadas, o que nos casos em estudo não é aceitável, levando ao aparecimento de condensações (fungos) nas áreas mais frias das paredes e tetos e a uma degradação da qualidade do ar interior. Assim, poderia questionar-se a hipótese de colocar grelhas de exaustão nas caixilharias dos vãos envidraçados das instalações sanitárias.

3.2.8 Sistemas Técnicos

Nos sistemas técnicos considerou-se a instalação de um sistema solar térmico (de dimensão variável de acordo com a tipologia) por circulação forçada composto pelo painel solar térmico instalado na cobertura do edifício orientado a Sul azimute 0° e com uma inclinação de 40° e um reservatório interior

instalado na lavandaria de cada uma das frações. A energia produzida pelo sistema obteve-se através do programa indicado pelo Despacho n.º3156/2016 (10), o SCE.ER da Direção Geral de Energia e Geologia. Como apoio ao sistema considerou-se a utilização de uma resistência elétrica acoplada ao reservatório com um termostato, sendo apresentado um esquema representativo na Figura 3.21. Este termostato permite que a resistência seja acionada apenas quando a temperatura da água no interior do reservatório é inferior ao desejado, evitando dessa forma o desperdício de energia e consequentemente a não justificação da instalação do painel solar. A instalação desta resistência elétrica no acumulador do painel, em substituição do termoacumulador atualmente existente, permite uma poupança de cerca de 50 euros/ano.

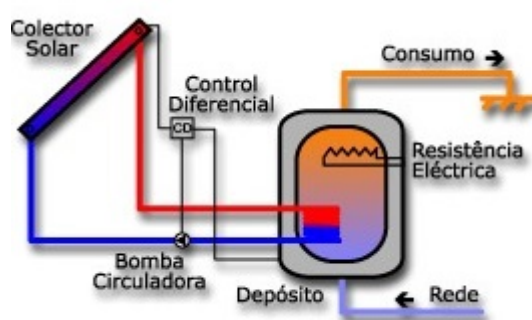


Figura 3.21 – Esquema representativo do sistema solar térmico por circulação forçada (19).

Na Tabela 3.28 e Tabela 3.29 apresentam-se as características (área de painel e volume do acumulador) do sistema solar térmico a instalar em cada uma das tipologias a intervir, e as características técnicas de cada um dos painéis, respetivamente.

Tabela 3.28 – Características do sistema solar térmico considerado para cada tipologia de habitação.

Área painel (m ²)	Volume acumulador (l)	T2	T3	T4
2	150	X		
2 x 2	300		X	
2 x 2,5	300			X

Tabela 3.29 – Características técnicas de cada um dos tipos de painel solar térmico.

Superfície total (m ²)	2,00	2,50
Superfície de abertura (m ²)	1,90	2,4
Temperatura estancamento (°C)	213	211
Rendimento ótico	0,785	0,814
Perdas 1º grau (W/m ² K)	4,046	3,639
Perdas 2º grau (W/m ² K ²)	0,016	0,0089

Assim, é indicada na Tabela 3.30 a energia produzida com os sistemas solares térmicos anteriormente indicados, com o sistema solar de referência definido na Portaria n.º 349-B/2013 (16) e a respetiva produtividade.

Tabela 3.30 – Características técnicas de cada um dos tipos de painel solar térmico.

Eren (kWh)		Produtividade (kWh/m ²)	
Referência	Instalado	Referência	Instalado
1023	1093	524	575
1402	1695	539	892
1782	2155	548	898

Após a análise dos valores obtidos, verifica-se que para os três sistemas solares considerados, a contribuição é superior à referência.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Desenvolveram-se 62 simulações relativas às frações que melhor representavam o Desempenho Energético, por forma a extrapolar os valores obtidos para as restantes 104 frações. Esses fogos estudados indicam-se a sombreado nos Anexos III e IV, onde é apresentado o Balanço Energético, antes e após a intervenção, respetivamente. Os critérios utilizados para a seleção das 62 frações estudadas procuraram considerar os seguintes aspetos:

- localização no edifício (r/c, piso intermédio e último piso);
- orientação solar;
- tipologia;
- área útil.

4.1 DESEMPENHO ENERGÉTICO

Relativamente à classe energética obtida para as várias frações antes da intervenção, obteve-se entre C e E, sendo de um modo geral o pior desempenho nos fogos em contacto com o desvão da cobertura (devido às perdas por este elemento construtivo) e o melhor reflete-se nas frações intermédias. Os fogos do rés do chão para além das perdas e ganhos pelos elementos construtivos da envolvente vertical, têm perdas para o desvão do pavimento. Globalmente, são 70 habitações com classe C, 66 classe D e na classe E estão integrados 30 fogos, sendo na Figura 4.1 representada essa distribuição.

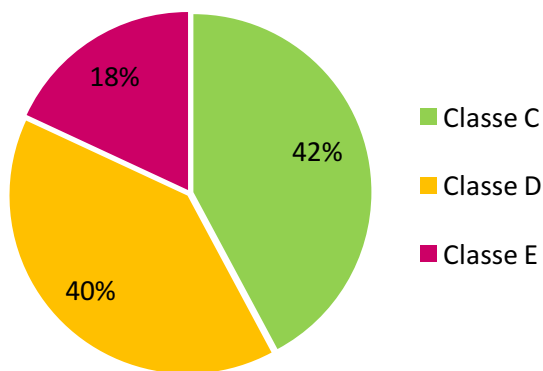


Figura 4.1 – Distribuição percentual da Classe Energética.

Como se pode verificar na Tabela 4.1, em termos médios subiram-se duas classes, de D para B, com a relação em as necessidades de energia primária de cálculo e de referência a descer de 1,66 para 0,63, entre o desempenho atual e após a intervenção. De salientar que para este tipo de intervenções a classe mínima exigida é C.

Tabela 4.1 – Resumo das necessidades médias antes e após a intervenção.

	Nic (kWh/(m ² .ano))		Nvc (kWh/(m ² .ano))		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh _{EP} /(m ² .ano))		Ntc/Nt	Classe
	Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência		
Antes	70,80	35,64	4,65	9,13	2083,67	323,50	195,18	1,66	D
Após	34,94	35,64	3,58	9,13	2083,67	123,76	195,18	0,63	B

Tal como representado da Figura 4.2 à Figura 4.4, em termos médios reduziram-se as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de 70,80 kWh/(m².ano) para 34,94 kWh/(m².ano), de arrefecimento de 4,65 kWh/(m².ano) para 3,58 kWh/(m².ano) e de energia primária de 323,50 kWh/(m².ano) para 123,76 kWh/(m².ano).

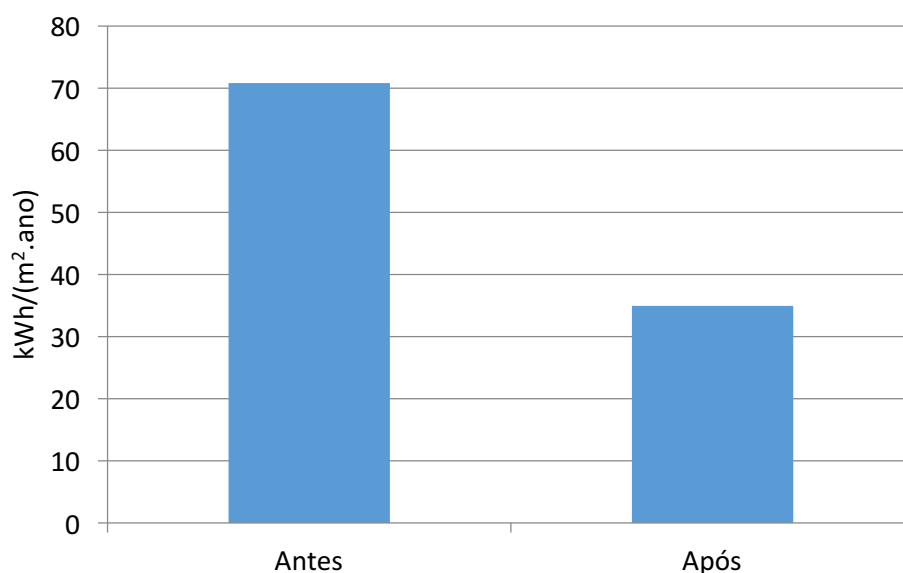


Figura 4.2 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic) nas duas fases. É de salientar a diminuição das necessidades de energia na estação de aquecimento em cerca de 50%, devendo salientar-se três aspetos fundamentais para alcançar estes valores: isolamento na envolvente, ventilação e substituição dos vãos envidraçados. Relativamente à ventilação é importante a otimização através da melhoria das caixilharias e da introdução de grelhas de admissão de ar nos quartos e salas, permitindo uma diminuição da taxa de renovação de ar e conseqüente diminuição das perdas. Por último, a substituição dos vãos por uns com melhor coeficiente de transmissão térmica permite diminuir as perdas de calor por esse elemento, sendo que por outro lado há um decréscimo dos ganhos solares, devido ao aumento do fator solar.

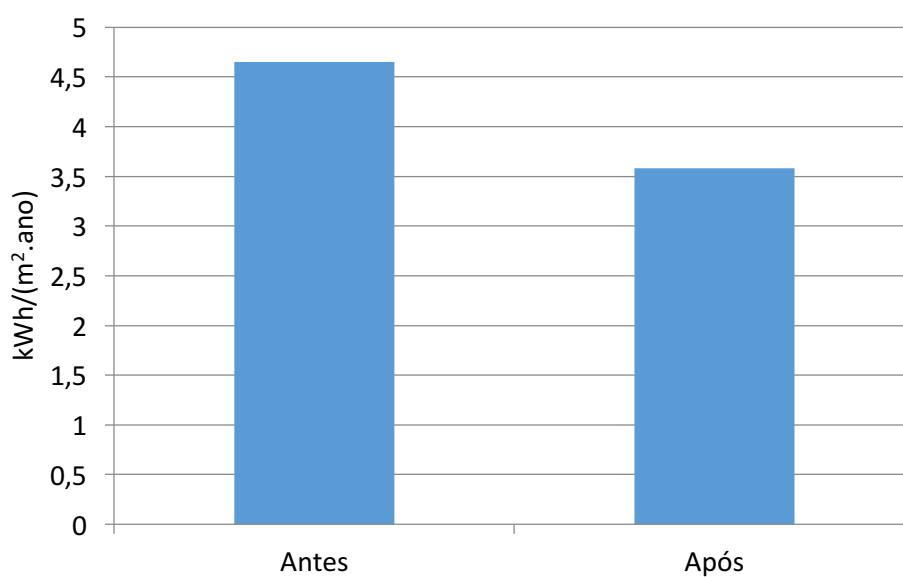


Figura 4.3 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc) nas duas fases.

Relativamente ao valor médio das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, o decréscimo não é muito significativo pois apesar da substituição dos vãos envidraçados permitir diminuir os ganhos solares no verão (com a diminuição do fator solar), o aumento do nível de isolamento da envolvente das frações dificulta o processo de arrefecimento natural através das trocas do interior para o exterior.

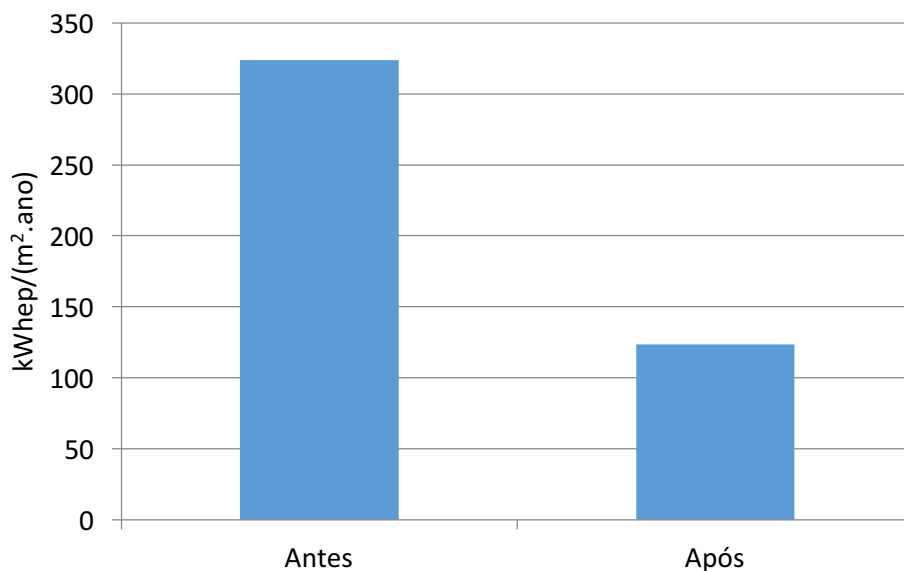


Figura 4.4 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (Ntc) nas duas fases.

Analisando as necessidades nominais anuais globais de energia primária de acordo com a localização da fração – rés do chão, intermédio e último piso –, representadas na Figura 4.5, verifica-se que o valor médio das necessidades de aquecimento varia entre os 48 kWh/(m².ano) e os 107 kWh/(m².ano) para as frações intermédias e do último piso, respetivamente. Isto acontece pelo facto das intermédias apresentarem apenas perdas pela envolvente vertical, enquanto nas restantes essas perdas também acontecem pela envolvente horizontal, sendo superiores para os últimos pisos, uma vez que o desvão da cobertura tem um coeficiente de redução de perdas superior ao desvão do pavimento. Com a intervenção conseguiu-se diminuir as necessidades de aquecimento em 27% para o rés do chão, 43% para o intermédio e 60% para o último piso. Esta melhoria surge como consequência da diminuição das necessidades de energia na estação de aquecimento e a alteração dos sistemas técnicos para preparação de AQS, especialmente o aproveitamento de energia solar.

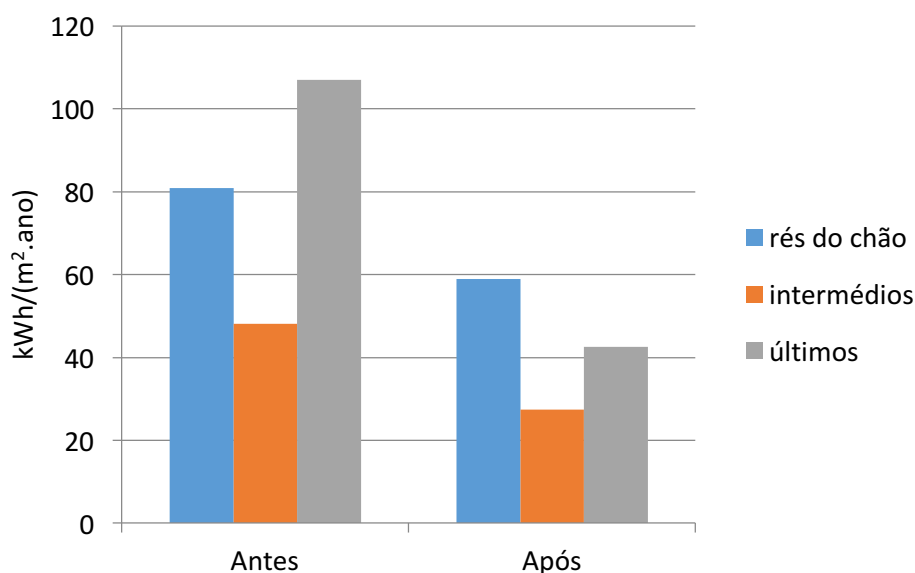


Figura 4.5 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic) de acordo com a localização.

Relativamente às necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, tal como apresentado na Figura 4.6, antes da intervenção são muito superiores para os últimos pisos devido aos ganhos acentuados pelo desvão da cobertura, sendo que com a intervenção neste elemento as necessidades diminuem 66%. Em sentido contrário aparecem as frações de rés do chão que pelo facto de diminuírem bastante as perdas por transmissão veem aumentadas as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, antes e após a intervenção.

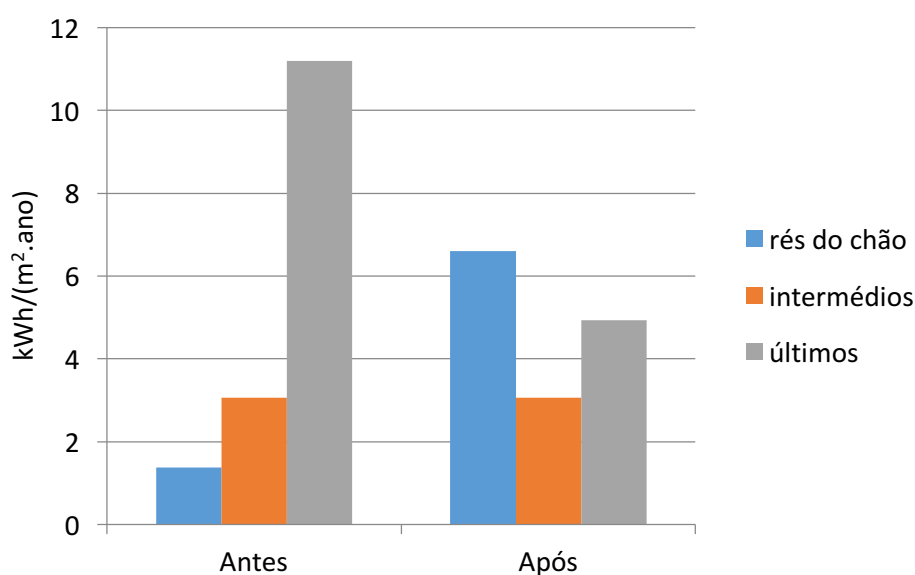


Figura 4.6 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc) de acordo com a localização.

Tendo em conta que em todas as frações as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS consideram-se supridas com recurso a energia elétrica, as necessidades de energia primária refletem o somatório dessas necessidades de energia multiplicadas pelo fator de conversão ($2,5 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$). A este valor é retirada a parte do contributo da energia produzida através de fontes renováveis, neste caso o sistema solar térmico para preparação de AQS. Assim sendo, e como as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento são bastante superiores às de arrefecimento, verificamos pela Figura 4.7 que as necessidades nominais anuais globais de energia primária têm um comportamento proporcional às necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento.

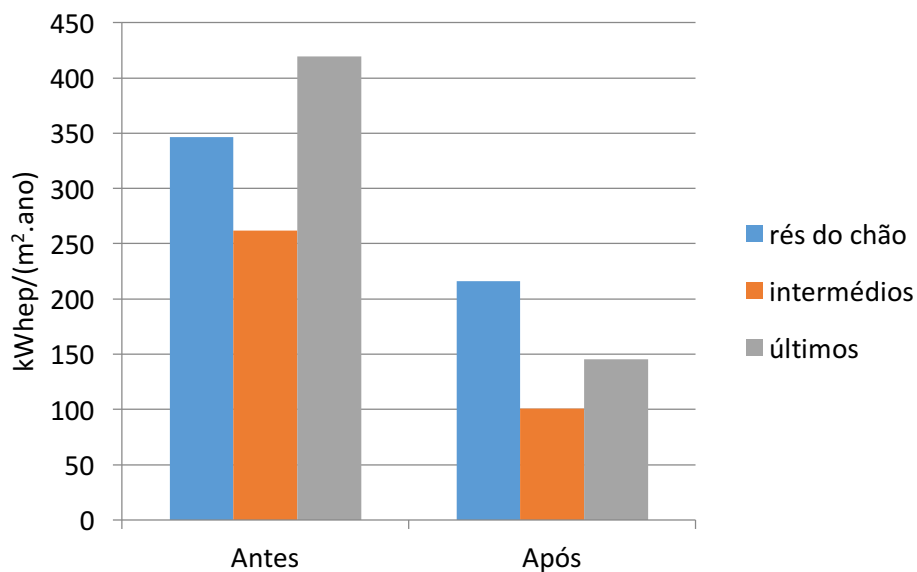


Figura 4.7 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (Ntc) de acordo com a localização.

Analisando a Figura 4.8 que representa as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento por Bloco, verifica-se que o valor médio antes da intervenção varia entre os $64 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{ano})$ e os $78 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{ano})$ para o Bloco 14 e 15, respetivamente. Com a intervenção conseguiu-se diminuir estas necessidades em todos os Blocos de aproximadamente 50%, com um mínimo de 48% (Bloco 5) e um máximo de 56% (Bloco 4).

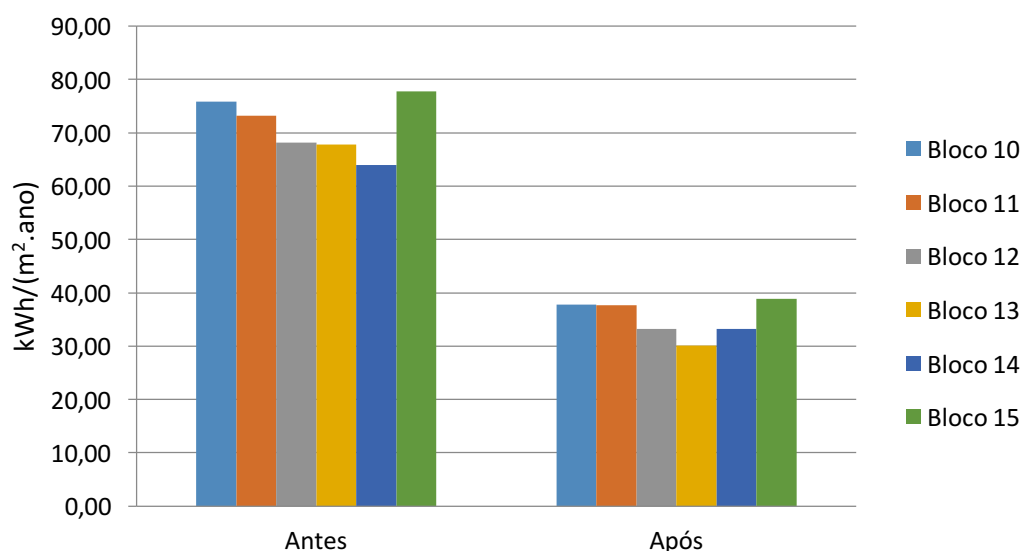


Figura 4.8 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic) por Bloco.

As necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, tal como apresentado na Figura 4.9, antes da intervenção variam entre os 3,5 kWh/(m².ano) para o Bloco 4 e os 5,6 kWh/(m².ano) para o Bloco 1, conseguindo com a intervenção baixar estes valores para 3,2 kWh/(m².ano) e 4,1 kWh/(m².ano), respetivamente.

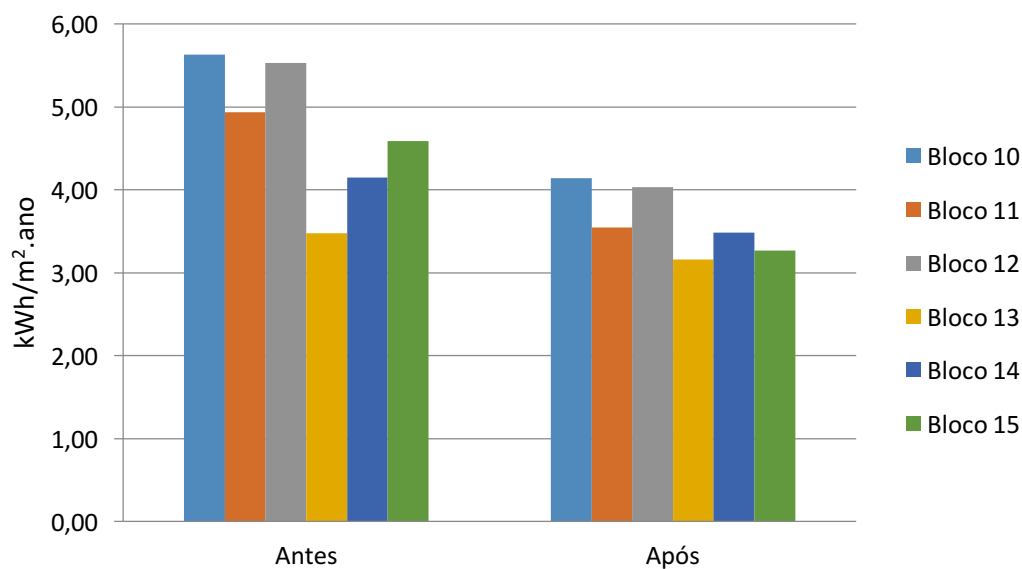


Figura 4.9 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc) por Bloco.

Tal como para o estudo por localização, verificamos que as necessidades nominais anuais globais de energia primária têm um comportamento proporcional às necessidades de aquecimento.

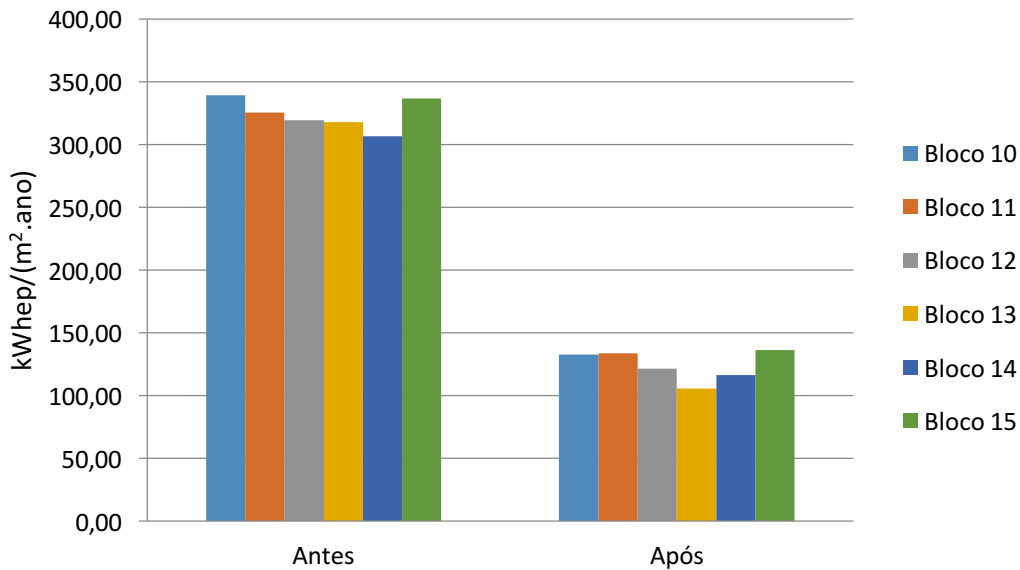


Figura 4.10 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (Ntc) por Bloco.

Para além desta análise é interessante verificar a influência que a orientação tem no desempenho energético. Assim, separaram-se os Blocos 12 e 14 dos restantes, sendo que os primeiros têm as fachadas principais orientadas a Nordeste e Sudoeste e os restantes a Noroeste e Sudeste. Nas Figuras 4.11, 4.12 e 4.13 são representados os valores obtidos para as necessidades de aquecimento, arrefecimento e necessidades de energia primária, respetivamente.

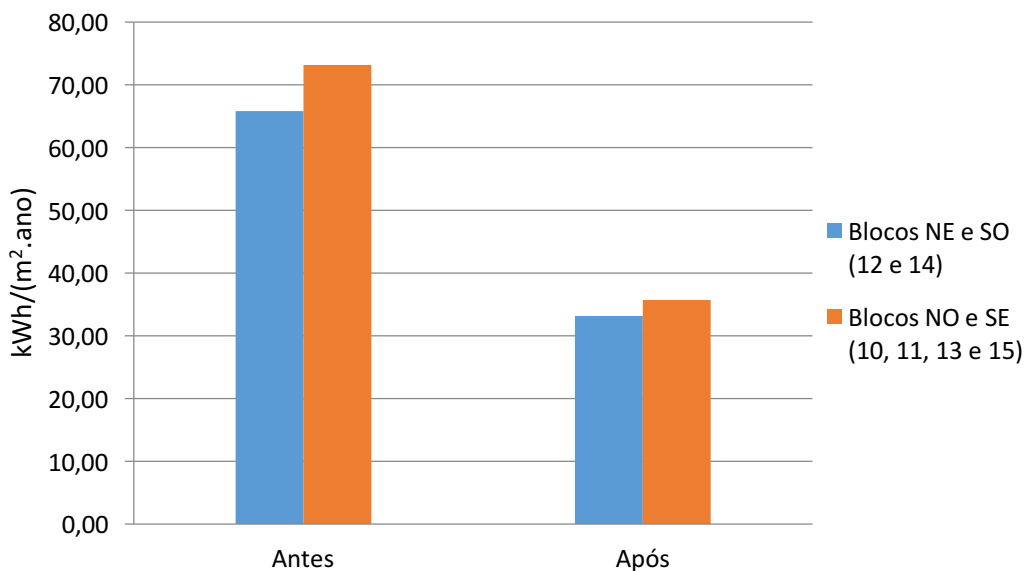


Figura 4.11 – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic) por orientação.

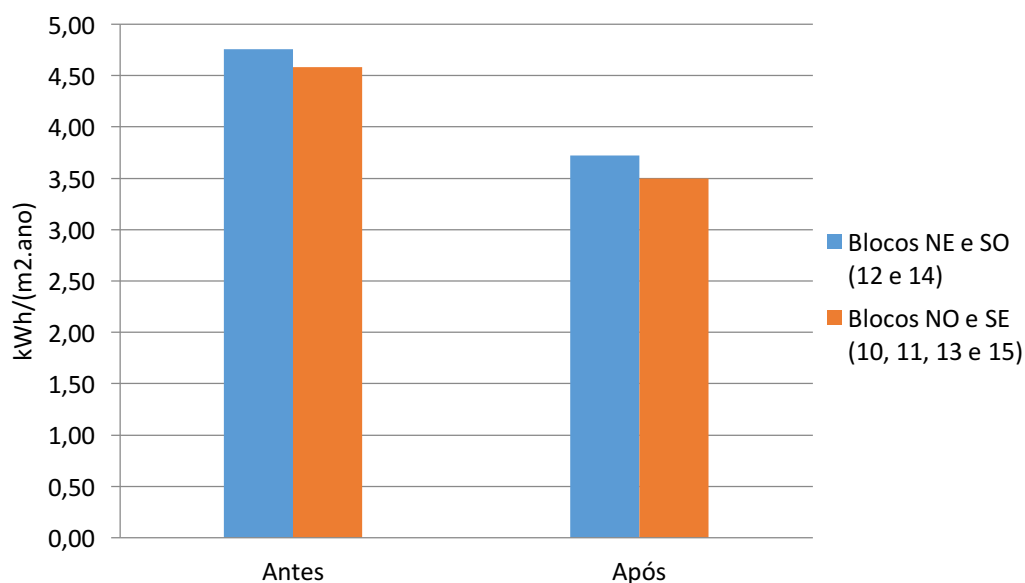


Figura 4.12 – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_{vc}) por orientação.

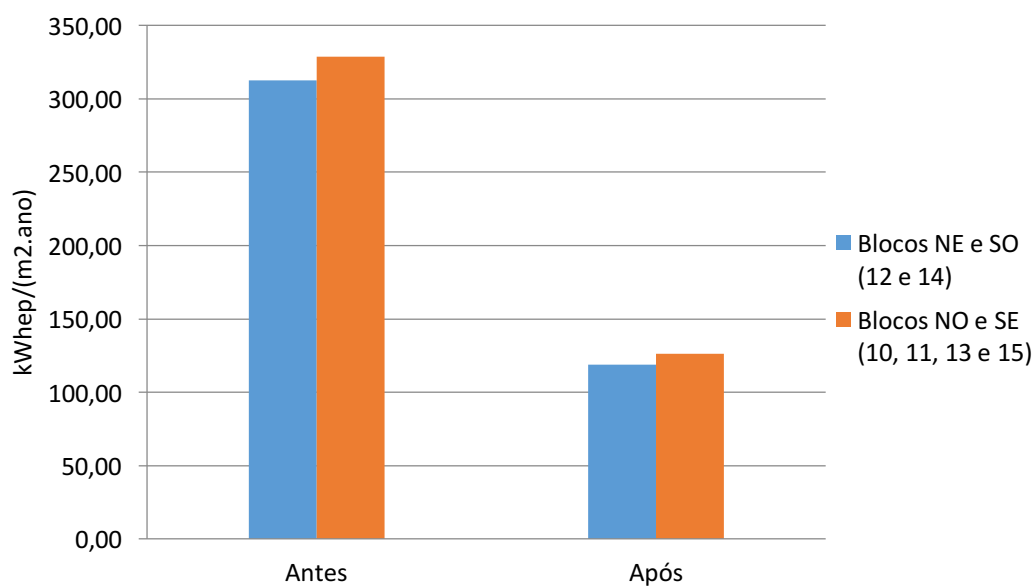


Figura 4.13 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária (N_{tc}) por orientação.

Analisando os valores obtidos, verifica-se que em termos médios são pouco significativas as diferenças entre as frações de orientações distintas. Estas, certamente que serão relativas a pequenas diferenças existentes (por exemplo o número de pisos), uma vez que, por exemplo, ao nível dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento são iguais para as orientações Nordeste e Noroeste ou Sudoeste e Sudeste. No caso das orientações serem Norte e Sul para o primeiro caso e Este e Oeste para o segundo, as diferenças seriam mais significativas devido à diferença dos ganhos solares.

4.2 ANÁLISE ECONÓMICA

Para além das necessidades de energia e da classe de cada fração, tem elevada relevância perceber o custo e benefício de cada uma das ações a levar a cabo, por forma a estimar o tempo de retorno. Dessa forma, foram considerados os custos unitários indicados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Custos unitários para a intervenção na envolvente.

	Descrição	euros/m ²	euros
Envolvente vertical	Aplicação de Etics com 4 cm de EPS	30	-
	Aplicação de Etics com 5 cm de EPS	33	-
	Aplicação de Etics com 8 cm de EPS	38	-
	Aplicação de 3 cm de XPS e acabamento em gesso cartonado	25	-
	Aplicação de 6 cm de XPS e acabamento em gesso cartonado	31	-
	Vãos envidraçados	260	-
Envolvente horizontal	Aplicação de 8 cm de XPS sobre a cobertura interior (desvão)	8	-
	Aplicação de 3 cm de XPS sobre o pavimento	35	-
Sistemas técnicos	Sistemas a instalar nas frações T2	-	2190
	Sistemas a instalar nas frações T3	-	3120
	Sistemas a instalar nas frações T4	-	3350

Com estes valores unitários, a intervenção em todos os blocos em estudo tem um custo aproximado de 1 330 000 euros e um benefício anual de 131 000 euros, o que permite o retorno do investimento em pouco mais de 10 anos. É importante salientar que o benefício económico indicado tem como princípio que todas as frações cumprem as condições de conforto regulamentares. Dividindo os valores apresentados de acordo com o tipo de intervenção, o investimento é de 899 000 euros para a envolvente e de 431 000 euros nos sistemas técnicos, conseguindo um benefício de 59 500 euros e 71 500 euros, respetivamente, o que se reflete num retorno de 15 e 6 anos. Apresenta-se na Figura 4.14 essa distribuição.

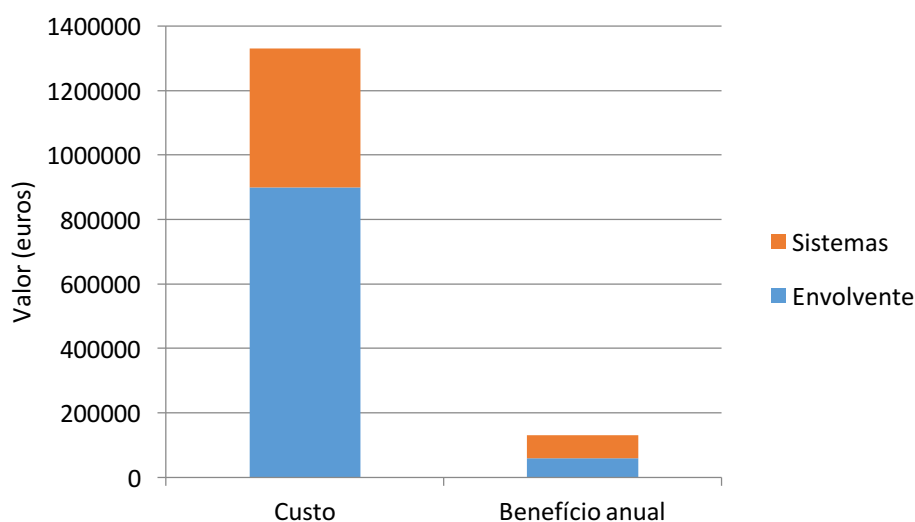


Figura 4.14 – Balanço económico global para cada tipo de intervenção.

Importa ainda perceber os valores médios por fração. Tal como apresentado na Figura 4.15, a intervenção custa cerca de 8 012 euros dos quais 5416 são para a intervenção na envolvente e 2 596 euros para os sistemas técnicos. O benefício anual é de 789 euros dos quais 358 resultam da intervenção da envolvente e os restantes 431 euros referem-se aos sistemas técnicos. Tendo em conta os valores apresentados confirma-se que o tempo de retorno do investimento é de aproximadamente 10 anos e 2 meses.

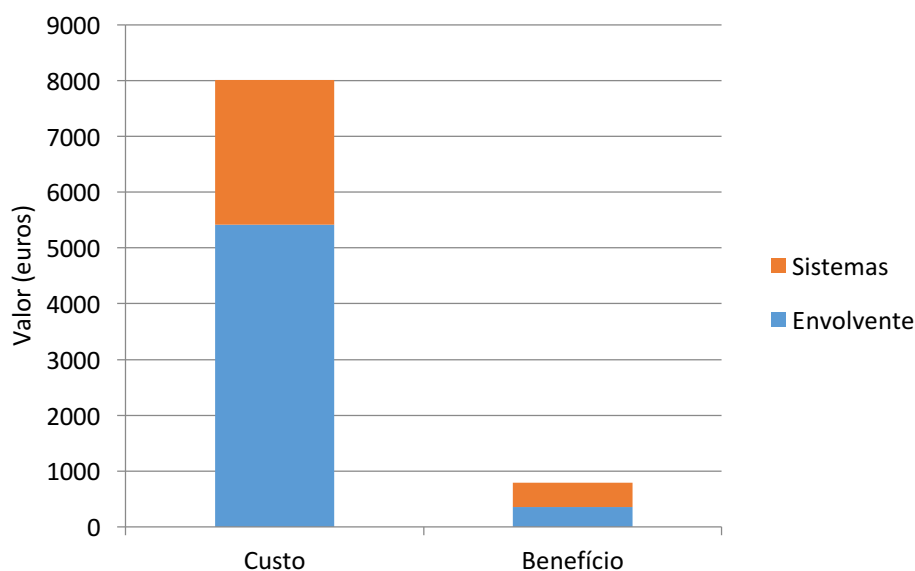


Figura 4.15 – Balanço económico por fração para cada tipo de intervenção.

Tendo em conta a quantidade de frações em estudo e as áreas já anteriormente indicadas, o empreendimento é composto por cerca de 9178 m², que considerando um valor de 700 euros/m²

resulta num valor patrimonial de 6 424 600 euros. Uma vez que o custo estimado da intervenção é de 1 330 000 euros, significa aproximadamente 21% do valor de todos os blocos considerados.

Sendo esta relação inferior a 25% (fronteira entre pequena e grande intervenção), e tal como representado na Figura 4.16, trata-se de uma pequena intervenção.

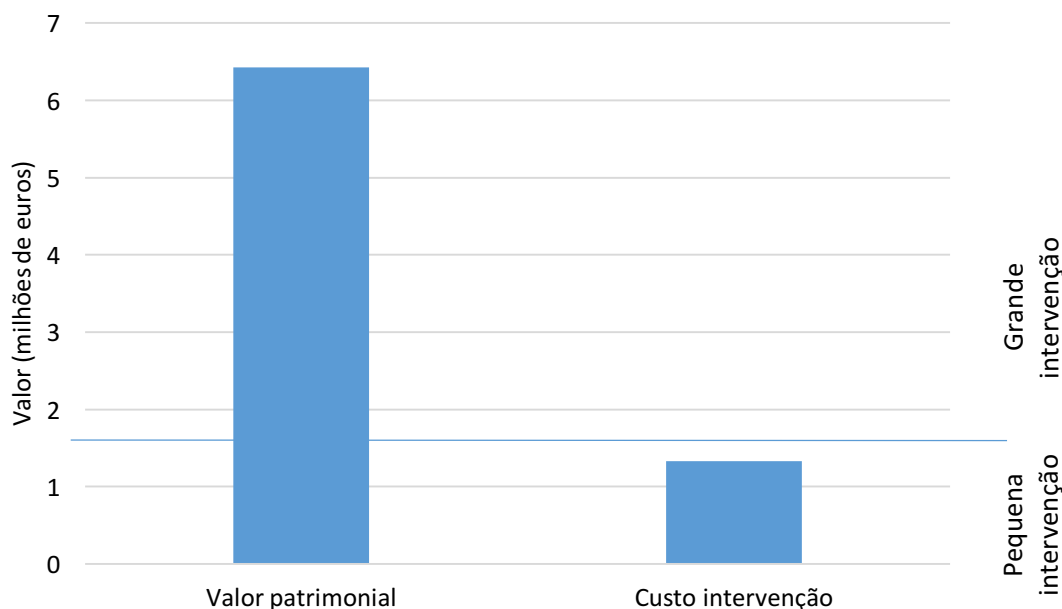


Figura 4.16 – Relação entre o valor patrimonial dos blocos em estudo e o custo da intervenção.

Tratando-se de uma pequena intervenção, a reabilitação está isenta do cumprimento da relação entre as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária de cálculo e de referência, valores estes definidos de acordo com o ano de construção do imóvel, tal como indicado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Relação entre as necessidades de energia da fração em estudo e da referência.

Ano de construção	Nic/Ni	Nvc/Nv	Ntc/Nt
Anterior a 1960	-	-	1,50
1960 - 1990	1,25	1,25	1,50
Posterior a 1990	1,15	1,15	1,50

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

Quando se equaciona a construção de uma habitação a principal preocupação por parte do dono de obra é cumprir com as exigências regulamentares, tendo o menor custo possível com a conceção e construção. Em relação ao estudo de Desempenho Energético torna-se ainda mais evidente que, na maioria dos Projetos o objetivo é apenas cumprir a formalidade de obedecer a imposições legais. Contudo, este paradigma deve ser alterado, uma vez que os custos na fase de exploração dos edifícios normalmente são muito superiores aos que estão associados às fases de conceção e construção. Assim, o investimento nas fases iniciais leva à otimização funcional dos edifícios, permitindo um maior conforto para os utilizadores, com um menor custo e menores efeitos negativos para o ambiente.

O presente trabalho possibilita a quantificação da mais-valia económica associada à intervenção de reabilitação na envolvente e nos sistemas técnicos. Verifica-se que o retorno do investimento acontece aproximadamente ao fim da primeira década de utilização dos imóveis. Por outro lado, esta diminuição dos custos dá-se devido à menor dependência de energia e à sua produção através de fontes renováveis o que permite um contributo importante para o cumprimento dos objetivos nacionais para o sector da energia para 2020, nomeadamente a diminuição em 20% das emissões de gases de efeito de estufa relativamente a 1990, 20% da energia ser produzida através de fontes renováveis e 20% de melhoria da eficiência energética.

Aproveitando os apoios económicos disponibilizados pelas entidades governamentais para a melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação Social, e as mais-valias evidenciadas, tem-se verificado um acréscimo deste tipo de intervenções por todo o País.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A temática da eficiência energética devido à sua abrangência e à constante atualização da legislação nacional aplicável, possibilita definir vários pontos de orientação para novos estudos que permitam abordar alguns aspetos deixados em aberto neste trabalho.

Ao nível da intervenção na envolvente de edifícios de habitação tem interesse o estudo da sustentabilidade para diferentes tipos de isolamentos. Só assim é possível diferenciar e posteriormente seleccionar cada um deles, tendo em conta o aspeto funcional (desempenho térmico), económico (custo) e ambiental (impactes ambientais).

Devido à necessidade de compatibilização de especialidades, seria interessante perceber e quantificar a influência que a intervenção introduz relativamente às restantes especialidades, como por exemplo a influência que a substituição dos vãos teve relativamente ao comportamento acústico.

No presente estudo, a estimativa do investimento foi desenvolvida apenas para a reabilitação. Assim, é importante que se estime a durabilidade e necessidades de manutenção de cada uma das soluções aplicadas, por forma a atribuir os custos de conservação. Só assim é possível estimar um tempo de retorno de forma rigorosa.

Apesar da aplicação de isolamento pelo exterior ter várias vantagens, uma das desvantagens é a sua resistência mecânica. Assim sendo, há casos de intervenções em que para garantir a durabilidade da solução é necessário recorrer a soluções com acabamento em placas de pedra ou materiais compostos. Tendo isso em conta, atualmente há falta de soluções que permitam cumprir com este requisito conseguindo em simultâneo garantir um custo final da solução competitivo.

Os valores apresentados no estudo, e uma vez que neste tipo de edifícios normalmente não existem sistemas de aquecimento e arrefecimento ambiente, refletem os benefícios teóricos para o caso destes serem instalados, mas é certo o benefício no conforto dos utilizadores. Como este não é quantificável, seria interessante perceber, por exemplo através de inquéritos, a opinião dos moradores de outros Bairros alvo deste tipo de intervenções relativamente às melhorias sentidas e qual o reflexo que a substituição dos sistemas de preparação de AQS têm relativamente à redução da fatura energética.

Seria importante acompanhar o comportamento das frações e dos seus utilizadores após a intervenção, nomeadamente através de visitas ao local e realizando inquéritos para perceber as alterações no conforto térmico, a variação da fatura energética, a adaptação aos novos equipamentos de preparação de AQS, e para garantir que as grelhas de ventilação não se encontram colmatadas. Assim, seria possível identificar as alterações proporcionadas, quais as soluções que resultaram, quais deveriam ser melhoradas para casos similares e quais a evitar.

Este tipo de intervenções conduzem a vários benefícios já identificados, mas exigem um contributo de todos os intervenientes, nomeadamente projetistas, construtores, utilizadores e os responsáveis pela manutenção. Só assim se consegue evitar a ocorrência de alguns problemas que normalmente existem neste tipo de frações, como por exemplo condensações provocadas pela fraca ventilação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) DECRETO-LEI n° 194/2015. D. R. Série I. 179 (2015-09-14) 7899-7922.

(2) DECRETO-LEI n° 251/2015. D. R. Série I. 231 (2015-11-25) 9591-9611.

(3) DECRETO-LEI n° 28/2016. D. R. Série I. 28 (2015-02-10) 794-796.

(4) DECRETO-LEI n° 78/2006. D. R. Série I-A. 67 (2006-04-04) 2411-2415.

(5) DECRETO-LEI n° 79/2006. D. R. Série I-A. 67 (2006-04-04) 2416-2468.

(6) DECRETO-LEI n° 80/2006. D. R. Série I-B. 16 (2006-01-23) 2468-2513.

(7) DECRETO-LEI n° 118/2013. D. R. Série I. 131 (2013-08-20) 4988-5005.

(8) DECRETO-LEI n° 68-A/2015. D. R. Série I. 84 (2015-04-30) 2206(2)-2206(52).

(9) DESPACHO n° 15793-K/2013. D. R. Série I. 234 (2013-12-03) 35088 (58)-35088 (87).

(10) DESPACHO n° 3156/2016. D. R. Série II. 42 (2016-03-01) 7221-7222.

(11) Direção Geral de Energia e Geologia - Balanço Energético 2015. [Consult. 12 Abril.2017]. Disponível na <http://www.dgeg.pt/>.

(12) MATEUS, Ricardo - Avaliação da Sustentabilidade da Construção, Propostas para o desenvolvimento de Edifícios mais Sustentáveis. Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Tese de Doutoramento Engenharia Civil/Processos de Construção.

(13) Parlamento Europeu - Diretiva 2002/91/CE. [Consult. 05 Outubro.2016]. Disponível na <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0091&from=PT>.

(14) Parlamento Europeu - Diretiva 2010/31/EU. [Consult. 05 Outubro.2016]. Disponível na <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=PT>.

(15) PORTARIA n° 319/2016. D. R. Série I. 239 (2016-12-15) 4723-4725.

(16) PORTARIA n° 349-B/2013. D. R. Série I. 232 (2013-11-29) 6624 (18)-6624 (29).

(17) PORTARIA n° 379-A/2015. D. R. Série I. 192 (2015-10-01) 4723-4725.

(18) SANTOS, Carlos; MATIAS, Luís – Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios. Lisboa : Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006. ISBN 972-49-2065-8.

(19) Sistemas solares térmicos. [Consult. 17 Julho.2016]. Disponível na <http://www.painelsolartermico.com/sistemas-solares-termicos/>.

ANEXO I – VALORES DE RENOVAÇÕES DE AR ATUAIS

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Rph estimada (h ⁻¹)	Rph mínimo (h ⁻¹)	Rph,i (h ⁻¹)	Rph,v (h ⁻¹)
10	50	RC	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
10	64	RC	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
10	80	RC	Dir	T4	0,77	-	0,77	0,77
			Esq	T4	0,77	-	0,77	0,77
		1º	Dir	T4	0,77	-	0,77	0,77
			Esq	T4	0,77	-	0,77	0,77
		2º	Dir	T4	0,77	-	0,77	0,77
			Esq	T4	0,77	-	0,77	0,77
		3º	Dir	T4	0,77	-	0,77	0,77
			Esq	T4	0,77	-	0,77	0,77

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Rph estimada (h ⁻¹)	Rph mínimo (h ⁻¹)	Rph,i (h ⁻¹)	Rph,v (h ⁻¹)
11	106	RC	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
11	120	RC	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
11	136	RC	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
11	140	RC	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Rph estimada (h ⁻¹)	Rph mínimo (h ⁻¹)	Rph,i (h ⁻¹)	Rph,v (h ⁻¹)
12	150	RC	Dir	T4	0,77	-	0,77	0,77
			Esq	T4	0,77	-	0,77	0,77
		1º	Dir	T4	0,77	-	0,77	0,77
			Esq	T4	0,77	-	0,77	0,77
		2º	Dir	T4	0,77	-	0,77	0,77
			Esq	T4	0,77	-	0,77	0,77
		3º	Dir	T4	0,77	-	0,77	0,77
			Esq	T4	0,77	-	0,77	0,77
12	170	RC	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
12	184	RC	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Rph estimada (h ⁻¹)	Rph mínimo (h ⁻¹)	Rph,i (h ⁻¹)	Rph,v (h ⁻¹)
13	188	RC	Dir	T3	0,78	-	0,78	0,78
			Esq	T3	0,78	-	0,78	0,78
		1º	Dir	T3	0,78	-	0,78	0,78
			Esq	T3	0,78	-	0,78	0,78
		2º	Dir	T3	0,78	-	0,78	0,78
			Esq	T3	0,78	-	0,78	0,78
		3º	Dir	T3	0,78	-	0,78	0,78
			Esq	T3	0,78	-	0,78	0,78
13	206	RC	Dir	T3	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T3	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T3	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T3	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T3	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T3	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T3	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T3	0,81	-	0,81	0,81
13	224	RC	Dir	T3	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T3	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T3	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T3	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T3	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T3	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T3	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T3	0,81	-	0,81	0,81
13	240	RC	Dir	T3	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T3	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T3	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T3	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T3	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T3	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T3	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T3	0,81	-	0,81	0,81

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Rph estimada (h ⁻¹)	Rph mínimo (h ⁻¹)	Rph,i (h ⁻¹)	Rph,v (h ⁻¹)		
14	250	RC	Dir	T3	0,78	-	0,78	0,78		
			Esq	T3	0,78	-	0,78	0,78		
		1º	Dir	T3	0,78	-	0,78	0,78		
			Esq	T3	0,78	-	0,78	0,78		
		2º	Dir	T3	0,78	-	0,78	0,78		
			Esq	T3	0,78	-	0,78	0,78		
		3º	Dir	T3	0,78	-	0,78	0,78		
			Esq	T3	0,78	-	0,78	0,78		
		3º	Dir	T3	0,78	-	0,78	0,78		
			Esq	T3	0,78	-	0,78	0,78		
		14	260	RC	Dir	T3	0,78	-	0,78	0,78
					Esq	T3	0,78	-	0,78	0,78
1º	Dir			T3	0,78	-	0,78	0,78		
	Esq			T3	0,78	-	0,78	0,78		
2º	Dir			T3	0,78	-	0,78	0,78		
	Esq			T3	0,78	-	0,78	0,78		
3º	Dir			T3	0,78	-	0,78	0,78		
	Esq			T3	0,78	-	0,78	0,78		
4º	Dir			T3	0,78	-	0,78	0,78		
	Esq			T3	0,78	-	0,78	0,78		
14	270			RC	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
					Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81		
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81		
		2º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81		
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81		
		3º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81		
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81		
		4º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81		
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81		

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Rph estimada (h ⁻¹)	Rph mínimo (h ⁻¹)	Rph,i (h ⁻¹)	Rph,v (h ⁻¹)
15	215	RC	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
15	231	RC	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
15	245	RC	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		1º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		2º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81
		3º	Dir	T2	0,81	-	0,81	0,81
			Esq	T2	0,81	-	0,81	0,81

ANEXO II – VALORES DE RENOVAÇÕES DE AR APÓS A INTERVENÇÃO

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Rph estimada (h ⁻¹)	Rph mínimo (h ⁻¹)	Rph,i (h ⁻¹)	Rph,v (h ⁻¹)
10	50	RC	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		1º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		2º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		3º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
10	64	RC	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		1º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		2º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		3º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
10	80	RC	Dir	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
		1º	Dir	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
		2º	Dir	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
		3º	Dir	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T4	0,41	0,40	0,82	0,82

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Rph estimada (h ⁻¹)	Rph mínimo (h ⁻¹)	Rph,i (h ⁻¹)	Rph,v (h ⁻¹)
11	106	RC	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		1º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		2º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		3º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
11	120	RC	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		1º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		2º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		3º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
11	136	RC	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		1º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		2º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		3º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
11	140	RC	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		1º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		2º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		3º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Rph estimada (h ⁻¹)	Rph mínimo (h ⁻¹)	Rph,i (h ⁻¹)	Rph,v (h ⁻¹)
12	150	RC	Dir	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
		1º	Dir	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
		2º	Dir	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
		3º	Dir	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T4	0,41	0,40	0,82	0,82
12	170	RC	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		1º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		2º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		3º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
12	184	RC	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		1º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		2º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		3º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Rph estimada (h ⁻¹)	Rph mínimo (h ⁻¹)	Rph,i (h ⁻¹)	Rph,v (h ⁻¹)
13	188	RC	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		1º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		2º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		3º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
13	206	RC	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		1º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		2º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		3º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
13	224	RC	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		1º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		2º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		3º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
13	240	RC	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		1º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		2º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		3º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Rph estimada (h ⁻¹)	Rph mínimo (h ⁻¹)	Rph,i (h ⁻¹)	Rph,v (h ⁻¹)
14	250	RC	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		1º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		2º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		3º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		3º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
14	260	RC	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		1º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		2º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		3º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
		4º	Dir	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
			Esq	T3	0,41	0,40	0,82	0,82
14	270	RC	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		1º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		2º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		3º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		4º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Rph estimada (h ⁻¹)	Rph mínimo (h ⁻¹)	Rph,i (h ⁻¹)	Rph,v (h ⁻¹)
15	215	RC	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		1º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		2º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		3º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
15	231	RC	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		1º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		2º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		3º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
15	245	RC	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		1º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		2º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
		3º	Dir	T2	0,43	0,40	0,87	0,87
			Esq	T2	0,43	0,40	0,87	0,87

ANEXO III – BALANÇO ENERGÉTICO ATUAL

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência		
10	50	RC	Dir	T2	81,01	42,87	1,25	9,13	1783	342,55	210,29	1,63	D
			Esq	T2	90,08	46,23	1,02	9,13	1783	365,21	218,7	1,67	D
		1º	Dir	T2	49,27	30,53	3,13	9,13	1783	263,19	179,43	1,47	C
			Esq	T2	58,11	33,89	2,36	9,13	1783	285,28	187,84	1,52	D
		2º	Dir	T2	49,27	30,53	3,13	9,13	1783	263,19	179,43	1,47	C
			Esq	T2	58,11	33,89	2,36	9,13	1783	285,28	187,84	1,52	D
		3º	Dir	T2	107,81	41,11	14,22	9,13	1783	421,38	205,88	2,05	E
			Esq	T2	116,93	44,47	12,26	9,13	1783	442,54	214,29	2,07	E
10	64	RC	Dir	T2	88,83	46,14	1,19	9,13	1783	362,1	218,45	1,66	D
			Esq	T2	77,64	41,04	1,22	9,13	1783	334,12	205,71	1,62	D
		1º	Dir	T2	56,89	33,79	2,78	9,13	1783	282,24	187,6	1,5	C
			Esq	T2	46,01	28,7	3,16	9,13	1783	255,05	174,86	1,46	C
		2º	Dir	T2	56,89	33,79	2,78	9,13	1783	282,24	187,6	1,5	C
			Esq	T2	46,01	28,7	3,16	9,13	1783	255,05	174,86	1,46	C
		3º	Dir	T2	133,3	44,37	12,79	9,13	1783	483,92	214,05	2,26	E
			Esq	T2	104,41	39,28	9,95	9,13	1783	409,34	201,31	2,03	E

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência		
10	80	RC	Dir	T4	81,6	41,9	3,38	9,13	2972	362,59	220,53	1,64	D
			Esq	T4	85,69	39,41	3,35	9,13	2972	372,83	214,32	1,74	D
		1º	Dir	T4	50,88	29,55	5,64	9,13	2972	290,49	189,67	1,53	D
			Esq	T4	54,79	27,07	5,54	9,13	2972	300,19	183,46	1,64	D
		2º	Dir	T4	50,88	29,55	5,64	9,13	2972	290,49	189,67	1,53	D
			Esq	T4	54,79	27,07	5,54	9,13	2972	300,19	183,46	1,64	D
		3º	Dir	T4	107,88	40,13	14,74	9,13	2972	440,58	216,12	2,04	E
			Esq	T4	112,04	37,65	14,59	9,13	2972	450,84	209,91	2,15	E
11	106	RC	Dir	T2	81,01	42,87	1,25	9,13	1783	342,55	210,29	1,63	D
			Esq	T2	90,08	46,23	1,02	9,13	1783	365,21	218,7	1,67	D
		1º	Dir	T2	49,27	30,53	3,13	9,13	1783	263,19	179,43	1,47	C
			Esq	T2	58,11	33,89	2,36	9,13	1783	285,28	187,84	1,52	D
		2º	Dir	T2	49,27	30,53	3,13	9,13	1783	263,19	179,43	1,47	C
			Esq	T2	58,11	33,89	2,36	9,13	1783	285,28	187,84	1,52	D
		3º	Dir	T2	107,81	41,11	14,22	9,13	1783	421,38	205,88	2,05	E
			Esq	T2	116,93	44,47	12,26	9,13	1783	442,54	214,29	2,07	E
11	120	RC	Dir	T2	81,01	42,87	1,25	9,13	1783	342,55	210,29	1,63	D
			Esq	T2	77,64	41,04	1,22	9,13	1783	334,12	205,71	1,62	D
		1º	Dir	T2	49,27	30,53	3,13	9,13	1783	263,19	179,43	1,47	C
			Esq	T2	46,01	28,7	3,16	9,13	1783	255,05	174,86	1,46	C
		2º	Dir	T2	49,27	30,53	3,13	9,13	1783	263,19	179,43	1,47	C
			Esq	T2	46,01	28,7	3,16	9,13	1783	255,05	174,86	1,46	C
		3º	Dir	T2	107,81	41,11	14,22	9,13	1783	421,38	205,88	2,05	E
			Esq	T2	104,41	39,28	9,95	9,13	1783	409,34	201,31	2,03	E

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência		
11	136	RC	Dir	T2	81,01	42,87	1,25	9,13	1783	342,55	210,29	1,63	D
			Esq	T2	81,01	42,87	1,25	9,13	1783	342,55	210,29	1,63	D
		1º	Dir	T2	49,27	30,53	3,13	9,13	1783	263,19	179,43	1,47	C
			Esq	T2	49,27	30,53	3,13	9,13	1783	263,19	179,43	1,47	C
		2º	Dir	T2	49,27	30,53	3,13	9,13	1783	263,19	179,43	1,47	C
			Esq	T2	49,27	30,53	3,13	9,13	1783	263,19	179,43	1,47	C
		3º	Dir	T2	107,81	41,11	14,22	9,13	1783	421,38	205,88	2,05	E
			Esq	T2	107,81	41,11	14,22	9,13	1783	421,38	205,88	2,05	E
11	140	RC	Dir	T2	90,08	46,23	1,02	9,13	1783	365,21	218,7	1,67	D
			Esq	T2	77,64	41,04	1,22	9,13	1783	334,12	205,71	1,62	D
		1º	Dir	T2	58,11	33,89	2,36	9,13	1783	285,28	187,84	1,52	D
			Esq	T2	46,01	28,7	3,16	9,13	1783	255,05	174,86	1,46	C
		2º	Dir	T2	58,11	33,89	2,36	9,13	1783	285,28	187,84	1,52	D
			Esq	T2	46,01	28,7	3,16	9,13	1783	255,05	174,86	1,46	C
		3º	Dir	T2	116,93	44,47	12,26	9,13	1783	442,54	214,29	2,07	E
			Esq	T2	104,41	39,28	9,95	9,13	1783	409,34	201,31	2,03	E
12	150	RC	Dir	T4	82,49	39,41	3,53	9,13	2972	364,81	214,32	1,7	D
			Esq	T4	78,43	41,9	3,07	9,13	2972	354,67	220,53	1,61	D
		1º	Dir	T4	51,98	27,07	5,81	9,13	2972	293,37	183,46	1,6	D
			Esq	T4	48,14	29,55	5,17	9,13	2972	283,25	189,67	1,46	C
		2º	Dir	T4	51,98	27,07	5,81	9,13	2972	293,37	183,46	1,6	D
			Esq	T4	48,14	29,55	5,17	9,13	2972	283,25	189,67	1,46	C
		3º	Dir	T4	108,65	37,65	14,92	9,13	2972	442,65	209,91	2,11	E
			Esq	T4	91,68	41,9	20,88	9,13	2972	405,19	220,53	1,84	D

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência		
12	170	RC	Dir	T2	75,76	42,87	1,13	9,13	1783	329,42	210,29	1,57	D
			Esq	T2	77,99	43,35	1,06	9,13	1783	334,97	211,5	1,58	D
		1º	Dir	T2	44,48	30,53	2,87	9,13	1783	251,21	179,43	1,40	C
			Esq	T2	46,6	31,01	2,61	9,13	1783	256,52	180,64	1,42	C
		2º	Dir	T2	44,48	30,53	2,87	9,13	1783	251,21	179,43	1,40	C
			Esq	T2	46,6	31,01	2,61	9,13	1783	256,52	180,64	1,42	C
		3º	Dir	T2	89,33	42,87	11,61	9,13	1783	373,01	210,29	1,77	D
			Esq	T2	104,66	41,95	8,99	9,13	1783	401,67	207,09	1,94	D
12	184	RC	Dir	T2	84,76	46,23	1,04	9,13	1783	351,92	218,7	1,61	D
			Esq	T2	75,76	42,87	1,13	9,13	1783	329,42	210,29	1,57	D
		1º	Dir	T2	53,13	33,89	2,4	9,13	1783	272,84	187,84	1,45	C
			Esq	T2	44,48	30,53	2,87	9,13	1783	251,21	179,43	1,40	C
		2º	Dir	T2	53,13	33,89	2,4	9,13	1783	272,84	187,84	1,45	C
			Esq	T2	44,48	30,53	2,87	9,13	1783	251,21	179,43	1,40	C
		3º	Dir	T2	98,39	46,23	10,26	9,13	1783	394,53	218,7	1,8	D
			Esq	T2	89,33	42,87	11,61	9,13	1783	373,01	210,29	1,77	D
13	188	RC	Dir	T3	76,7	38,77	1,13	9,13	2377	340,06	205,71	1,65	D
			Esq	T3	77,3	41,94	1,13	9,13	2377	341,55	213,63	1,60	D
		1º	Dir	T3	45,27	26,43	2,82	9,13	2377	261,49	174,85	1,50	C
			Esq	T3	45,84	29,6	2,74	9,13	2377	262,92	182,78	1,44	C
		2º	Dir	T3	45,27	26,43	2,82	9,13	2377	261,49	174,85	1,50	C
			Esq	T3	45,84	29,6	2,74	9,13	2377	262,92	182,78	1,44	C
		3º	Dir	T3	103,4	37,01	9,36	9,13	2377	406,82	201,03	2,02	E
			Esq	T3	104	40,18	0,59	9,13	2377	408,32	209,22	1,95	D

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência		
13	206	RC	Dir	T3	76,7	38,77	1,13	9,13	2377	340,06	205,71	1,65	D
			Esq	T3	76,7	38,77	1,13	9,13	2377	340,06	205,71	1,65	D
		1º	Dir	T3	45,27	26,43	2,82	9,13	2377	261,49	174,85	1,50	C
			Esq	T3	45,27	26,43	2,82	9,13	2377	261,49	174,85	1,50	C
		2º	Dir	T3	45,27	26,43	2,82	9,13	2377	261,49	174,85	1,50	C
			Esq	T3	45,27	26,43	2,82	9,13	2377	261,49	174,85	1,50	C
		3º	Dir	T3	103,4	37,01	9,36	9,13	2377	406,82	201,03	2,02	E
			Esq	T3	103,4	37,01	9,36	9,13	2377	406,82	201,03	2,02	E
13	224	RC	Dir	T3	76,7	38,77	1,13	9,13	2377	340,06	205,71	1,65	D
			Esq	T3	76,7	38,77	1,13	9,13	2377	340,06	205,71	1,65	D
		1º	Dir	T3	45,27	26,43	2,82	9,13	2377	261,49	174,85	1,50	C
			Esq	T3	45,27	26,43	2,82	9,13	2377	261,49	174,85	1,50	C
		2º	Dir	T3	45,27	26,43	2,82	9,13	2377	261,49	174,85	1,50	C
			Esq	T3	45,27	26,43	2,82	9,13	2377	261,49	174,85	1,50	C
		3º	Dir	T3	103,4	37,01	9,36	9,13	2377	406,82	201,03	2,02	E
			Esq	T3	103,4	37,01	9,36	9,13	2377	406,82	201,03	2,02	E
13	240	RC	Dir	T3	77,3	41,94	1,13	9,13	2377	341,55	213,63	1,60	D
			Esq	T3	76,7	38,77	1,13	9,13	2377	340,06	205,71	1,65	D
		1º	Dir	T3	45,84	29,6	2,74	9,13	2377	262,92	182,78	1,44	C
			Esq	T3	45,27	26,43	2,82	9,13	2377	261,49	174,85	1,50	C
		2º	Dir	T3	45,84	29,6	2,74	9,13	2377	262,92	182,78	1,44	C
			Esq	T3	45,27	26,43	2,82	9,13	2377	261,49	174,85	1,50	C
		3º	Dir	T3	104	40,18	0,59	9,13	2377	408,32	209,22	1,95	D
			Esq	T3	103,4	37,01	9,36	9,13	2377	406,82	201,03	2,02	E

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência		
14	250	RC	Dir	T3	75,1	39,83	1,31	9,13	2377	336,06	208,36	1,61	D
			Esq	T3	84,79	43,84	1,24	9,13	2377	360,29	218,37	1,65	D
		1º	Dir	T3	43,52	27,49	3,39	9,13	2377	257,12	177,50	1,45	C
			Esq	T3	52,91	31,50	2,92	9,13	2377	280,59	187,52	1,50	C
		2º	Dir	T3	43,52	27,49	3,39	9,13	2377	257,12	177,50	1,45	C
			Esq	T3	52,91	31,50	2,92	9,13	2377	280,59	187,52	1,50	C
		3º	Dir	T3	43,52	27,49	3,39	9,13	2377	257,12	177,50	1,45	C
			Esq	T3	52,91	31,50	2,92	9,13	2377	280,59	187,52	1,50	C
		4º	Dir	T3	101,86	38,07	10,31	9,13	2377	411,55	203,95	2,02	E
			Esq	T3	111,62	42,08	9,36	9,13	2377	427,37	213,96	2,00	D
14	260	RC	Dir	T3	75,1	39,83	1,31	9,13	2377	336,06	208,36	1,61	D
			Esq	T3	75,1	39,83	1,31	9,13	2377	336,06	208,36	1,61	D
		1º	Dir	T3	43,52	27,49	3,39	9,13	2377	257,12	177,50	1,45	C
			Esq	T3	43,52	27,49	3,39	9,13	2377	257,12	177,50	1,45	C
		2º	Dir	T3	43,52	27,49	3,39	9,13	2377	257,12	177,50	1,45	C
			Esq	T3	43,52	27,49	3,39	9,13	2377	257,12	177,50	1,45	C
		3º	Dir	T3	43,52	27,49	3,39	9,13	2377	257,12	177,50	1,45	C
			Esq	T3	43,52	27,49	3,39	9,13	2377	257,12	177,50	1,45	C
		4º	Dir	T3	101,86	38,07	10,31	9,13	2377	411,55	203,95	2,02	E
			Esq	T3	101,86	38,07	10,31	9,13	2377	411,55	203,95	2,02	E
14	270	RC	Dir	T2	84,76	46,23	1,04	9,13	1783	351,92	218,7	1,61	D
			Esq	T2	75,76	42,87	1,13	9,13	1783	329,42	210,29	1,57	D
		1º	Dir	T2	53,13	33,89	2,4	9,13	1783	272,84	187,84	1,45	C
			Esq	T2	44,48	30,53	2,87	9,13	1783	251,21	179,43	1,40	C
		2º	Dir	T2	53,13	33,89	2,4	9,13	1783	272,84	187,84	1,45	C
			Esq	T2	44,48	30,53	2,87	9,13	1783	251,21	179,43	1,40	C
		3º	Dir	T2	53,13	33,89	2,4	9,13	1783	272,84	187,84	1,45	C
			Esq	T2	44,48	30,53	2,87	9,13	1783	251,21	179,43	1,40	C
		4º	Dir	T2	98,39	46,23	10,26	9,13	1783	394,53	218,7	1,8	D
			Esq	T2	89,33	42,87	11,61	9,13	1783	373,01	210,29	1,77	D

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência		
15	215	RC	Dir	T2	90,08	46,23	1,02	9,13	1783	365,21	218,7	1,67	D
			Esq	T2	77,64	41,04	1,22	9,13	1783	334,12	205,71	1,62	D
		1º	Dir	T2	58,11	33,89	2,36	9,13	1783	285,28	187,84	1,52	D
			Esq	T2	46,01	28,7	3,16	9,13	1783	255,05	174,86	1,46	C
		2º	Dir	T2	58,11	33,89	2,36	9,13	1783	285,28	187,84	1,52	D
			Esq	T2	46,01	28,7	3,16	9,13	1783	255,05	174,86	1,46	C
		3º	Dir	T2	116,93	44,47	12,26	9,13	1783	442,54	214,29	2,07	E
			Esq	T2	104,41	39,28	9,95	9,13	1783	409,34	201,31	2,03	E
15	231	RC	Dir	T2	77,64	41,04	1,22	9,13	1783	334,12	205,71	1,62	D
			Esq	T2	88,83	46,14	1,19	9,13	1783	362,1	218,45	1,66	D
		1º	Dir	T2	46,01	28,7	3,16	9,13	1783	255,05	174,86	1,46	C
			Esq	T2	56,89	33,79	2,78	9,13	1783	282,24	187,6	1,5	C
		2º	Dir	T2	46,01	28,7	3,16	9,13	1783	255,05	174,86	1,46	C
			Esq	T2	56,89	33,79	2,78	9,13	1783	282,24	187,6	1,5	C
		3º	Dir	T2	104,41	39,28	9,95	9,13	1783	409,34	201,31	2,03	E
			Esq	T2	133,3	44,37	12,79	9,13	1783	483,92	214,05	2,26	E
15	245	RC	Dir	T2	88,83	46,14	1,19	9,13	1783	362,1	218,45	1,66	D
			Esq	T2	90,08	46,23	1,02	9,13	1783	365,21	218,7	1,67	D
		1º	Dir	T2	56,89	33,79	2,78	9,13	1783	282,24	187,6	1,50	C
			Esq	T2	58,11	33,89	2,36	9,13	1783	285,28	187,84	1,52	D
		2º	Dir	T2	56,89	33,79	2,78	9,13	1783	282,24	187,6	1,50	C
			Esq	T2	58,11	33,89	2,36	9,13	1783	285,28	187,84	1,52	D
		3º	Dir	T2	133,30	44,37	12,79	9,13	1783	483,92	214,05	2,26	E
			Esq	T2	116,93	44,47	12,26	9,13	1783	442,54	214,29	2,07	E

ANEXO IV – BALANÇO ENERGÉTICO APÓS A INTERVENÇÃO

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe		
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência				
10	50	RC	Dir	T2	40,05	39,37	2,75	9,13	1783	139,14	201,54	0,69	B		
			Esq	T2	43,32	42,74	2,07	9,13	1783	147,00	209,96	0,70	B		
		1º	Dir	T2	32,82	32,32	3,61	9,13	1783	121,06	183,91	0,66	B		
			Esq	T2	36,00	35,69	2,69	9,13	1783	129,02	192,32	0,67	B		
		2º	Dir	T2	32,82	32,32	3,61	9,13	1783	121,06	183,91	0,66	B		
			Esq	T2	36,00	35,69	2,69	9,13	1783	129,02	192,32	0,67	B		
		3º	Dir	T2	43,29	44,07	5,29	9,13	1783	151,63	213,30	0,71	B		
			Esq	T2	46,58	47,44	4,15	9,13	1783	155,45	221,71	0,70	B		
		10	64	RC	Dir	T2	43,21	42,70	2,36	9,13	1783	147,03	209,86	0,7	B
					Esq	T2	38,65	37,66	2,73	9,13	1783	136,00	197,27	0,69	B
1º	Dir			T2	35,77	35,65	3,06	9,13	1783	128,43	192,23	0,67	B		
	Esq			T2	31,46	30,61	3,61	9,13	1783	117,66	179,64	0,66	B		
2º	Dir			T2	35,77	35,65	3,06	9,13	1783	128,43	192,23	0,67	B		
	Esq			T2	31,46	30,61	3,61	9,13	1783	117,66	179,64	0,66	B		
3º	Dir			T2	46,33	47,40	4,60	9,13	1783	154,84	221,61	0,70	B		
	Esq			T2	41,87	42,37	4,63	9,13	1783	146,50	209,02	0,70	B		

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência		
10	80	RC	Dir	T4	40,23	37,83	4,58	9,13	2972	135,76	210,35	0,65	B
			Esq	T4	37,90	35,38	4,71	9,13	2972	130,00	204,24	0,64	B
		1º	Dir	T4	33,38	30,77	5,37	9,13	2972	119,31	192,72	0,62	B
			Esq	T4	31,13	28,33	5,56	9,13	2972	113,84	186,61	0,61	B
		2º	Dir	T4	33,38	30,77	5,37	9,13	2972	119,31	192,72	0,62	B
			Esq	T4	31,13	28,33	5,56	9,13	2972	113,84	186,61	0,61	B
		3º	Dir	T4	43,30	42,53	6,77	9,13	2972	145,28	222,10	0,65	B
			Esq	T4	40,94	40,08	6,99	9,13	2972	139,55	216,00	0,65	B
11	106	RC	Dir	T2	40,05	39,37	2,75	9,13	1783	139,14	201,54	0,69	B
			Esq	T2	43,32	42,74	2,07	9,13	1783	147,00	209,96	0,70	B
		1º	Dir	T2	32,82	32,32	3,61	9,13	1783	121,06	183,91	0,66	B
			Esq	T2	36,00	35,69	2,69	9,13	1783	129,02	192,32	0,67	B
		2º	Dir	T2	32,82	32,32	3,61	9,13	1783	121,06	183,91	0,66	B
			Esq	T2	36,00	35,69	2,69	9,13	1783	129,02	192,32	0,67	B
		3º	Dir	T2	43,29	44,07	5,29	9,13	1783	151,63	213,30	0,71	B
			Esq	T2	46,58	47,44	4,15	9,13	1783	155,45	221,71	0,70	B
11	120	RC	Dir	T2	40,05	39,37	2,75	9,13	1783	139,14	201,54	0,69	B
			Esq	T2	38,65	37,66	2,73	9,13	1783	136,00	197,27	0,69	B
		1º	Dir	T2	32,82	32,32	3,61	9,13	1783	121,06	183,91	0,66	B
			Esq	T2	31,46	30,61	3,61	9,13	1783	117,66	179,64	0,66	B
		2º	Dir	T2	32,82	32,32	3,61	9,13	1783	121,06	183,91	0,66	B
			Esq	T2	31,46	30,61	3,61	9,13	1783	117,66	179,64	0,66	B
		3º	Dir	T2	43,29	44,07	5,29	9,13	1783	151,63	213,30	0,71	B
			Esq	T2	41,87	42,37	4,63	9,13	1783	146,50	209,02	0,70	B

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência		
11	136	RC	Dir	T2	40,05	39,37	2,75	9,13	1783	139,14	201,54	0,69	B
			Esq	T2	40,05	39,37	2,75	9,13	1783	139,14	201,54	0,69	B
		1º	Dir	T2	32,82	32,32	3,61	9,13	1783	121,06	183,91	0,66	B
			Esq	T2	32,82	32,32	3,61	9,13	1783	121,06	183,91	0,66	B
		2º	Dir	T2	32,82	32,32	3,61	9,13	1783	121,06	183,91	0,66	B
			Esq	T2	32,82	32,32	3,61	9,13	1783	121,06	183,91	0,66	B
		3º	Dir	T2	43,29	44,07	5,29	9,13	1783	151,63	213,30	0,71	B
			Esq	T2	43,29	44,07	5,29	9,13	1783	151,63	213,30	0,71	B
11	140	RC	Dir	T2	40,05	39,37	2,75	9,13	1783	139,14	201,54	0,69	B
			Esq	T2	38,65	37,66	2,73	9,13	1783	136,00	197,27	0,69	B
		1º	Dir	T2	32,82	32,32	3,61	9,13	1783	121,06	183,91	0,66	B
			Esq	T2	31,46	30,61	3,61	9,13	1783	117,66	179,64	0,66	B
		2º	Dir	T2	32,82	32,32	3,61	9,13	1783	121,06	183,91	0,66	B
			Esq	T2	31,46	30,61	3,61	9,13	1783	117,66	179,64	0,66	B
		3º	Dir	T2	43,29	44,07	5,29	9,13	1783	151,63	213,30	0,71	B
			Esq	T2	41,87	42,37	4,63	9,13	1783	146,50	209,02	0,70	B
12	150	RC	Dir	T4	35,67	35,38	4,58	9,13	2972	124,38	204,24	0,61	B
			Esq	T4	37,95	37,83	4,28	9,13	2972	129,83	210,35	0,62	B
		1º	Dir	T4	29,10	28,33	5,42	9,13	2972	108,64	186,61	0,58	B
			Esq	T4	31,25	30,77	5,03	9,13	2972	113,79	192,72	0,59	B
		2º	Dir	T4	29,10	28,33	5,42	9,13	2972	108,64	186,61	0,58	B
			Esq	T4	31,25	30,77	5,03	9,13	2972	113,79	192,72	0,59	B
		3º	Dir	T4	38,65	40,08	6,84	9,13	2972	133,69	216,00	0,62	B
			Esq	T4	35,09	37,83	8,01	9,13	2972	125,78	210,35	0,60	B

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe		
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência				
12	170	RC	Dir	T2	35,97	39,37	2,51	9,13	1783	128,93	201,54	0,64	B		
			Esq	T2	36,52	39,86	2,22	9,13	1783	130,31	202,75	0,64	B		
		1º	Dir	T2	28,99	32,32	3,32	9,13	1783	111,50	183,91	0,61	B		
			Esq	T2	29,53	32,80	2,93	9,13	1783	112,82	185,12	0,61	B		
		2º	Dir	T2	28,99	32,32	3,32	9,13	1783	111,50	183,91	0,61	B		
			Esq	T2	29,53	32,80	2,93	9,13	1783	112,82	185,12	0,61	B		
		3º	Dir	T2	32,98	39,37	5,29	9,13	1783	125,86	201,54	0,62	B		
			Esq	T2	39,67	44,56	3,89	9,13	1783	138,19	214,51	0,64	B		
		12	184	RC	Dir	T2	39,14	42,74	1,98	9,13	1783	136,87	209,96	0,65	B
					Esq	T2	35,97	39,37	2,51	9,13	1783	128,93	201,54	0,64	B
				1º	Dir	T2	32,06	35,69	2,58	9,13	1783	119,15	192,32	0,62	B
					Esq	T2	28,99	32,32	3,32	9,13	1783	111,50	183,91	0,61	B
2º	Dir			T2	32,06	35,69	2,58	9,13	1783	119,15	192,32	0,62	B		
	Esq			T2	28,99	32,32	3,32	9,13	1783	111,50	183,91	0,61	B		
3º	Dir			T2	36,11	42,74	4,24	9,13	1783	129,28	209,96	0,62	B		
	Esq			T2	32,98	39,37	5,29	9,13	1783	125,86	201,54	0,62	B		
13	188	RC	Dir	T3	31,98	34,92	2,50	9,13	2377	110,60	196,08	0,56	B		
			Esq	T3	34,91	38,09	2,22	9,13	2377	117,92	204,00	0,58	B		
		1º	Dir	T3	25,13	27,87	3,33	9,13	2377	93,47	178,44	0,52	B		
			Esq	T3	27,93	31,04	2,91	9,13	2377	100,47	186,37	0,54	B		
		2º	Dir	T3	25,13	27,87	3,33	9,13	2377	93,47	178,44	0,52	B		
			Esq	T3	27,93	31,04	2,91	9,13	2377	100,47	186,37	0,54	B		
		3º	Dir	T3	35,08	39,62	4,34	9,13	2377	118,36	207,83	0,57	B		
			Esq	T3	38,06	42,79	1,97	9,13	2377	125,79	215,75	0,58	B		

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe		
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência				
13	206	RC	Dir	T3	31,98	34,92	2,50	9,13	2377	110,60	196,08	0,56	B		
			Esq	T3	31,98	34,92	2,50	9,13	2377	110,60	196,08	0,56	B		
		1º	Dir	T3	25,13	27,87	3,33	9,13	2377	93,47	178,44	0,52	B		
			Esq	T3	25,13	27,87	3,33	9,13	2377	93,47	178,44	0,52	B		
		2º	Dir	T3	25,13	27,87	3,33	9,13	2377	93,47	178,44	0,52	B		
			Esq	T3	25,13	27,87	3,33	9,13	2377	93,47	178,44	0,52	B		
		3º	Dir	T3	35,08	39,62	4,34	9,13	2377	118,36	207,83	0,57	B		
			Esq	T3	35,08	39,62	4,34	9,13	2377	118,36	207,83	0,57	B		
		13	224	RC	Dir	T3	31,98	34,92	2,50	9,13	2377	110,60	196,08	0,56	B
					Esq	T3	31,98	34,92	2,50	9,13	2377	110,60	196,08	0,56	B
				1º	Dir	T3	25,13	27,87	3,33	9,13	2377	93,47	178,44	0,52	B
					Esq	T3	25,13	27,87	3,33	9,13	2377	93,47	178,44	0,52	B
2º	Dir			T3	25,13	27,87	3,33	9,13	2377	93,47	178,44	0,52	B		
	Esq			T3	25,13	27,87	3,33	9,13	2377	93,47	178,44	0,52	B		
3º	Dir			T3	35,08	39,62	4,34	9,13	2377	118,36	207,83	0,57	B		
	Esq			T3	35,08	39,62	4,34	9,13	2377	118,36	207,83	0,57	B		
13	240			RC	Dir	T3	34,91	38,09	2,22	9,13	2377	117,92	204,00	0,58	B
					Esq	T3	31,98	34,92	2,50	9,13	2377	110,60	196,08	0,56	B
				1º	Dir	T3	27,93	31,04	2,91	9,13	2377	100,47	186,37	0,54	B
					Esq	T3	25,13	27,87	3,33	9,13	2377	93,47	178,44	0,52	B
		2º	Dir	T3	27,93	31,04	2,91	9,13	2377	100,47	186,37	0,54	B		
			Esq	T3	25,13	27,87	3,33	9,13	2377	93,47	178,44	0,52	B		
		3º	Dir	T3	38,06	42,79	1,97	9,13	2377	125,79	215,75	0,58	B		
			Esq	T3	35,08	39,62	4,34	9,13	2377	118,36	207,83	0,57	B		

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe		
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência				
14	250	RC	Dir	T3	36,17	35,98	2,86	9,13	2377	121,06	198,72	0,61	B		
			Esq	T3	39,83	39,99	2,38	9,13	2377	130,21	208,74	0,62	B		
		1º	Dir	T3	29,03	28,93	3,78	9,13	2377	103,23	181,09	0,57	B		
			Esq	T3	32,58	32,93	3,10	9,13	2377	112,10	191,11	0,59	B		
		2º	Dir	T3	29,03	28,93	3,78	9,13	2377	103,23	181,09	0,57	B		
			Esq	T3	32,58	32,93	3,10	9,13	2377	112,10	191,11	0,59	B		
		3º	Dir	T3	29,03	28,93	3,78	9,13	2377	103,23	181,09	0,57	B		
			Esq	T3	32,58	32,93	3,10	9,13	2377	112,10	191,11	0,59	B		
		4º	Dir	T3	39,37	40,68	4,81	9,13	2377	129,07	210,48	0,61	B		
			Esq	T3	43,06	44,69	4,07	9,13	2377	138,31	220,49	0,63	B		
		14	260	RC	Dir	T3	36,17	35,98	2,86	9,13	2377	121,06	198,72	0,61	B
					Esq	T3	36,17	35,98	2,86	9,13	2377	121,06	198,72	0,61	B
				1º	Dir	T3	29,03	28,93	3,78	9,13	2377	103,23	181,09	0,57	B
					Esq	T3	29,03	28,93	3,78	9,13	2377	103,23	181,09	0,57	B
2º	Dir			T3	29,03	28,93	3,78	9,13	2377	103,23	181,09	0,57	B		
	Esq			T3	29,03	28,93	3,78	9,13	2377	103,23	181,09	0,57	B		
3º	Dir			T3	29,03	28,93	3,78	9,13	2377	103,23	181,09	0,57	B		
	Esq			T3	29,03	28,93	3,78	9,13	2377	103,23	181,09	0,57	B		
4º	Dir			T3	39,37	40,68	4,81	9,13	2377	129,07	210,48	0,61	B		
	Esq			T3	39,37	40,68	4,81	9,13	2377	129,07	210,48	0,61	B		
14	270			RC	Dir	T2	39,14	42,74	1,98	9,13	1783	136,87	209,96	0,65	B
					Esq	T2	35,97	39,37	2,51	9,13	1783	128,93	201,54	0,64	B
				1º	Dir	T2	32,06	35,69	2,58	9,13	1783	119,15	192,32	0,62	B
					Esq	T2	28,99	32,32	3,32	9,13	1783	111,50	183,91	0,61	B
		2º	Dir	T2	32,06	35,69	2,58	9,13	1783	119,15	192,32	0,62	B		
			Esq	T2	28,99	32,32	3,32	9,13	1783	111,50	183,91	0,61	B		
		3º	Dir	T2	32,06	35,69	2,58	9,13	1783	119,15	192,32	0,62	B		
			Esq	T2	28,99	32,32	3,32	9,13	1783	111,50	183,91	0,61	B		
		4º	Dir	T2	36,11	42,74	4,24	9,13	1783	129,28	209,96	0,62	B		
			Esq	T2	32,98	39,37	5,29	9,13	1783	125,86	201,54	0,62	B		

Bloco	Entrada	Piso	Lado	Tipologia	Ni (kWh/m ² .ano)		Nv (kWh/m ² .ano)		Qa (kWh/ano)	Nt (kWh/m ² .ano)		Ntc/ Nt	Classe
					Cálculo	Referência	Cálculo	Referência		Cálculo	Referência		
15	215	RC	Dir	T2	43,32	42,74	2,07	9,13	1783	147,00	209,96	0,70	B
			Esq	T2	38,65	37,66	2,73	9,13	1783	136,00	197,27	0,69	B
		1º	Dir	T2	36,00	35,69	2,69	9,13	1783	129,02	192,32	0,67	B
			Esq	T2	31,46	30,61	3,61	9,13	1783	117,66	179,64	0,66	B
		2º	Dir	T2	36,00	35,69	2,69	9,13	1783	129,02	192,32	0,67	B
			Esq	T2	31,46	30,61	3,61	9,13	1783	117,66	179,64	0,66	B
		3º	Dir	T2	46,58	47,44	4,15	9,13	1783	155,45	221,71	0,70	B
			Esq	T2	41,87	42,37	4,63	9,13	1783	146,50	209,02	0,70	B
15	231	RC	Dir	T2	38,65	37,66	2,73	9,13	1783	136,00	197,27	0,69	B
			Esq	T2	43,21	42,70	2,36	9,13	1783	147,03	209,86	0,7	B
		1º	Dir	T2	31,46	30,61	3,61	9,13	1783	117,66	179,64	0,66	B
			Esq	T2	35,77	35,65	3,06	9,13	1783	128,43	192,23	0,67	B
		2º	Dir	T2	31,46	30,61	3,61	9,13	1783	117,66	179,64	0,66	B
			Esq	T2	35,77	35,65	3,06	9,13	1783	128,43	192,23	0,67	B
		3º	Dir	T2	41,87	42,37	4,63	9,13	1783	146,50	209,02	0,70	B
			Esq	T2	46,33	47,40	4,60	9,13	1783	154,84	221,61	0,70	B
15	245	RC	Dir	T2	43,21	42,70	2,36	9,13	1783	147,03	209,86	0,7	B
			Esq	T2	43,32	42,74	2,07	9,13	1783	147,00	209,96	0,70	B
		1º	Dir	T2	35,77	35,65	3,06	9,13	1783	128,43	192,23	0,67	B
			Esq	T2	36,00	35,69	2,69	9,13	1783	129,02	192,32	0,67	B
		2º	Dir	T2	35,77	35,65	3,06	9,13	1783	128,43	192,23	0,67	B
			Esq	T2	36,00	35,69	2,69	9,13	1783	129,02	192,32	0,67	B
		3º	Dir	T2	46,33	47,40	4,60	9,13	1783	154,84	221,61	0,70	B
			Esq	T2	46,58	47,44	4,15	9,13	1783	155,45	221,71	0,70	B