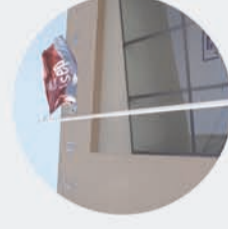




AVALIAÇÃO TÉRMICA E ACÚSTICA PRÉ E PÓS INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO

DANIEL ANTÓNIO CAMPOS SILVA

dezembro de 2016



AVALIAÇÃO TÉRMICA E ACÚSTICA - PRÉ E PÓS INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO

DANIEL ANTÓNIO CAMPOS SILVA
Novembro de 2016



AVALIAÇÃO TÉRMICA E ACÚSTICA

PRÉ E PÓS INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO

DANIEL ANTÓNIO CAMPOS SILVA

Relatório de Estágio para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: José Manuel Martins Soares de Sousa

Supervisor: Pedro Alexandre Guedes Barbosa (Vierominho II - Construção e Reabilitação de Edifícios, Lda.)

NOVEMBRO DE 2016

ÍNDICE GERAL

Avaliação Térmica e Acústica	i
Pré e Pós Intervenção de Reabilitação.....	i
Índice Geral	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Agradecimentos.....	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Quadros.....	xix
Abreviaturas	xxiii
1 Introdução.....	1
2 Relatório de tarefas no contexto do estágio	5
3 Reabilitação e Eficiência.....	27
4 Intervenção de Reabilitação do “Bairro da Coxa”	45
5 Estudo e avaliação térmica pré e pós intervenção	59
6 Estudo e avaliação acústica pré e pós intervenção	69
7 Estudo de propostas de melhoria.....	81
8 Estudo do período de retorno do investimento.....	97
9 Considerações Finais.....	103
Referências Bibliográficas	107

RESUMO

O presente relatório de estágio vem apresentar um estudo, que tem como objetivo compreender as alterações ao nível da eficiência energética e acústica de um conjunto de edifícios sítos em Bragança, alvo de uma intervenção de reabilitação. Estes edifícios são fruto de um projeto de carácter social tendo sido construídos na década de 80 e apresentam soluções construtivas típicas da época, pese embora se notem alguns cuidados na escolha de materiais, devido às exigências climáticas da região em questão.

Neste estudo pretendeu-se compreender em que medida as soluções adotadas para a execução da reabilitação contribuíram para uma melhoria da eficiência energética e acústica das habitações alvo da empreitada de reabilitação. Essa melhoria foi quantificada seguindo as metodologias do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento dos Requisitos Acústicos em Edifícios (RRAE).

Em complemento da análise das soluções construtivas adotadas, foram estudadas outras medidas por forma a ser possível compreender quais as soluções que permitiriam atingir uma melhoria do grau de eficiência das habitações, nos seus desempenhos térmico e acústico, e quais os consequentes encargos monetários necessários.

Como produto destas análises, para que melhor se possa compreender qual o real impacto destas intervenções, é ainda apresentado um estudo económico que relaciona o investimento necessário com o retorno que este trará na redução da fatura energética

Palavras-chave: Reabilitação; Eficiência Energética; Eficiência Acústica

ABSTRACT

This internship report is to present a study that aims to understand the changes of energy efficiency and acoustics of set of buildings nestled in Bragança that were the subject of rehabilitation intervention. These buildings are the result of a social character of the project has been built in the 80s and present typical construction solutions of the time although it noted some care in choosing materials, due to the demands of the region concerned-

In this study we sought to understand how the solutions adopted for the rehabilitation contributed to an improvement in energy and acoustic efficiency of the buildings that were intervened. This improvement was quantified according of the methodology of the “Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)”, the Portuguese regulation of Energy Performance for Residential Buildings and the “Regulamento dos Requisitos Acústicos em Edifícios (RRAE), the Portuguese regulation of acoustical Noise for Buildings.

In addition to the analysis of constructive solutions that make part of the real rehabilitation were studied other ways of comparative character in order to understand which solutions that help us to Achieve an improvement in efficiency of housing in their thermal and acoustic performances and how expensive it could be.

As a product of these analyses and to better understand the real impact of these interventions, is also presented an economic study that relates the necessary investment with the return that it will bring in reducing the energy bill.

Keywords: Rehabilitation; Energy Efficiency; Acoustic Efficiency

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar cabe-me agradecer aos meus pais, principais responsáveis por esta experiência académica, pela oportunidade concedida, pelo apoio e por tudo o que fizeram para que nada faltasse. A estes tenho que juntar os restantes familiares que, tal como os primeiros, sempre compreenderam as ausências e sempre ajudaram dentro das suas possibilidades e conhecimentos.

Um percurso como este está ligado ao sucesso, às alegrias, aos sonhos, às certezas, às dúvidas, às dificuldades, às derrotas e às tristezas. Nessas alturas forma muito importantes os amigos, os que puderam acompanhar todo o caminho e os que, porque a vida assim o ditou, apenas partilharam uma parte desta caminhada. A eles um grande obrigado.

Também deixo um agradecimento aos colegas que fui conhecendo ao logo desta experiência académica com os quais partilhei trabalhos e horas de estudo.

Ao meu orientador, o Professor José Manuel Martins Soares de Sousa, o meu agradecimento pelo acompanhamento dado e pelos conhecimentos transmitidos. Um agradecimento também a todos os professores que me transmitiram os seus conhecimentos com o objetivo de me capacitarem das melhores ferramentas e competências.

Por fim, um especial obrigado a toda a estrutura da Vierominho, que na pessoa do Engenheiro Eduardo Teixeira me concedeu a oportunidade de realizar um estágio na minha área de formação e ao Engenheiro Pedro Barbosa, que me acompanhou de forma mais direta durante todo o estágio e me proporcionou o contacto direto com a Construção Civil. Este agradecimento estende-se obrigatoriamente a todos os restantes colaboradores da empresa que em muito ajudaram e contribuíram para o conhecimento e integração no mundo do trabalho.

ÍNDICE DE TEXTO

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Considerações iniciais sobre reabilitação	1
1.3	Objetivo e Metodologia	3
1.4	Estrutura.....	4
2	Relatório de tarefas no contexto do estágio	5
2.1	Apresentação do local de estágio	5
2.2	Trabalhos realizados	6
2.2.1	Empreitada de Reparação de Elementos Estruturais do Edifício Sopete.....	7
2.2.2	Empreitada de Reabilitação das Fachadas e Juntas de dilatação do Edifício Nova Póvoa	9
2.2.3	Empreitada de Reabilitação e Melhoria Energética do Empreendimento Padre Américo...12	
2.2.4	Empreitada de Reabilitação do Bairro de São Gonçalo	13
2.2.5	Documentos produzidos	23
2.3	Competências desenvolvidas	24
3	Reabilitação e Eficiência.....	27
3.1	Reabilitação em Portugal	27
3.1.1	Caracterização do parque habitacional.....	30
3.1.2	Dados da reabilitação.....	35
3.2	Beneficiação Energética e Acústica.....	37
3.3	Retorno Financeiro do Investimento	39
3.4	Avaliação Térmica e Acústica	40
4	Intervenção de Reabilitação do “Bairro da Coxa”	45

ÍNDICE DE TEXTO

4.1	Descrição do “Bairro da Coxa”	45
4.1.1	Soluções construtivas pré intervenção de reabilitação	49
4.2	Descrição da Intervenção de Reabilitação	52
4.2.1	Soluções construtivas pós intervenção de reabilitação	53
5	Estudo e avaliação térmica pré e pós intervenção	59
5.1	Metodologia Adotada	59
5.2	Resultados Obtidos Pré Intervenção de Reabilitação	60
5.2.1	Coeficiente de transmissão térmica	60
5.2.2	Renovação do ar interior	61
5.2.3	Sistemas técnicos	61
5.2.4	Balanço energético	61
5.3	Resultados Obtidos Pós Intervenção de Reabilitação	64
5.3.1	Coeficiente de transmissão térmica	64
5.3.2	Renovação do ar interior	65
5.3.3	Sistemas técnicos	66
5.3.4	Balanço energético	66
5.4	Análise comparativa dos valores obtidos	67
6	Estudo e avaliação acústica pré e pós intervenção	69
6.1	Metodologia Adotada	69
6.2	Resultados Obtidos Pré Intervenção de Reabilitação	73
6.2.1	Características dos elementos construtivos	74
6.2.2	Índice de isolamentos sonoro a sons de condução aérea	74
6.2.3	Índice de isolamento sonoro a sons de percussão	76
6.3	Resultados Obtidos Pós Intervenção de Reabilitação	78
6.3.1	Características dos elementos construtivos	78
6.3.2	Índice de isolamentos sonoro a sons de condução aérea	79
6.3.3	Índice de isolamento sonoro a sons de percussão	79

7	Estudo de propostas de melhoria.....	81
7.1	Apresentação e descrição das propostas.....	81
7.1.1	Correção da irregularidade verificada na taxa de renovação de ar ($R_{ph} < 0,4 \text{ h}^{-1}$)	82
7.1.2	Alteração da espessura de EPS da parede exterior de 5 cm para 8 cm	82
7.1.3	Alteração da espessura de EPS da parede exterior de 5 cm para 10 cm	82
7.1.4	Alteração do isolamento da parede exterior em EPS por Lã de Rocha	83
7.1.5	Adição de 2 cm de EPS com acabamento em reboco delgado armado na parede em contacto com a caixa de escadas	83
7.1.6	Adição de membrana acústica nas paredes entre habitações	83
7.1.7	Alteração do revestimento sobre laje entre pisos.....	84
7.1.8	Alteração do revestimento da laje sobre comércio/serviços e adição de teto acústico	84
7.1.9	Substituição da solução de termossifão para aquecimento de AQS por bomba de calor	85
7.1.10	Aplicação das soluções de melhoria 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9 em simultâneo	85
7.2	Resultados Obtidos	86
7.2.1	Eficiência Térmica	86
7.2.2	Eficiência Acústica.....	92
8	Estudo do período de retorno do investimento.....	97
8.1	Metodologia Adotada	97
8.2	Resultados Obtidos	99
9	Considerações Finais.....	103
9.1	Conclusões.....	103
9.2	Desenvolvimentos Futuros.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Edifício Sopete, Póvoa de Varzim	7
Figura 2.2 – Viga com armadura exposta, Edifício Sopete	7
Figura 2.3 – Edifício Nova Póvoa, Póvoa de Varzim.....	9
Figura 2.4 – Exemplo de delaminação/Bolhas na pintura, Edifício Nova Póvoa	10
Figura 2.5 – Exemplo de fissura com corrosão da armadura, Edifício Nova Póvoa.....	10
Figura 2.6 – Edifício Padre Américo, Canelas, Vila Nova de Gaia	12
Figura 2.7 – Bairro de São Gonçalo, Guimarães	14
Figura 2.8 – Exemplos de fissuras e pontos de corrosão, Bairro de São Gonçalo	14
Figura 2.9 – Exemplos de ataque de fungos, Bairro de São Gonçalo	15
Figura 2.10 – Exemplos de um vão envidraçado, Bairro de São Gonçalo	16
Figura 2.11 – Exemplos de fratura e ausência de cerâmico em zona de circulação comum, Bairro de São Gonçalo	18
Figura 2.12 – Exemplos de degradação de paredes em zona de circulação comum, Bairro de São Gonçalo	18
Figura 2.13 – Exemplos de degradação de guardas metálicas em zona de circulação comum, Bairro de São Gonçalo.....	19
Figura 2.14 – Exemplos de degradação dos arranjos exteriores, Bairro de São Gonçalo.....	20
Figura 3.1 – Produtividade dos segmentos do setor da construção em Portugal, EUROCONSTRUCT,	28
Figura 3.2 – Produtividade do segmento da reabilitação de edifícios em países da União Europeia,	29
Figura 3.3 – Número de alojamentos concluídos em obras de reabilitação, por entidade promotora, 2011	29
Figura 3.4 – Número de edifícios clássicos segundo a época de construção do edifício, 2011	30
Figura 3.5 – Número de edifícios clássicos segundo o número de alojamentos, 2011	30

Figura 3.6 – Número de edifícios clássicos segundo o tipo de estrutura de construção, 2011	31
Figura 3.7 – Distribuição de edifícios clássicos segundo o tipo de estrutura de construção, por época de construção do edifício, 2011 (Fonte: LNEC)	31
Figura 3.8 – Número de edifícios clássicos segundo o tipo de revestimento exterior das paredes, 2011	32
Figura 3.9 – Distribuição de edifícios clássicos segundo o tipo de revestimento exterior das paredes, por época de construção do edifício, 2011 (Fonte: LNEC)	32
Figura 3.10 – Número de edifícios clássicos segundo o tipo de cobertura, 2011	33
Figura 3.11 – Distribuição de edifícios clássicos segundo o tipo de cobertura, por época de construção do edifício, 2011 (Fonte: LNEC)	33
Figura 3.12 – Número de edifícios clássicos segundo a acessibilidade, por tipo de edifício, 2011.....	34
Figura 3.13 – Número de edifícios clássicos segundo o estado de conservação, 2011.....	34
Figura 3.14 – Distribuição de edifícios clássicos segundo o estado de conservação, por época de construção do edifício, 2011 (Fonte: LNEC)	35
Figura 3.15 – Evolução das obras de construção nova e reabilitação no total das obras concluídas, 2015	35
Figura 3.16 – Peso das obras de reabilitação no total de obras concluídas e do destino da habitação familiar no total de obras de reabilitação, 2015 (Fonte: INE)	36
Figura 3.17 – Obras de reabilitação por tipo de obra, 2015 (Fonte: INE)	37
Figura 3.18 – Consumo de energia elétrica por tipo de consumo (kWh), 2014 (Fonte: PORDATA)	37
Figura 3.19 – Quadro resumo da Classe Energética de um edifício (Fonte: LNEG)	42
Figura 4.1 – Divisão por blocos do “Bairro da Coxa”	45
Figura 4.2 – Alçado Sul do bloco A do “Bairro da Coxa”	46
Figura 4.3 – Divisão por tipologias do bloco A do “Bairro da Coxa”	46
Figura 4.4 – Planta tipo T4-T2 e T2-T2 (R/C)	46
Figura 4.5 – Planta tipo T4-T2 (1º; 2º; 3º)	47
Figura 4.6 – Planta tipo T2-T2 (1º; 2º; 3º)	47
Figura 4.7 – Planta tipo T3-T3 (R/C).....	48
Figura 4.8 – Planta tipo T3-T3 (1º; 2º)	48

Figura 4.9 – Corte vertical tipo dos Edifícios de 4 pisos (T4-T2 e T2-T2) e 3 pisos (T3-T3)	49
Figura 4.10 – Solução construtiva tipo de parede exterior – Pré intervenção.....	49
Figura 4.11 – Solução construtiva tipo de parede para caixa de escadas – Pré intervenção.....	49
Figura 4.12 – Solução construtiva tipo de parede para edifícios adjacentes – Pré intervenção.....	50
Figura 4.13 – Solução construtiva tipo de pavimento sobre desvão sanitário – Pré intervenção	50
Figura 4.14 – Solução construtiva tipo de pavimento sobre comércio/serviços – Pré intervenção	50
Figura 4.15 – Solução construtiva tipo de pavimento para desvão sob cobertura – Pré intervenção	51
Figura 4.16 – Solução tipo de vão envidraçado – Pré intervenção.....	51
Figura 4.17 – Solução tipo para preparação de AQS – Pré intervenção	52
Figura 4.18 – Solução construtiva tipo de parede exterior – Pós intervenção	54
Figura 4.19 – Solução construtiva tipo de parede para caixa de escadas – Pós intervenção	54
Figura 4.20 – Solução construtiva tipo de parede para caixa de escadas – Pós intervenção	54
Figura 4.21 – Solução construtiva tipo de parede para edifícios adjacentes – Pós intervenção	55
Figura 4.22 – Solução construtiva tipo de pavimento sobre desvão sanitário – Pós intervenção	55
Figura 4.23 – Solução construtiva tipo de pavimento sobre comércio/serviços – Pós intervenção	55
Figura 4.24 – Solução construtiva tipo de pavimento para desvão sob cobertura – Pós intervenção.....	56
Figura 4.25 – Solução tipo de vão envidraçado – Pós intervenção	56
Figura 4.26 – Exemplo de solução tipo para preparação de AQS – Pós intervenção	57
Figura 6.1 Abaco para determinação do R_w segundo a Lei das Massas.....	69
Figura 6.2 – Abaco para cálculo do índice de redução sonoro ΔR_w	70
Figura 6.3 – Cálculo do índice de redução sonoro segundo o método do acréscimo	70
Figura 6.4 – Resumo dos valores de $L_{nt,w}$ (Fonte: Silva, 1978)	72
Figura 6.5 – Resumo dos valores de ΔL_w	72

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 5.1 – Soluções construtivas pré intervenção de reabilitação	60
Quadro 5.2 – Dados energéticos da solução tipo de sistema de preparação de AQS pré intervenção de reabilitação.....	61
Quadro 5.3 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” pré intervenção de reabilitação.....	62
Quadro 5.4 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” por piso habitacional pré intervenção de reabilitação.....	63
Quadro 5.5 – Média do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” pré intervenção de reabilitação.....	63
Quadro 5.6 – Soluções construtivas pós intervenção de reabilitação.....	65
Quadro 5.7 – Dados energéticos da solução tipo de sistema de preparação de pós intervenção de reabilitação.....	66
Quadro 5.8 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” pós intervenção de reabilitação (ponderando 4 frações)	66
Quadro 5.9 – Média do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” pós intervenção de reabilitação (ponderando 4 frações)	67
Quadro 5.10 – Resumo comparativo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” pós intervenção de reabilitação (ponderando 4 frações)	68
Quadro 6.1 – Resumo dos valores do índice de redução sonora dos elementos construtivos – Pré intervenção.....	74
Quadro 6.2 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e o interior de um fogo (parede exterior) – Pré intervenção.....	75
Quadro 6.3 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de dois fogos (parede entre quartos) – Pré intervenção	75

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 6.4 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de dois fogos (pavimento) – Pré intervenção.....	75
Quadro 6.5 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de um fogo e zona de circulação comum (parede entre quarto e caixa de escadas) – Pré intervenção.....	76
Quadro 6.6 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de um fogo e locais de comércio/serviços (pavimento) – Pré intervenção	76
Quadro 6.7 – Índice de isolamento a sons de percussão entre dois fogos (pavimento) – Pré intervenção	77
Quadro 6.8 – Índice de isolamento a sons de percussão entre o interior de um fogo e locais de comércio/serviços (pavimento) – Pré intervenção.....	77
Quadro 6.9 – Resumo dos valores do índice de redução sonora dos elementos construtivos – Pós intervenção	78
Quadro 6.10 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e o interior de um fogo (parede exterior) – Pós intervenção	79
Quadro 7.1 – Resumo dos valores de volume de ar introduzidos na habitação pelas grelhas de ventilação autorreguláveis.....	82
Quadro 7.2 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 2	82
Quadro 7.3 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 3	83
Quadro 7.4 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 4	83
Quadro 7.5 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 5	83
Quadro 7.6 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 6	84
Quadro 7.7 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 7	84
Quadro 7.8 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 8	85
Quadro 7.9 – Resumo dos valores de Eren produzidos pela Bomba de Calor	85
Quadro 7.10 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” corrigindo a taxa de renovação de ar (ponderando 4 frações).....	86
Quadro 7.11 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” melhorando o isolamento da envolvente exterior (ponderando 4 frações)	87
Quadro 7.12 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” introduzindo 2 cm de isolamento (EPS) na parede da caixa de escadas (ponderando 4 frações)	88

Quadro 7.13 - Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” alterando o revestimento do piso e introduzindo um teto acústico (ponderando T4 sobre comércio/serviços) ..	88
Quadro 7.14 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” substituindo o sistema de termossifão pelas bombas de calor (ponderando 4 frações)	89
Quadro 7.15 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” conjugando as soluções de melhoria 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9 (ponderando 4 frações).....	90
Quadro 7.16 – Resumo comparativo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” comparando os valores pré intervenção, pós intervenção e das soluções de melhoria (ponderando 4 frações).....	91
Quadro 7.17 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e o interior de um fogo (parede exterior) – Solução de melhoria	93
Quadro 7.18 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de dois fogos (parede entre quartos) – Solução de melhoria	93
Quadro 7.19 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de dois fogos (pavimento) – Solução de melhoria.....	93
Quadro 7.20 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de um fogo e locais de comércio/serviços (pavimento) – Solução de melhoria	94
Quadro 7.21 – Índice de isolamento a sons de percussão entre dois fogos (pavimento) – Solução de melhoria	95
Quadro 7.22 – Índice de isolamento a sons de percussão entre o interior de um fogo e locais de comércio/serviços (pavimento) – Solução de melhora	95
Quadro 8.1 – Resumo do custo padrão da empreitada de reabilitação	97
Quadro 8.2 – Resumo dos valores padrão de acréscimo ao custo padrão da empreitada segundo as soluções de melhoria	98
Quadro 8.3 – Resumo dos períodos de retorno do investimento financeiro	99
Quadro 8.4 – Períodos de retorno do investimento financeiro segundo as várias opções de empreitada	100

ABREVIATURAS

AQS – Águas Quentes Sanitárias

CEE – Comunidade Económica Europeia

CMB – Câmara Municipal de Bragança

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

EPS – Poliestireno Expandido Moldado

ETICS – External Thermal Insulation Composite Systems (Sistemas Compósitos de isolamento Térmico pelo Exterior)

EU – União Europeia

FEADER – Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural

FEAMP – Fundo Europeu dos Assuntos Marítimos e das Pescas

FEDER – Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

FSE – Fundo Social Europeu

ICB – Cortiça Expandida

ICOMOS – Comissão Nacional Portuguesa do Conselho Internacional de Monumentos e Sítios

INE – Instituto Nacional de Estatística

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

MW – Lã Mineral

PUR – Espuma Rígida de Poliuretano

R. E. – Resistência Elétrica

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

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

ABREVIATURAS

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RGCE – Regulamento de Gestão de Consumos de Energia

RGR – Regulamento Geral do Ruído

Rph – Renovações Por Hora [h-1]

RQTEE – Regras de Qualidade Térmica da Envolvente de Edifícios

RREA – Regulamento dos Requisitos Acústicos em Edifícios

TM – Transmissões Marginais

XPS – Poliestireno Expandido Extrudido

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Este relatório de estágio realizado no âmbito da Unidade Curricular de Dissertação / Projeto / Estágio (DIPRE), integrada no 2º semestre do 2º ano do Mestrado em Engenharia Civil, Ramo de Construções, visa o tema da reabilitação de edifícios, particularmente no que toca ao seu desempenho energético e acústico, sendo um ponto de partida para a avaliação do conceito reabilitação do ponto de vista económico, social e da sustentabilidade da construção. Deste modo, será possível compreender de que forma, com que procedimentos e a que custo, se pode reabilitar uma habitação tendo em conta a perspetiva de atingir os padrões atuais e quais as limitações que podem ou não existir para tais intervenções.

O presente documento é resultado do trabalho realizado durante o período de estágio na empresa Vierominho II, Construção e Reabilitação, Lda., sendo um documento técnico-científico, com uma vertente prática e uma vertente teórica. O objeto do estudo realizado durante o período de estágio é um conjunto de 3 edifícios, que são parte de um conjunto de edifícios que formam um bairro social da cidade de Bragança, o Bairro da Coxa. Tais edifícios estão a ser alvo de uma intervenção de reabilitação nas fachadas, envolvente opaca, vãos envidraçados, nas coberturas e nos sistemas de preparação de águas quentes sanitárias.

1.2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE REABILITAÇÃO

O Homem nasceu sem um teto, como qualquer outro ser vivo à face da Terra, mas rapidamente procurou, à semelhança de muitos animais, construir o seu abrigo. Primeiro procurou as grutas, estruturas sólidas e seguras que conferiam o conforto possível naquela época. Mais tarde, quando se tornou nómada, o Homem procurou construir abrigos mais leves e móveis, que pudessem ser transportados de terra em terra, solução que foi abandonada quando se tornou novamente sedentário.

No entanto, posteriormente, a evolução das construções não se verificou de igual forma nos quatro cantos do mundo. A história mostra-nos que, tal como hoje, o ser humano adaptou a sua construção, materiais e conceitos, às diferentes zonas do globo e à sua oferta e exigência climática. Assim,

INTRODUÇÃO

podemos concluir que, à sua maneira, o Homem percebeu desde cedo a sua necessidade de reabilitar a habitação, procurando as soluções que melhor pudessem servir as suas necessidades. Infelizmente, nunca a humanidade conseguiu concretizar o conceito de reabilitação, optando sempre por novas soluções, algo que se foi agravando com a globalização e a descoberta de um mundo que, à luz do desconhecimento, parecia ser infinito em recursos.

Segundo o International Council on Monuments and Sites (ICOMOS) (ICOMOS, 2003), as intervenções subsequentes ao estado degradado de um edifício dividem-se em Manutenção, Conservação, Reabilitação e Reconstrução, entendendo-se por reabilitação: “qualquer acção que assegure a sobrevivência e a preservação para o futuro de: edifícios, bens culturais, recursos naturais, energia ou outra fonte de conhecimento com valor. Enquadra-se em vertentes de intervenção para uso futuro do edifício, pelo que a avaliação da função adequada/compatível com a estrutura e a tipologia do edifício é uma das premissas deste processo. Por este facto não se pode considerar Reabilitação os casos de demolição total do interior do edifício e simples manutenção das fachadas”⁽¹⁾

Por sua vez a ideia de Reabilitação em Portugal tem conhecido filosofias mais abrangentes e com as quais parece haver uma concordância generalizada. Deste modo entenda-se por reabilitação qualquer acção levada a cabo “cujo objectivo seja recuperar ou beneficiar uma construção para que ela possa ter, no presente, um nível satisfatório de desempenho. A reabilitação pode incluir conservação e restauro (total ou parcial), correcção de anomalias, modernização de equipamentos e reorganização de espaços. Quando a reabilitação incide sobre uma área urbana e é feita de forma integrada, recebe a designação de reabilitação urbana [SAMAGALHO, 2009].”⁽²⁾

O primeiro conceito de reabilitação da história terá surgido associado à necessidade de poupar recursos, seja pela sua reduzida quantidade ou pelo difícil acesso aos mesmos. Em seguida a reabilitação ter-se-á ficado a dever ao lado emocional do ser humano, à vontade de preservar algo com valor sentimental, assim como à vontade de conservar o património histórico das cidades, e que muitas vezes se tornaram património material da humanidade.

Hoje em dia o Homem depara-se novamente com o conceito de reabilitação associado à melhoria do conforto dos seus utilizadores. A construção moderna oferece condições de utilização que não são acompanhadas pela edificação mais antiga, tanto ao nível das soluções de arquitetura como ao nível das soluções construtivas. A arquitetura com áreas reduzidas e por vezes disfuncionais não serve as exigências atuais. Ao nível do conforto térmico, as habitações antigas também não acompanham a edificação mais recente, sendo mais frias, obrigando por isso a um maior dispêndio energético. A acústica assume também um carácter importante nos centros urbanos, uma vez que a edificação antiga não proporciona uma barreira acústica, competente, e quer contra o ruído exterior, quer contra o ruído de vizinhança.

Por fim a reabilitação não pode ser dissociada do fator económico e da crise atravessada no sector da construção. O fim da procura pela construção nova levou muitas empresas à procura de mercado fora do país, ou a virar a sua atenção para a reabilitação da edificação existente, principalmente aquelas que já tinham adquirido alguma experiência na área. Este fenómeno não pode, porém, ser desassociado ao desequilíbrio entre a oferta e a procura de habitação. A saúde económica vivida no passado após o fim da ditadura e da entrada na União Europeia levou a que a população Portuguesa fizesse investimento na habitação, deixando as habitações dos senhorios em busca do património próprio, fator que agora conduz a uma maior oferta, ainda que degradada e desatualizada, face à procura.

Nessa época de investimento, tal como no passado, ao procurarem fixar-se nas cidades, as populações procuraram também os melhores espaços e localização disponíveis, deixando de parte as zonas e localizações mais desfavorecidas. Hoje, a necessidade de reaproveitar esses espaços sai reforçada pela vontade de continuar a oferecer a melhor localização e de preservar o traço e características dos centros históricos, favorecendo os interesses imobiliários e turísticos.

Com o estagnar do crescimento populacional em Portugal, chegamos a um ponto em que o parque habitacional edificado é suficiente em número, mas não em qualidade, face às exigências atuais da população. Agora, à semelhança de outros países desenvolvidos, verifica-se a necessidade de manter a oferta e dotá-la de melhores condições. A conservação e a reabilitação assumem assim um papel preponderante neste processo, revelando-se como uma solução mais económica face à demolição e consequente construção.

1.3 OBJETIVO E METODOLOGIA

O objetivo primeiro deste estudo é compreender como é que as intervenções exigidas no concurso público lançado pela Câmara Municipal de Bragança vão influenciar o conforto daqueles que habitam o “Bairro da Coxa”. Tal conforto passa não só pelo bem-estar físico, mas também económico, já que se prevê uma redução com os custos de energia, e consequentemente uma intervenção de minimização do fator de pobreza energética.

É assim objetivo deste estudo:

- Avaliar o desempenho térmico e acústico, avaliando o impacte económico;
- Determinar soluções que possam melhorar o desempenho das habitações;
- Medir e avaliar o período de retorno do investimento realizado.

INTRODUÇÃO

Este estudo visa compreender se a reabilitação, cumprindo os padrões de exigência atuais, é viável, até que ponto é viável e qual o investimento implicado.

No que diz respeito à metodologia utilizada, a avaliação da eficiência térmica foi realizada segundo a mais recente metodologia do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), enquanto o estudo da eficiência acústica foi realizado segundo a metodologia do Regulamento dos Requisitos Acústicos em Edifícios (RRAE).

As medidas alternativas e/ou de melhoria, com objetivo de reduzir os custos da intervenção e/ou alcançar registos mais favoráveis, foram calculados segundo as mesmas metodologias.

De modo a permitir uma compreensão mais fácil de todas as questões supracitadas será apresentado um resumo que relaciona o investimento e o período de retorno desses investimentos.

1.4 ESTRUTURA

Para atingir os objetivos definidos, o presente trabalho desenvolveu-se segundo a seguinte estrutura:

- No Capítulo I é realizada a apresentação da dissertação;
- No Capítulo II é apresentada uma súmula dos trabalhos realizados no âmbito do estágio;
- No Capítulo III são introduzidos os temas da reabilitação no contexto Português e da legislação atual;
- Nos Capítulos IV a VIII é apresentada a empreitada de reabilitação, especificações e projetos e serão desenvolvidos os temas em estudo, onde se realizará uma análise à intervenção de reabilitação nas várias vertentes;
- No Capítulo IX é realizada uma reflexão sobre o estudo, retirando as devidas conclusões.

2 RELATÓRIO DE TAREFAS NO CONTEXTO DO ESTÁGIO

2.1 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO

O estágio, realizado no âmbito da unidade curricular de DIPRE, teve como parceiro a empresa *Vierominho II - Construção e Reabilitação de Edifícios, Lda.*

Com a filosofia “Valorizar o património edificado”, a empresa “mãe”, nascida em 1999 e sediada em Vila do Conde, dedicava-se inicialmente aos isolamentos, revestimentos e restauros de edifícios como parceira das construtoras.

Mais tarde, devido às exigências do mercado e com a crise financeira a afetar de forma severa o sector da construção civil, foram criadas as empresas: *Vierominho II, Construção e Reabilitação, Lda.*, que se dedica à construção generalista e à reabilitação de edifícios, a *Greenbau*, em parceria com a *Alucobond* e certificada pela mesma, que se destina à produção e aplicação de fachadas ventiladas com recurso a painéis de alumínio compósito, a *Viero Gibraltar* que surgiu para dar resposta a várias obras realizadas na região e, ainda, a *Viero Materials*, destinada à venda de materiais de construção. Assim, todas juntas formam o *Grupo Vierominho*, constituído atualmente por mais de 40 pessoas com grande experiência na área.

Durante os vários anos de atividade, o *Grupo Vierominho* foi construindo um portefólio interessante com algumas obras emblemáticas, que vão desde o Edifício da Liga Portuguesa Contra o Cancro e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, na região norte, até obras como o empreendimento The Residence, no Victoria Clube de Golfe, em Vilamoura, nunca esquecendo os edifícios habitacionais como o Edifício Júpiter, sito na Póvoa de Varzim, candidato ao Prémio Nacional de Reabilitação Urbana 2015.

Os clientes do *Grupo Vierominho*, privados ou públicos, podem encontrar na empresa um quadro de técnicos credenciados, respostas e soluções para todo o tipo de patologias, cujas consequências podem passar apenas por incómodos temporários até problemas estruturais graves em que a própria estabilidade do edifício possa ser colocada em causa. A assistência que o *Grupo Vierominho* disponibiliza permite a antecipação dos problemas bem como a sua resolução, impedindo o agravamento dos mesmos.

O Grupo Vierominho não se limita à execução da empreitada, promovendo um acompanhamento do processo, estudo das soluções mais adequadas tendo em conta o binómio preço/qualidade, elaboração do caderno de encargos, mapas de trabalhos, assim como o licenciamento da obra junto das entidades competentes.

2.2 TRABALHOS REALIZADOS

O período de estágio dividiu-se em duas áreas de trabalho: a cooperação nos trabalhos internos da empresa e o estudo do empreendimento “Bairro da Coxa”, que serviu de objeto de avaliação a este relatório. Este capítulo apenas apresentará os trabalhos realizados no âmbito da cooperação nos trabalhos internos da empresa, uma vez que o estudo da reabilitação do “Bairro da Coxa” será apresentado posteriormente.

Enquadradas na tipologia de trabalhos realizados pela *Vierominho II, Construção e Reabilitação, Lda.*, foram realizadas várias tarefas subjacentes à consulta para uma obra de reabilitação/conservação de edifícios.

No âmbito da reabilitação/conservação estas passam pela avaliação das patologias apresentadas e pela determinação das melhores soluções construtivas a fim de as corrigir. A este trabalho teórico é necessário somar a construção das várias peças, escritas e/ou desenhadas, contactar parceiros e fornecedores e conceber uma proposta, por forma a dar uma resposta correta e eficaz às solicitações que nos possam chegar, podendo tratar-se de um contacto singular ou um concurso (públicos ou privados)

Durante o período de estágio foram dadas respostas a vários processos, entre os quais destaco os seguintes:

- Empreitada de Reparação de Elementos Estruturais do Edifício Sopete, Póvoa de Varzim (solicitação da Administração do Condomínio do Edifício Sopete);
- Empreitada de Reabilitação das Fachadas e Juntas de dilatação do Edifício Nova Póvoa, Póvoa de Varzim (convite para concurso lançado pela Administração do Condomínio do Edifício Nova Póvoa);
- Empreitada de Reabilitação e Melhoria Energética do Empreendimento Padre Américo, Canelas, Vila Nova de Gala (concurso público lançado pela *Gaiurb, Urbanismo e Habitação, EM*);
- Empreitada de Reabilitação do Bairro de São Gonçalo, Guimarães (concurso público lançado pelo Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana).

2.2.1 Empreitada de Reparação de Elementos Estruturais do Edifício Sopete

O Edifício Sopete, apresentado na imagem abaixo, é um empreendimento situado na primeira linha da praia, no cruzamento entre Rua Mauzinho de Albuquerque e a Marginal, com 2 pisos dedicados a comércio/serviços (r/c e 1º andar) e 11 pisos habitacionais.



Figura 2.1 – Edifício Sopete, Póvoa de Varzim

A intervenção deste edifício passa pela reparação de elementos estruturais em betão armado, que, devido à sua perda de alcalinidade (carbonatação do betão) potenciados pela reduzida espessura de recobrimento das armaduras, conduz a problemas graves de corrosão das mesmas e delaminação do betão. Este processo químico provoca uma redução da capacidade de resistência estrutural dos elementos afetados. A expansão do betão conduz ainda à queda do material cerâmico de revestimento do tipo pastilha para a via pública.



Figura 2.2 – Viga com armadura exposta, Edifício Sopete

RELATÓRIO DE TAREFAS NO CONTEXTO DO ESTÁGIO

Esta combinação de fatores coloca em perigo a segurança estrutural do edifício, tornando-se um perigo não só para os seus ocupantes, mas também para todos os que circulam na sua área circundante, fator agravado pela queda do material cerâmico e rebocos que são soltos com a delaminação.

A fim de solucionar os problemas apresentados foi proposto à Administração do Condomínio do Edifício Sopete:

- A remoção do revestimento cerâmico, em pastilha, em todas as zonas revestidas a cerâmico de cor cinza (correspondentes a todas as pendências potencialmente problemáticas), bem como das restantes áreas em que a pastilha esteja manifestamente a destacar-se;
- A limpeza de todas as superfícies em betão aparente (inclui os tetos de todas as varandas e corpos avançados), com jato de água de pressão variável com detergente de PH neutro de modo a eliminar a sujidade, poeira, elementos desagregados e soltos, fungos e algas;
- O tratamento de superfícies de betão à vista dos alçados sul, poente e nascente: picagem de betão em desagregação através de corte perpendicular à superfície da peça expondo a totalidade das armaduras corroídas; decapagem de armaduras expostas; pintura com duas demãos de produto à base de cimento e resinas epóxi (revestimento anti corrosão) envolvendo a totalidade exposta da armadura do tipo *Sikatop Armatec 110 Epocem*; reconstituição do recobrimento com argamassa de betão estrutural não retrátil Cl.R3 ou R4 com preenchimento máximo de 40mm do tipo *Sika Monotop 412 S*, executado por camadas devidamente compactadas;
- A aplicação com uma talocha lisa de um barramento fino de proteção com a argamassa fina monocomponente do tipo *Icoment Massa*, em todas as superfícies em betão à vista, quer apresentem problemas de corrosão ou não (medida preventiva), numa espessura de cerca de 2 mm, de forma a aumentar a espessura de recobrimento, limitando a penetração de CO₂ e diminuindo a progressão da carbonatação, permitindo desta forma proteger a estrutura e uniformizar o aspeto e textura da superfície;
- Como complemento à proteção do betão, e de forma a garantir a menor difusão possível de dióxido de carbono, assim como a melhorar o aspeto geral das estruturas, sugeriu-se a aplicação de um revestimento de proteção superficial de betão por pintura em duas demãos, com as tintas acrílicas tipo *Sikagard- 680 ES Betoncolor*;
- Por fim, o fornecimento e aplicação de novo revestimento cerâmico em pastilha de características semelhantes à existente, em todas as zonas revestidas a cerâmico de cor cinza

(correspondentes a todas as pendências potencialmente problemáticas), bem como das restantes áreas em que a pastilha esteja manifestamente a destacar-se.

2.2.2 Empreitada de Reabilitação das Fachadas e Juntas de dilatação do Edifício Nova Póvoa

O Edifício Nova Póvoa, apresentado na imagem que se segue, situa-se na Rua Repatriamento dos Poveiros, também ele na primeira linha da praia, estando a 150 metros da mesma. É um empreendimento emblemático, que se impõe pelos seus aproximados 100 metros de altura, e 30 pisos, sendo o r/c dividido entre habitação e comércio, albergando cerca de 1000 pessoas na época balnear nas suas mais de 280 frações.



Figura 2.3 – Edifício Nova Póvoa, Póvoa de Varzim

A intervenção no Edifício Nova Póvoa é sobretudo de carácter de conservação da sua envolvente exterior, com algumas reparações pontuais de elementos resistentes que, devido á sua exposição marítima, apresentam sinais de corrosão, tal como no caso anterior, ainda que num grau de gravidade muito inferior.

A Administração do Edifício Nova Póvoa contratou uma entidade altamente especializada para fazer o mapeamento de todas as patologias. Esse mapeamento foi realizado recorrendo a 109 descidas em rapel e concluiu a existência de delaminação/bolhas na pintura, fissuração, corrosão das armaduras, zonas ocas, destacamento de betão. Foi ainda solicitado pela Administração do Edifício Nova Póvoa o tratamento das juntas de dilatação.



Figura 2.4 – Exemplo de delaminação/Bolhas na pintura, Edifício Nova Póvoa



Figura 2.5 – Exemplo de fissura com corrosão da armadura, Edifício Nova Póvoa

De forma a solucionar as patologias apresentadas foi proposto à Administração do Edifício Nova Póvoa:

- Limpeza de todas as superfícies em betão aparente (inclui os tetos e muretes das varandas não marquissadas e restantes elementos exteriores), com jato de água de pressão variável com detergente de PH neutro de modo a eliminar a sujidade, poeira, elementos desagregados e soltos, fungos e algas;
- Tratamento de superfícies de betão à vista: picagem de betão em desagregação através de corte perpendicular à superfície da peça expondo a totalidade das armaduras corroídas; decapagem de armaduras expostas; pintura com duas demãos de produto à base de cimento e resinas epóxi (revestimento anti corrosão) envolvendo a totalidade exposta da armadura do tipo *Mapefer 1k* da *Mapei*; reconstituição do recobrimento com argamassa de betão

estrutural não retrátil *Cl. R4* com preenchimento máximo de 40mm do tipo *Mapegrout T40* da *Mapei*, executado por camadas devidamente compactadas, tudo de acordo com descrição pormenorizada em Memória Descritiva. Sempre que necessário, para evitar retração da argamassa *Mapegrout*, será aditivado um adjuvante especial que reduz a retração plástica e hidráulica do tipo *Mapecure SRA*;

- Execução de tratamento de microfissuras (não associadas à corrosão de armaduras), através de abertura com disco rotativo, selagem com mástique elastomérico à base de poliuretano do tipo *Mapeflex AC4*, procedendo-se posteriormente aos tratamentos descritos a seguir;
- Uniformização estética das zonas de reparação do betão intervencionadas, por forma a conferir uma textura superficial idêntica à restante fachada, consistindo na aplicação de um primário do tipo *Elastocolor Primer* da *Mapei*, sobre a argamassa *Mapegrout T40* ainda fresca. Segue-se a aplicação de um revestimento elastomérico do tipo *Elastocolor Rasante* adicionado com 30% de areia de sílica (diâmetro 0,1-0,3mm), aplicado com espátula, seguida da passagem de rolo de esponja, para conferir o efeito areado pretendido;
- Como complemento à proteção do betão em geral, assim como para melhorar o aspeto geral da totalidade das fachadas e restantes zonas exteriores a intervir, preconiza-se a aplicação de um revestimento de proteção superficial inibidora da progressão do CO₂-SO₂, através de pintura em duas demãos, com tinta elástica à base de resinas acrílicas elastoméricas em dispersão aquosa do tipo *Elastocolor Pittura da Mapei*;
- Execução de tratamento de juntas de dilatação verticais através da remoção prévia dos materiais que preenchem atualmente as juntas, limpeza das superfícies e reparação e reposição da planimetria dos bordos das juntas.
- Aplicação de banda de feltro em poliéster revestido com borracha resistente aos alcalis, do tipo *Mapeband TPE* da *Mapei*, assegurando-se a colagem da fachada com argamassa epoxídica bicomponente tixotrópica *Adesilex PG4* da *Mapei*, sendo a colagem de junção entre peças executada com *Adesilex LP* da *Mapei*.
- Aplicação de cordão de espuma de polietileno do tipo *Mapefoam*, corretamente dimensionada e selagem final da junta com vedante poliuretânico monocomponente tixotrópico, do tipo *Mapeflex PU40* ou *PU45*, de acordo com as boas normas de aplicação e recomendações do fabricante.

2.2.3 Empreitada de Reabilitação e Melhoria Energética do Empreendimento Padre Américo

O Empreendimento Padre Américo, presente na figura seguinte, situa-se na localidade de Canelas, Vila Nova de Gaia, mais precisamente entre a Rua Padre Américo, que dá nome ao empreendimento, e a Rua António Dom Moraes. O conjunto habitacional tem 3 pisos (rés-do-chão e primeiro andar) e é composto por quatro caixas de escadas que servem um total de 24 frações. O edifício apresenta uma cobertura plana acabada com seixo rolado e é servido por um campo de jogos.



Figura 2.6 – Edifício Padre Américo, Canelas, Vila Nova de Gaia

Este estudo foi realizado de forma a dar resposta ao concurso público lançado pela *Gaiurb, Urbanismo e Habitação, EM*, com a finalidade de resolver algumas das patologias apresentadas pelo edifício, assim como dotá-lo de melhores soluções construtivas a fim de lhe proporcionar um aumento da eficiência energética.

A reabilitação das fachadas consistirá na reparação das fissuras em reboco, alvenaria ou betão com dimensões superiores a 0,5mm para posterior aplicação do isolamento térmico de 4cm pelo exterior, com um revestimento sintético delgado, armado, com acabamento final anti-fungicida. As vedações periféricas em mástique e silicone das caixilharias serão removidas e refeitas com mástique elastómero e os peitoris serão alvo de capeamento. Nos parapeitos das janelas serão aplicadas chapas de aço galvanizado, metalizada e esmaltada. Todas as tubagens que não cumpram o comprimento necessário devido ao acréscimo de espessura da parede serão prolongadas de modo a colmatar essa diferença.

As guardas das varandas serão redimensionadas, enquanto as guardas e grades das janelas, assim como o gradeamento de acesso de pessoas à garagem serão pintados, incluindo a decapagem do suporte e pintura com tinta de esmalte.

Está prevista também a limpeza e impermeabilização das juntas de dilatação verticais, incluindo aplicação de tapa-juntas, tal como o fornecimento e montagem de manta de isolamento térmico nas caixas de estores.

A cobertura será alvo de uma remodelação, passando de uma cobertura plana para uma cobertura inclinada. Essa intervenção será realizada recorrendo à execução de revestimento metálico sobre cobertura existente, constituído por sistema *sandwich* composto por chapa metálica lacada com resina *polyester* sobre galvanizado e poliuretano expandido com 5 cm de espessura, painéis em policarbonato alveolar na zona da claraboia, incluindo 2 acessos à cobertura pré-fabricados em fibra de vidro. A estrutura da nova cobertura recorrerá a perfis em “Z” para assentamento das chapas que serão apoiados em estrutura de aço com perfis metálicos UNP e chapas de aço para fixação à cobertura existente. Serão ainda efetuados prolongamentos das chaminés centrais e desvio das chaminés das platibandas.

Sobre a cobertura existente, parte superior da platibanda, interior das platibandas e envolvente das caleiras, serão colocadas placas de isolamento térmico em poliestireno expandido com 30mm, assente sobre barreira pára-vapor. Nas zonas limite da cobertura, o capeamento das platibanda e caleiras será em chapa lacada.

Nas garagens será feita uma revisão/manutenção do portão, com aplicação de lubrificação, afinação, juntamente com decapagem do suporte e pintura com tinta de esmalte e será colocado isolamento térmico em poliestireno extrudido com 3cm no teto das garagens.

Ao nível do sistema de drenagem de águas pluviais, serão instalados novos tubos em PVC-U, com braçadeiras de zinco laminado, incluindo a limpeza, ampliação ou execução, com ligação às caixas de visita exteriores, de caixas areia na base dos mesmos. A estes tubos serão ainda associados, no seu topo, ralos de pinha e *trop-pleins* em PVC e capitéis com tampa em PVC.

Já ao nível dos pavimentos serão instaladas grelhas em PVC-U na caleira de pavimento existente na entrada da garagem, incluindo limpeza de caleiras e ligações às caixas de visita exteriores.

2.2.4 Empreitada de Reabilitação do Bairro de São Gonçalo

O Bairro de São Gonçalo, representado na figura seguinte, situa-se nas imediações do Estádio Municipal D. Afonso Henriques, na Rua de S. Gonçalo, freguesia de S. Paio, concelho de Guimarães. Este conjunto habitacional também denominado de sector “C” é constituído por 3 torres habitacionais distribuídas, que compreendem 72 frações habitacionais e 8 espaços comerciais. Cada torre é constituída por r/c destinado a comércio e 6 pisos habitacionais.



Figura 2.7 – Bairro de São Gonçalo, Guimarães

Este estudo foi realizado de forma a dar resposta ao concurso público lançado pelo Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana com a finalidade de resolver as várias patologias apresentadas pelo edifício, assim como reabilitar o mesmo em várias especialidades, proporcionando que o mesmo atinja padrões de conforto e eficiência atuais. Dos exemplos citados, esta é a intervenção de maior complexidade dada a variedade dos pontos de interveniência.

Relativamente às fachadas é possível identificar várias fissuras e destacamento de betão e reboco nas paredes, fator que estará relacionado com a pouca espessura de recobrimento e o degradar da armadura das paredes. As fissuras apresentam alguma extensão e dispersão ao longo da área rebocada da fachada do edifício.



Figura 2.8 – Exemplos de fissuras e pontos de corrosão, Bairro de São Gonçalo

Em complemento à fissuração e destacamento do betão é possível identificar armadura já exposta ao ar, assim como pontos de ferrugem que indicam corrosão das armaduras no interior das paredes. Estes elementos carecem de especial atenção uma vez que em última análise comprometem a estabilidade da construção.

Nas fachadas ainda é possível identificar uma grande proliferação de fungos.



Figura 2.9 – Exemplos de ataque de fungos, Bairro de São Gonçalo

De forma a resolver as patologias supracitadas serão executados os seguintes trabalhos:

- Limpeza da superfície de fungos, poeiras, sais e outras sujidades;
- Picagem das zonas de betão desagregadas ou em desagregação;
- Tratamento das armaduras à vista - ou descobertas pelo processo de saneamento do betão em desagregação;
- Substituição das armaduras mais deterioradas e que se encontram soltas do betão;
- Limpeza dos traços de ferrugem existentes no betão;
- Limpeza de fungos do betão;
- Enchimento de espaços vazios entre betão e armaduras, com argamassas à base de resinas acrílicas de reparação com retração reduzida;
- Proteção/recobrimento geral das armaduras com argamassa de reparação à base de resinas acrílicas.

Para além das patologias já mencionadas, este empreendimento apresenta também deficiente isolamento térmico, algo que se deve ao período de construção em que a obra foi executada, onde não era dada a devida atenção ao conforto térmico dos ocupantes e ainda menos atenção às necessidades energéticas de uma habitação.

Esse paradigma encontra-se atualmente em alteração e aquilo que era considerado um “acessório” na altura, passou a ser um elemento fundamental. Desta forma, a fim de resolver esta inconformidade com os requisitos atuais de energia e eficiência energética, será dada especial atenção ao reforço do isolamento térmico nesta obra de reabilitação.

RELATÓRIO DE TAREFAS NO CONTEXTO DO ESTÁGIO

Como forma de promover esta melhoria será aplicado revestimento sintético delgado, armado, sobre isolamento térmico em poliestireno expandido (espessura 5 cm) nos paramentos existentes - "Sistema ETICS" - com revestimento final antifúngico.

A figura que se segue comprova que as caixilharias, para além de desadequadas às exigências atuais, encontram-se degradadas muito por força da humidade, uma vez os vãos não apresentam dispositivos para recolha e drenagem das águas, tanto do exterior como das condensações.

São também evidentes sinais de infiltração e deterioração de peitoris e soleiras no exterior dos vãos envidraçados, com reflexos na degradação dos revestimentos da superfície interior.

As caixas de estores e respetivos estores também se encontram bastante degradados provocando o mau funcionamento dos mesmos.



Figura 2.10 – Exemplos de um vão envidraçado, Bairro de São Gonçalo

A fim de solucionar este problema é preconizada:

- Desmontagem dos caixilhos atualmente instalados;
- Aplicação de peitoris metálicos na envolvente dos vãos envidraçados;
- Aplicação de caixilharia em alumínio lacado a cor a definir pelo dono de obra, de vidro duplo, com funcionamento de abrir, correr, incluindo sistema de ventilação integrada;

- Selagem da totalidade das juntas verticais e horizontais entre perfis de caixilharia;
- Instalação de pingadeiras e demais dispositivos de drenagem dos caixilhos;
- Substituição dos estores das janelas de habitações, por estores em PVC, com geometria idêntica à atualmente aplicada.

Uma vez que o empreendimento foi construído com recurso a paredes resistentes, é necessário ter especial cuidado no reforço da estanquidade das juntas de dilatação, sendo que esta encontra-se bastante afetada pela degradação do seu cordão de preenchimento, com maior incidência ao nível do piso de rés-do-chão. Na vizinhança das juntas de dilatação são manifestos sinais de fissuração e infiltrações provenientes dos pisos superiores.

A intervenção nas juntas de dilatação passa pela:

- Reabertura e limpeza, tanto pelo exterior, como pelo interior, com substituição do cordão da junta por novas mástiques de maior elasticidade;
- Substituição dos sistemas de vedação, com a colocação de tapa juntas exterior com função protetora e decorativa;
- Nos elementos de construção interiores onde a junta de dilatação não foi assumida, a solução não passa pela reparação das fissuras, mas pela aplicação de um revestimento exterior independente, materializado, por exemplo, por uma placa de gesso cartonado não aderente ao suporte.

Após visita ao local foi possível perceber que a cobertura se encontra, de forma geral, em bom estado sendo provável que as reparações a executar devido a infiltrações sejam de carácter pontual e localizado.

Por sua vez a drenagem de águas pluviais encontra-se algo debitada essencialmente em caleiras e tubos de queda. Assim sendo, está prevista uma revisão de toda a rede, com especial atenção para a substituição de caleiras, de tubos de queda, uma vez que estes se encontram degradados, e revisão de um troço da rede enterrada.

Nas zonas de circulação comum observa-se a fratura das placas cerâmicas de revestimento do pavimento ou mesmo a ausência de qualquer revestimento de pavimento. Quanto às paredes e tetos, verifica-se alguma degradação aparente do reboco e nalguns casos da parede de suporte. Constata-se

também a existência de fissuração que atinge a camada de reboco superficial e o suporte de algumas das paredes divisórias interiores.



Figura 2.11 – Exemplos de fratura e ausência de cerâmico em zona de circulação comum, Bairro de São Gonçalo



Figura 2.12 – Exemplos de degradação de paredes em zona de circulação comum, Bairro de São Gonçalo

A somar a estas patologias ainda se encontram sinais de degradação nos armários dos contadores de água, luz, gás e respetivos quadros elétricos, nas portas das habitações, assim como em portas de elevador e guardas metálicas.

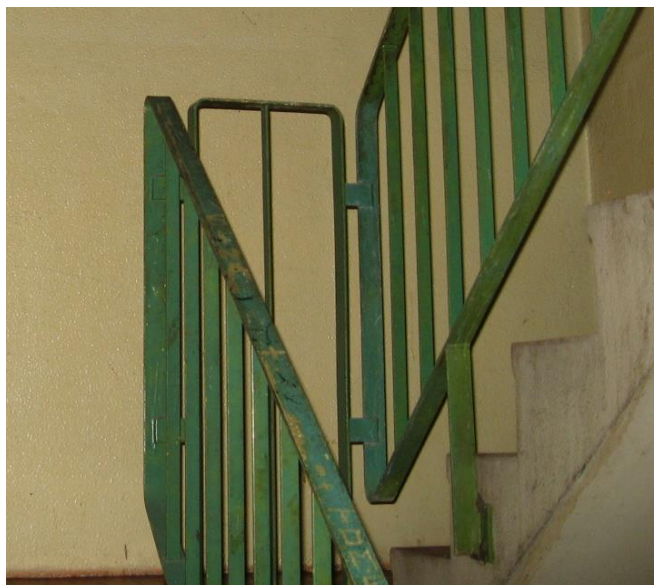


Figura 2.13 – Exemplos de degradação de guardas metálicas em zona de circulação comum, Bairro de São Gonçalo

Para a resolução destas patologias será preconizada:

- Colocação de tijoleira nos locais em falta semelhante à existente, assim como execução de remates;
- Execução de pinturas em tetos das caixas de escadas, patamares e paredes interiores, incluindo limpeza geral de toda a superfície;
- Picagem das áreas contaminadas por salitre, regularização das superfícies, aplicação de reboco com argamassa hidráulica;
- Aplicação de primário anti-salitre a duas demãos e tinta plástica resistente aos álcalis;
- Pintura de todas as portas de elevador e habitação, incluindo aros;
- Limpeza geral de toda a superfície, bem como a decapagem, regularização das superfícies e aplicação de primário;
- Limpeza e pintura das guardas em ferro, de acordo com o especificado no Caderno de Encargos;
- Limpeza e pintura geral interior de todos os armários de contadores de água e luz e ainda de quadros elétricos instalados em caixas de escada ou zonas de acesso coletivo;
- Remoção e transporte vazadouro das portas existentes nos referidos armários;
- Colocação de portas novas, incluindo as folhas de abrir, aros, pinturas, fechaduras e demais acessórios.

RELATÓRIO DE TAREFAS NO CONTEXTO DO ESTÁGIO

Dada a constante circulação de veículos para estacionamento e as obras pontuais realizadas nos arranjos exteriores (acessos e parqueamentos da envolvente do edifício), o mesmo encontra-se fortemente degradado, conforme se pode verificar na figura que se segue. A somar a isto a pouca manutenção da área circundante às torres provocou um desgaste natural



Figura 2.14 – Exemplos de degradação dos arranjos exteriores, Bairro de São Gonçalo

De forma a colmatar as patologias identificadas neste ponto será efetuada:

- Substituição das tampas para caixas de pavimento exteriores;
- Reabilitação da Envolvente Exterior de PT's e outros;
- Reparação de Passeios Exteriores;
- Pintura de Muros Exteriores;
- Substituição de Grelhas Sumidouras.

Dada a idade da instalação elétrica, esta será revista para que seja possível cumprir as necessidades atuais e se restabeleça a segurança da instalação. Para o cumprimento deste trabalho prevê-se que:

- Todas as aparelhagens comuns ficarão localizadas nas entradas principais, partindo daqui a alimentação de todas as instalações, no que se refere às habitações.
- As canalizações serão do tipo embecido, constituídas por condutores do tipo "H07V-U/R", enfiados em tubos do tipo "VD", exceto na cave, que será constituída por condutores do tipo "H1VV-U/R", suportados por abraçadeiras, caminhos de cabos e/ou enfiados em tubos PET.

- A alimentação dos edifícios deverá ser feita a partir da rede de distribuição, em Baixa Tensão, da Entidade Distribuidora de Energia Elétrica da Zona, à tensão de 230/400 V e à frequência de 50 hertz.
- Serão alvo de reabilitação as instalações coletivas, contadores, aparelhos de corte das entradas, condutores, tubagens e caixas, aparelhagem de manobra, iluminação, aparelhos de proteção, quadros das instalações de utilização e sistemas de proteção de pessoas.

O sistema de ventilação atualmente em funcionamento encontra-se deficitário pelo que se impõe a sua substituição. Para reabilitação do sistema de ventilação prevê-se a substituição dos ventiladores de cada fração assim como reabilitação de todas as válvulas de extração das frações autónomas.

Os equipamentos mecânicos projetados tiveram em conta não só as infraestruturas existentes, como também as condicionantes técnicas daí resultantes (as velocidades do ar na conduta não podem exceder determinados valores). Todos os equipamentos com partes mecânicas rotativas tais como ventiladores deverão ser apoiados sobre apoios antivibráticos.

Mantendo a linha de intervenção de alguns pontos anteriores será feita uma revisão das redes de drenagem de águas residuais existentes, nomeadamente o desentupimento de tubagens, a limpeza das caixas e verificação do seu funcionamento, a fim de precaver eventuais deficiências no bom funcionamento da rede.

Outra rede a ser alvo de intervenção é a de segurança contra incêndios. Esta intervenção terá como objetivo introduzir uma série de elementos nos edifícios com a finalidade de o tornar mais seguro no caso de acontecer um incidente do género. Estes elementos passam tanto por equipamentos de segurança ativa quer por elementos de segurança passiva.

A intervenção na rede passará por:

- Fornecimento da tubagem em aço galvanizado nos diâmetros $\varnothing 4''$, em colunas montantes, e $\varnothing 2''$ nos ramais de alimentação às bocas-de-incêndio, incluindo acessórios, válvulas e todos os trabalhos necessários. Está prevista a ligação ao ramal de derivação à rede pública de distribuição de água;
- Fornecimento e montagem de extintores portáteis de pó químico ABC do tipo "Alfil" ou equivalente, em todos os patamares, em localização a definir pela equipa projetista;

RELATÓRIO DE TAREFAS NO CONTEXTO DO ESTÁGIO

- Fornecimento e montagem de bocas-de-incêndio do tipo carretel com a localização a definir pela equipa projetista, do tipo ALFIL modelo CB/25 ou equivalente;
- Fornecimento e montagem de marcos de incêndio com a localização a definir pela equipa projetista.

A proposta de reabilitação contempla ainda uma intervenção ao nível do abastecimento de águas, que passará pela requalificação do sistema.

Neste contexto serão realizados trabalhos diversos tais como:

- Eliminação de todos os componentes e acessórios da rede existente de Abastecimento de Água que vão ser substituídos por novos elementos, incluindo todos os trabalhos necessários, assim como seu transporte a vazadouro certificado;
- O levantamento dos pavimentos existentes numa faixa de largura variável, por onde irão passar as tubagens de abastecimento de água e a reposição dos mesmos, incluindo trabalhos adicionais de demolição e reconstrução de bermas, passeios, valetas e acessos existentes, respeitando-se as cotas pré-existentes;
- A realização das escavações e consequentes aterros qualquer que seja a natureza do terreno, desde terra vegetal a rocha muito dura para implantação de tubagens;
- Fornecimento e colocação de nicho nos locais onde estão projetados e seguindo os pormenores, incluindo todos os materiais e acessórios à sua boa colocação;
- Remoção da tubagem existente e aplicação da tubagem em polietileno de alta densidade, PEAD MRS 80/100 PN10;
- Fornecimento e instalação de válvulas de seccionamento de cunha elástica flangeada com manípulo;
- Instalação de marcos de incêndio com execução de todos os roços, demolições, escavações, abertura e tapamento de valas, etc., assim como fornecimento e aplicação dos ramais de alimentação enterrados, em PEAD MRS 80/100, classe de pressão PN10, DN90mm;
- Instalação de bocas de rega incluindo a execução de todos os roços, demolições, escavações, etc., com aplicação dos ramais de alimentação enterrados;
- Fornecimento e aplicação das caixas de entrada enterradas.

2.2.5 Documentos produzidos

De forma a dar resposta às solicitações e/ou concursos que chegaram ao *Grupo Vierominho* foi necessário produzir um conjunto de documentos, alguns de carácter obrigatório, a fim de cumprir todos os requisitos de um concurso, evitando uma possível exclusão por incumprimento.

As várias peças escritas passam por:

- Declarações de aceitação do conteúdo do caderno de encargos;
- Declaração de suprimento de erros e omissões;
- Declaração de indicação de preço contratual;
- Nota justificativa do preço proposto;
- Documento justificativo da apresentação de um preço anormalmente baixo;
- Declaração anexo ii;
- Memória descritiva e justificativa do modo de execução da obra;
- Memória descritiva e justificativa do plano de trabalhos;
- Mapa de quantidades e trabalhos;
- Plano de mão-de-obra e de equipamentos.

Destes documentos têm especial destaque, pela sua maior complexidade, a “Memória descritiva e justificativa do modo de execução da obra”, o “Mapa de quantidades e trabalhos” e o “Plano de mão-de-obra e de equipamentos”.

O primeiro documento é uma peça exigente, normalmente de extensão considerável, composta por uma breve descrição da empresa candidata, uma caracterização da empreitada, onde normalmente são identificados todas as patologias e/ou situações que serão alvo de melhoria, um capítulo com o planeamento, que contem todo o tipo de soluções construtivas a executar no decorrer da empreitada, uma descrição do estaleiro a instalar em obra e organização da equipa e da mesma. A esta informação ainda se soma um plano higiene, segurança e saúde, um plano de acompanhamento ambiental e uma descrição detalhada dos procedimentos construtivos, capítulo que pretende explicar com pormenor todas as etapas de um trabalho a ser executado durante a empreitada e também responder a todas as exigências das condições técnicas.

O segundo documento trata-se de um resumo com a indicação de todos os tipos de trabalhos que serão realizados durante a empreitada e em que quantidade. É neste mapa que se concretiza a

orçamentação da obra a realizar ficando registado o preço unitário de cada trabalho, o seu preço total mediante a quantidade de trabalho a realizar e os preços totais de cada capítulo e/ou da globalidade da empreitada.

O terceiro documento é o mais simples dos três, mas muito importante para um bom planeamento da empreitada tendo em conta a relação prazos, preço e recursos. Esta peça tem como objetivo relacionar o prazo de execução da obra e a distribuição das tarefas ao longo do tempo com os recursos humanos e com o consumo de equipamentos e ferramentas de construção, algo que, quando não bem programado, pode levar a derrapagem temporais e financeiras, com penalização para o empreiteiro.

2.3 COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS

No subcapítulo anterior foram indicadas as diferentes áreas de trabalho abordadas no período de estágio. Estas contribuíram para o desenvolvimento do conhecimento e enquadramento da teoria no mundo real.

As peças escritas mencionadas anteriormente, que servem de exemplo de algum do trabalho realizado em estágio, proporcionaram a aquisição de diversas competências no âmbito da conceção, procedimentos e burocracia.

O contacto com vários imóveis, que possuíam diferentes patologias (materiais desadequados, acabamentos deficientes, comportamento estrutural comprometido, desenquadramento com os padrões atuais de eficiência e conforto, etc.), proporcionou a consulta de diversos cadernos de encargos, um documento rico em informação, assim como o conhecimento sobre o empreendimento em causa e sobre as soluções e metodologias construtivas a aplicar durante a empreitada.

Desta forma foi possível compreender as diferenças entre uma obra de conservação e uma obra de reabilitação, as diferenças entre o tratamento de uma fissura em alvenaria e o tratamento de fissuras em elementos estruturais, entre a aplicação de um sistema ETICS e a aplicação de um revestimento cerâmico, a diferença entre uma obra de pequena ou grande dimensão, assim como tantas outras dicotomias.

As diferentes solicitações permitiram trabalhar de forma mais prática a cadeia de relação entre identificação de uma patologia, identificação da origem da mesma e seleção da solução corretiva mais adequada.

Do ponto de vista mais prático, o trabalho direto com o departamento de orçamentação, permitiu o desenvolvimento de competências em *Excel*, pois só assim é possível agilizar os processos de medição

e orçamentação, muitas vezes de grande complexidade, dos vários imóveis em análise, assim como apreender vários conceitos de gestão, principalmente na relação com os contratos públicos e várias legislações. Além destas, a busca pela melhor relação qualidade/preço, permitiu o contacto direto com fornecedores e clientes, a presença em reuniões que pretendem convergir as vontades das diferentes partes e o contacto com os vários procedimentos e condutas de comunicação e registo necessário ao bom funcionamento interno de uma empresa.

Por sua vez, o contacto com o “Bairro da Coxa” e a respetiva empreitada de **“Melhoria da Eficiência Energética no Bairro Social da Coxa”** permitiram trabalhar, num caso prático, a eficiência térmica e acústica das habitações.

Este tipo de estudo promove um contacto permanente com os diversos documentos técnicos e legislação em vigor, como são os casos do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE).

As ferramentas de cálculo são também uma ajuda fundamental no desenvolvimento deste tipo de estudos. No estudo da eficiência térmica e acústica do “Bairro da Coxa” e das melhorias produzidas pela intervenção de reabilitação foram usados:

- *Excel*;
- Folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios, de acordo com o REH (versão V2.25, 03 de Junho de 2016), desenvolvida pelo Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção (ITeCons);
- Aplicação do LNEC para ventilação no âmbito do REH e RECS (versão V2.0a, 2014-02-12), desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC);
- SCE.ER (versão 1.3 build 5, 2016-08-12) - Quantificador do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de Energias Renováveis, desenvolvida pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG);
- EcoREN (versão 1, Dezembro 2015) - Ferramenta informática desenvolvida pelo Laboratório Nacional da Engenharia e Geologia, I. P. em conjunto com a empresa *Energie* (LNEG) para análise de desempenho energético para “sistemas termodinâmicos *ENERGIE*”;
- Callumen II (versão 1.3.5. 180) – Ferramenta para determinação das características dos vidros, tal como os coeficientes de transmissão térmica, *software* disponibilizado pela *Saint-Gobain*.

RELATÓRIO DE TAREFAS NO CONTEXTO DO ESTÁGIO

O estudo das melhores soluções construtivas, com o objetivo de poder potenciar ao máximo o aumento da eficiência energética levou à busca das melhores soluções do mercado e, por consequência, ao conhecimento dos conceitos, materiais, equipamentos e técnicas mais capazes para o efeito. De entre as várias pesquisas efetuadas e dos conhecimentos adquiridos destaca-se o primeiro contacto com o conceito das bombas de calor e respetivo funcionamento, que prometem até 85% de poupança na fatura energética.

Durante período que de mediou a adjudicação da obra até à data da consignação da mesma, surgiu um despacho (Despacho n.º 14985/2015 D.R. n.º 246, Série II, de 17 de dezembro de 2015), que veio facilitar a introdução das Bombas de Calor, disponibilizando a metodologia a usar para determinar os valores (*Qusable*) e do *Seasonal Performance Factor* (SPF), elementos utilizados na metodologia de cálculo da contribuição da energia renovável obtida a partir de bombas de calor. Este acontecimento fez com que um dos fornecedores, a *ENERGIE*, contactado para o fornecimento dos sistemas de aquecimento de águas quentes sanitária, propusesse a alteração da solução prevista, propondo a adoção das bombas de calor termodinâmicas.

Com vista a compreender melhor as potencialidades destes equipamentos e fruto da oportunidade, foi possível participar numa ação de formação para instaladores promovida pela *ENERGIE* onde foram dados a conhecer os seus equipamentos, entre os quais as bombas de calor (o ponto principal da formação), assim como as suas instalações. Desta forma foi possível perceber o comportamento destas bombas e toda a tecnologia associada a ela. Estes equipamentos, que funcionam no sentido contrário ao funcionamento de um equipamento de refrigeração, aproveitam o diferencial de temperaturas para fazer aquecer um fluido que, potenciado por um compressor, liberta a energia no depósito de água por meio de um condensador. Estas bombas podem funcionar com a absorção/exaustão de ar ou podem ser potenciadas por um painel solar que capta a energia sobre a forma de radiação solar, libertando o sistema da restrição associada ao diferencial de temperatura do ar.

3 REABILITAÇÃO E EFICIÊNCIA

3.1 REABILITAÇÃO EM PORTUGAL

A reabilitação tem sido apontada pelas várias entidades do nosso país como umas das atividades com maior potencial económico. As várias associações e institutos ligados à construção acreditam que a reabilitação pode ser a resposta à crise atravessada pelo setor, com o potencial necessário à criação e manutenção de emprego e à sustentabilidade das empresas.

Os centros históricos do nosso país estão, de forma geral, muito abandonados, fruto de dois grandes aspetos:

1. O abandono dos filhos, que não se revendo no conforto e eficiência proporcionado pela edificação antiga, a abandonam, preferindo o património mais recente e condizente com os padrões de conforto e eficiência atuais. A este facto também não é alheia a quebra da taxa de natalidade e a constatação de que em Portugal existe, de momento, mais oferta que procura;
2. O binómio custo de renda/custo de manutenção muitas vezes desequilibrado inibe o senhorio de realizar as obras necessárias ou afasta o arrendatário por se verificarem soluções com preços acima da média.

De forma a combater este flagelo, nos últimos anos temos vivido um período intenso de incentivo à Reabilitação em Portugal, sobretudo nos centros históricos, sendo as cidades de Lisboa e Porto os grandes exemplos desse pensamento.

Estes incentivos são, na sua generalidade, impulsionados pelo programa “Portugal 2020”, que se trata de “um acordo de parceria adotado entre Portugal e a Comissão Europeia, que reúne a atuação dos 5 Fundos Europeus Estruturais e de Investimento - FEDER, Fundo de Coesão, FSE, FEADER e FEAMP - no qual se definem os princípios de programação que consagram a política de desenvolvimento económico, social e territorial para promover, em Portugal, entre 2014 e 2020. Estes princípios de programação estão alinhados com o Crescimento Inteligente, Sustentável e Inclusivo, prosseguindo a estratégia europeia 2020.”⁽³⁾

REABILITAÇÃO E EFICIÊNCIA

Tendo por base que por Reabilitação se entende obras de alteração, ampliação e conversão de edifícios, podemos logo à partida compreender que além das obras de reabilitação é necessário incluir ainda neste mercado as obras de conversão e manutenção. Estas intervenções revelam-se importantes para a manutenção do bom estado das edificações, para que qualquer outra intervenção mais profunda se revele menos dispendiosa e dessa forma mais viável para o seu proprietário. Além deste benefício, a manutenção do bom estado de conservação dos edifícios permite tirar o máximo proveito do património, tanto como habitação própria como por forma de fonte de rendimentos.

O estudo apresentado na publicação: “Reabilitação habitacional e o setor da construção civil”, documento elaborado pelo LNEC, que tem como fonte os resultados dos Censos 2011, editada em 12 de Novembro de 2013, expõe uma apreciação económica do setor da construção à data de 2011.

Na época em estudo, o segmento da reabilitação de edifícios representava cerca de 5462 M€, 26% do sector da construção civil, face aos 8358 M€ fruto da construção de edifícios, 40% do mesmo setor, valores que não competem com a média europeia (34,9%) e ainda menos com os melhores exemplos, conforme provam as imagens que se seguem.

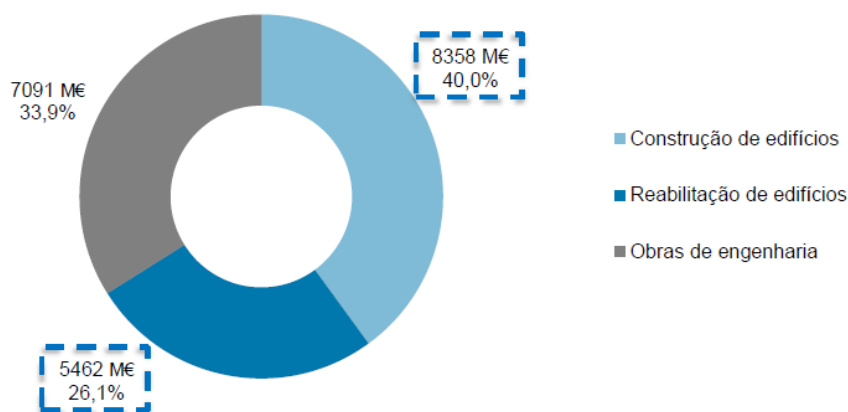


Figura 3.1 – Produtividade dos segmentos do setor da construção em Portugal, EUROCONSTRUCT, 74th Conference, 2011 (Fonte: LNEC)

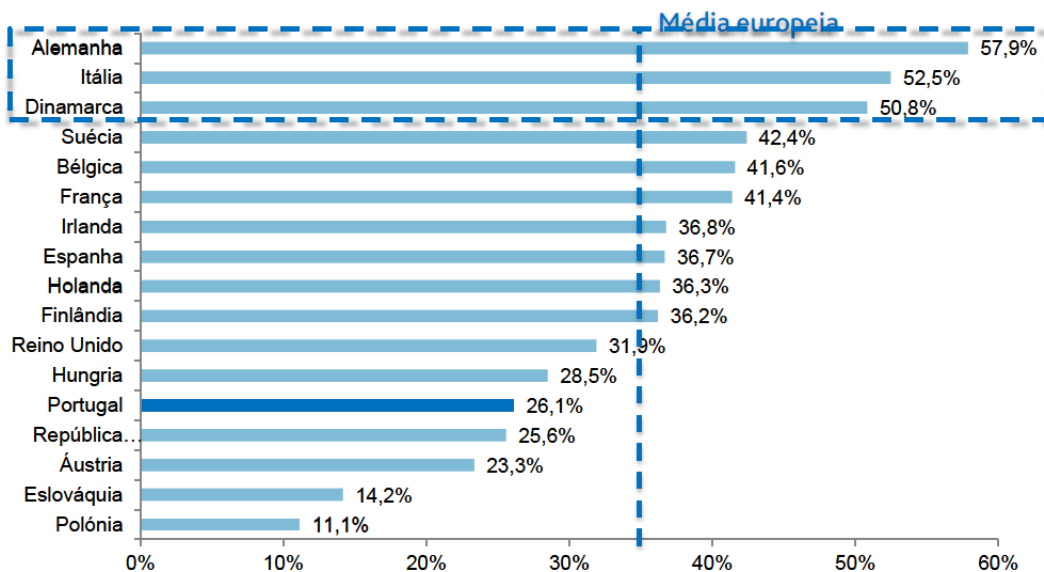
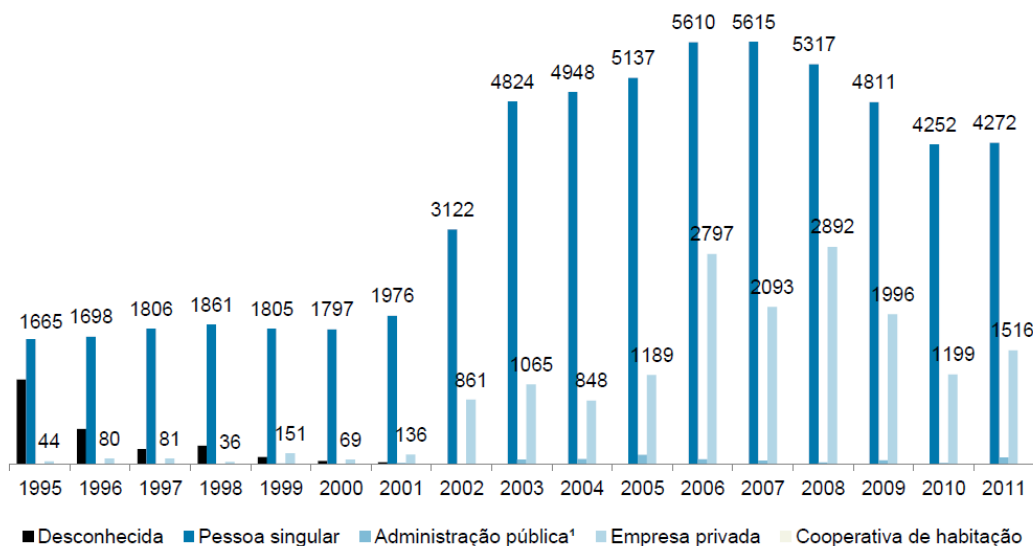


Figura 3.2 – Produtividade do segmento da reabilitação de edifícios em países da União Europeia, EUROCONSTRUCT, 74th Conference, 2011 (Fonte: LNEC)

A mesma publicação apresenta ainda uma análise à origem do investimento realizado em reabilitação, que conclui que esse investimento é essencialmente devido a pessoas singulares e empresas privadas.



(¹) Alojamentos da Administração Pública —alojamentos propriedade do Estado, de institutos públicos, ou outras instituições sem fins lucrativos, de empresas públicas e das autarquias locais

Figura 3.3 – Número de alojamentos concluídos em obras de reabilitação, por entidade promotora, 2011 (Fonte: LNEC)

3.1.1 Caracterização do parque habitacional

Analisando a publicação “O parque habitacional e a sua reabilitação: Análise e evolução – 2001-2011”, documento elaborado em conjunto pelo LNEC e pelo INE, que tem igualmente como fonte os resultados dos Censos 2011, editada em Setembro de 2013, é possível caracterizar o parque nacional à época.

Em primeiro lugar importa assinalar que o parque edificado é relativamente recente, sendo 67% do mesmo construído após 1970 e que 87% da edificação corresponde a apenas um alojamento, conforme comprova a imagens que se seguem.

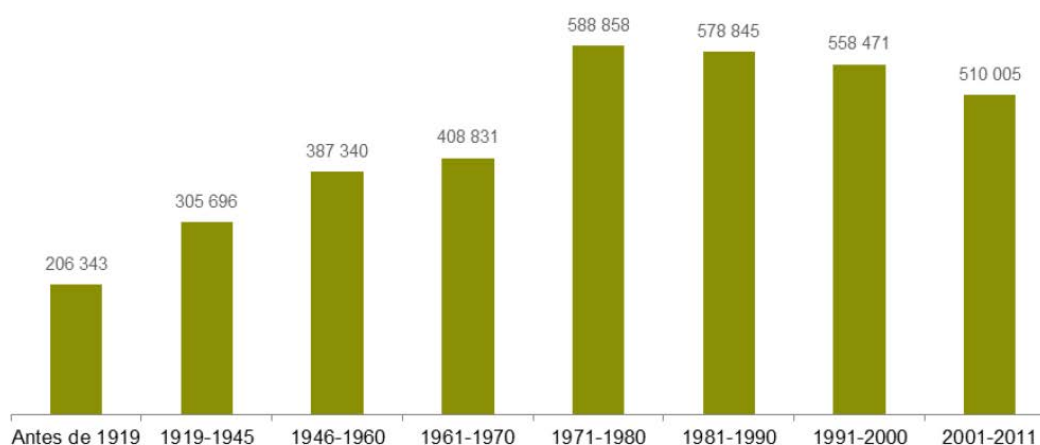


Figura 3.4 – Número de edifícios clássicos segundo a época de construção do edifício, 2011

(Fonte: LNEC)

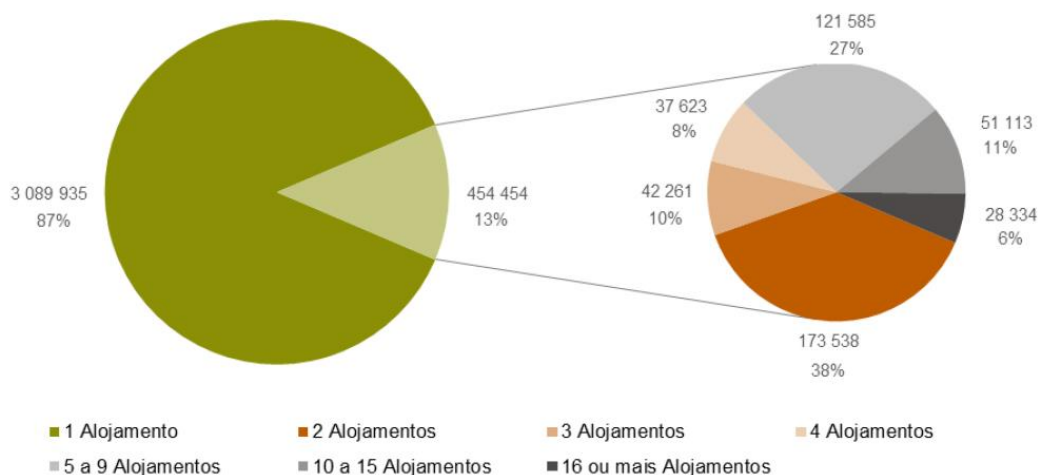


Figura 3.5 – Número de edifícios clássicos segundo o número de alojamentos, 2011

(Fonte: LNEC)

É por isso natural que se verifique um domínio dos edifícios com um ou dois pisos, 83% das edificações, face aos 8% dos edifícios de três pisos e os 6% das restantes soluções com quatro ou mais pisos.

Ao nível das soluções construtivas para a estrutura regista-se uma predominância da construção em betão armado e da construção em paredes de alvenaria com placa, numa proporção de 49% e 32% respetivamente, sendo estes edifícios aqueles que apresentam menor necessidade de reparação. É ainda possível caracterizar as soluções construtivas segundo o período de construção.

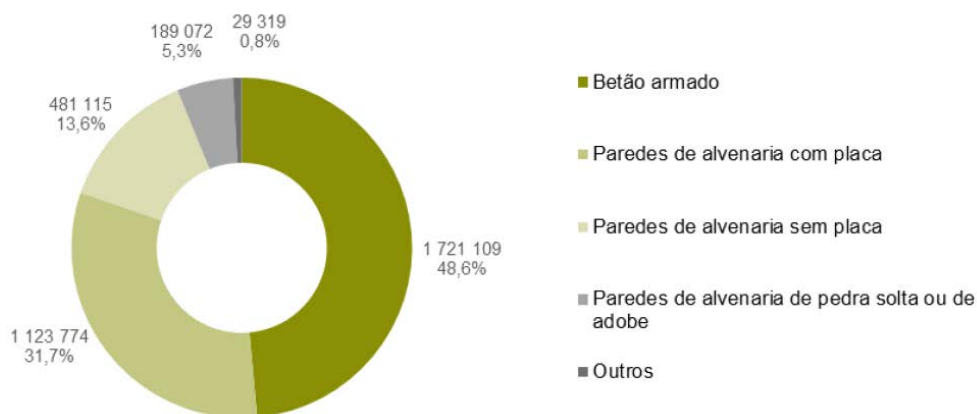


Figura 3.6 – Número de edifícios clássicos segundo o tipo de estrutura de construção, 2011

(Fonte: LNEC)

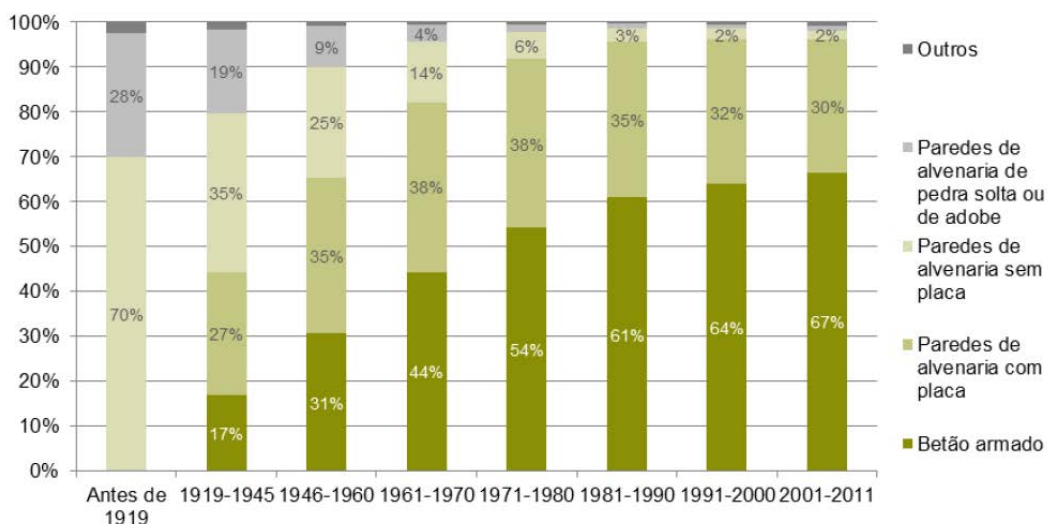


Figura 3.7 – Distribuição de edifícios clássicos segundo o tipo de estrutura de construção, por época de construção do edifício, 2011 (Fonte: LNEC)

REABILITAÇÃO E EFICIÊNCIA

No que toca às soluções construtivas para o revestimento de paredes exteriores, foi observada a utilização massiva de reboco tradicional ou marmorite (84%) e de pedra (11%), verificando-se também um abandono do uso da pedra ao longo dos anos. No entanto, verifica-se que mais recentemente, uso da pedra tem vindo a recuperar, possivelmente devido às novas técnicas e produtos disponíveis para aplicação.

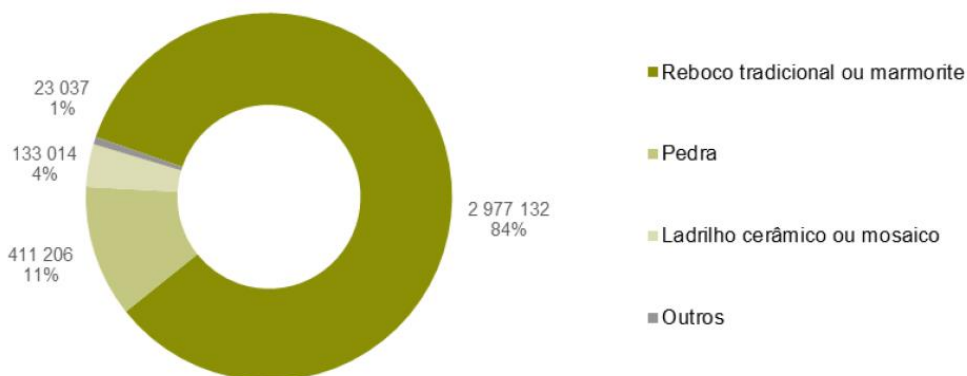


Figura 3.8 – Número de edifícios clássicos segundo o tipo de revestimento exterior das paredes, 2011

(Fonte: LNEC)

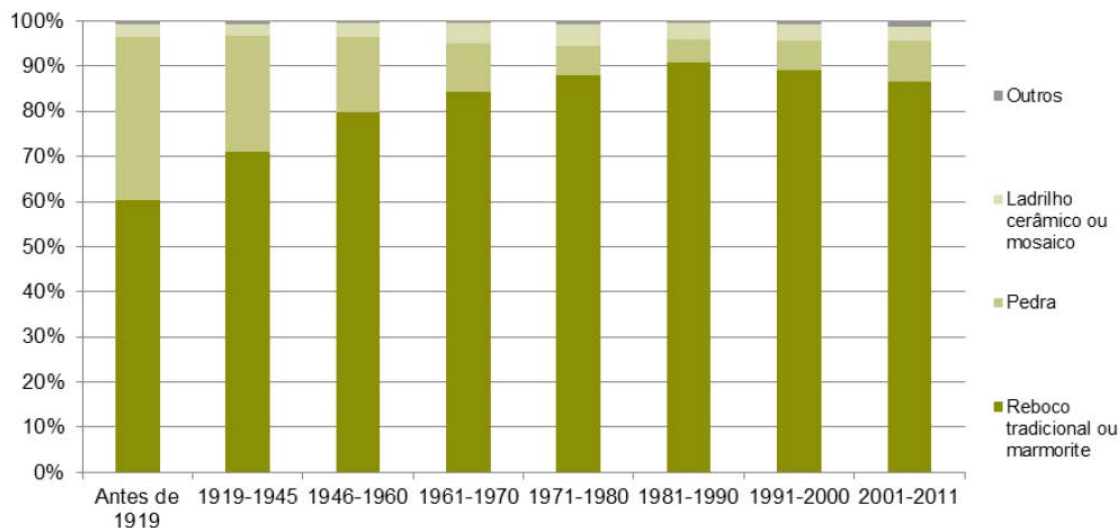


Figura 3.9 – Distribuição de edifícios clássicos segundo o tipo de revestimento exterior das paredes, por época de construção do edifício, 2011 (Fonte: LNEC)

As soluções construtivas aplicadas em coberturas atingem um consenso ainda mais alargado, verificando-se o uso de cobertura inclinada revestida a telha cerâmica ou de betão em 93% das edificações, embora se perceba uma diminuição no seu uso com o passar dos anos, muito graças ao avanço das coberturas em terraço.

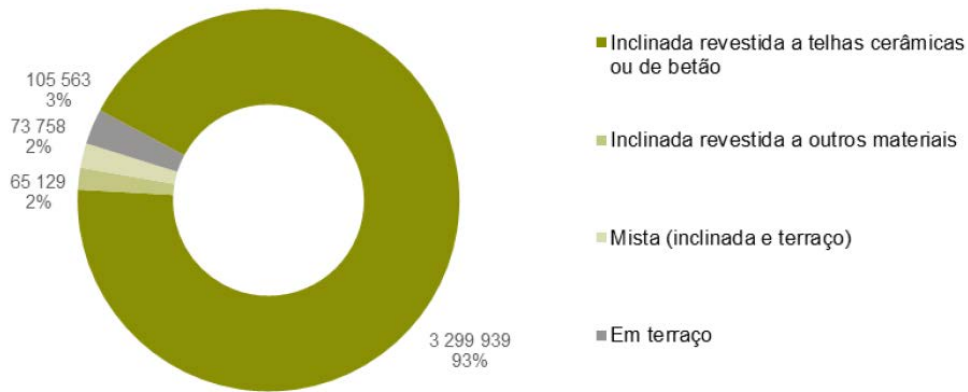


Figura 3.10 – Número de edifícios clássicos segundo o tipo de cobertura, 2011

(Fonte: LNEC)

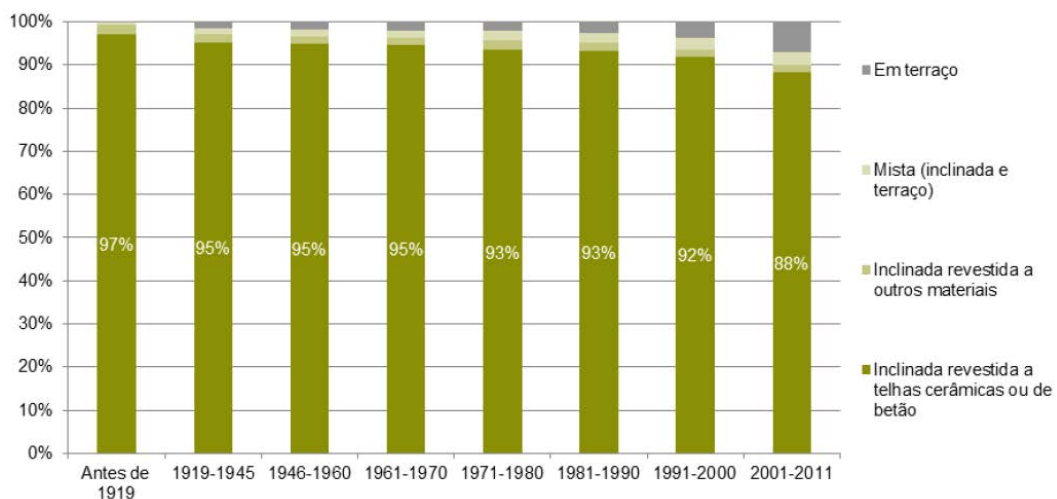


Figura 3.11 – Distribuição de edifícios clássicos segundo o tipo de cobertura, por época de construção do edifício,

2011 (Fonte: LNEC)

Ainda no âmbito das soluções construtivas é necessário dar destaque aos números que mostram a incapacidade que o património edificado tem em dar resposta às necessidades demonstradas pelas pessoas portadoras de deficiência. O estudo demonstra que à época, 60% dos edifícios não eram acessíveis a pessoas em cadeira de rodas, tal como mostra a imagem que se segue.

REABILITAÇÃO E EFICIÊNCIA

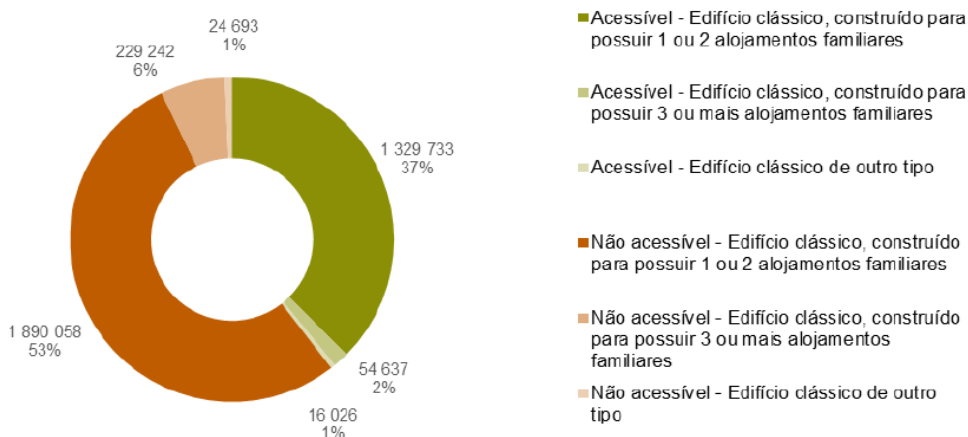


Figura 3.12 – Número de edifícios clássicos segundo a acessibilidade, por tipo de edifício, 2011

(Fonte: LNEC)

O mesmo documento permite concluir que à época, mais de metade dos edifícios habitacionais não necessitavam de reparação, num total de 71%, situação que é comum a todo o país, não se verificando grande variação (mínimo 63% e máximo 79%) entre as diferentes zonas de Portugal.

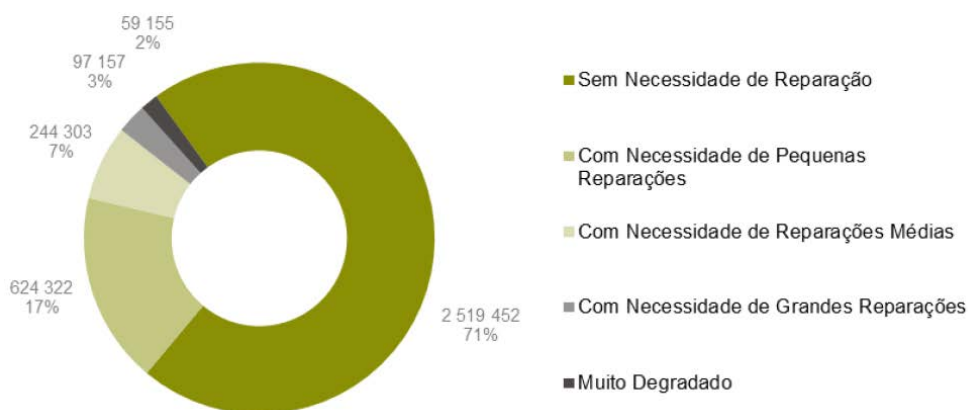


Figura 3.13 – Número de edifícios clássicos segundo o estado de conservação, 2011

(Fonte: LNEC)

Tal como seria de esperar o estado de conservação dos edifícios vai melhorando de acordo com a idade dos mesmos, ou seja, os edifícios mais recentes apresentam melhor estado de conservação.

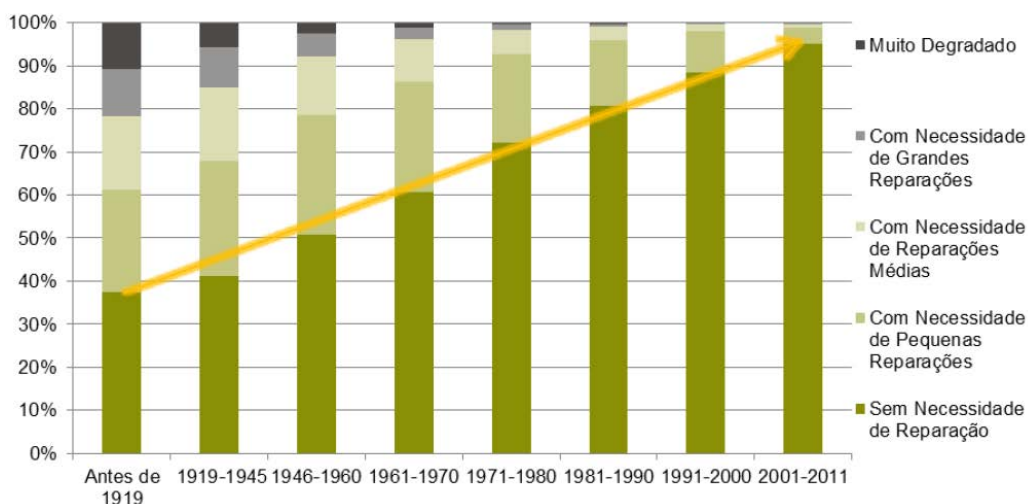


Figura 3.14 – Distribuição de edifícios clássicos segundo o estado de conservação, por época de construção do edifício, 2011 (Fonte: LNEC)

3.1.2 Dados da reabilitação

Da análise da publicação “Estatísticas da Construção e Habitação 2015”, editada em 2016 pelo INE, podemos verificar uma reflexão sobre os números da construção nos últimos 6 anos.

As obras concluídas em construções novas assumem, tal como nos anos anteriores, a predominância no nosso país, representando 66,6% do total de obras concluídas em 2015 no sector da construção. Contudo, as obras de reabilitação ganharam espaço em Portugal aumentando de 32,7% em 2014 para 33,4% em 2015, embora esse aumento percentual não se traduza num aumento efetivo uma vez que em 2015 se concluíram menos 783 edifícios do que em 2014.

Entre 2010 e 2015 registou-se um decréscimo das obras de reabilitação dos 6844 edifícios para os 3664 edifícios, embora se registe um aumento em 2012 face a 2011 onde se registaram 4719 edifícios concluídos.

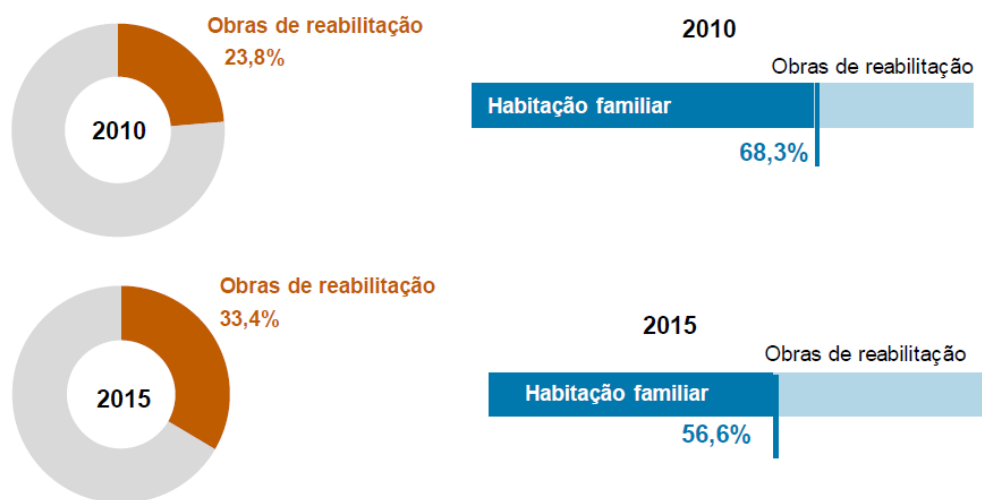


Fonte: INE, Estatísticas das Obras Concluídas
 Nota: Informação de 2014 e 2015 com base nas Estimativas de Obras Concluídas.

Figura 3.15 – Evolução das obras de construção nova e reabilitação no total das obras concluídas, 2015 (Fonte: INE)

A Reabilitação em Portugal tem vindo a compreender novos mercados, não se restringindo apenas ao sector habitacional, sendo possível perceber neste estudo que, neste momento, o mercado da habitação está praticamente reduzido a metade dos valores totais das obras de reabilitação.

Entre 2010 e 2015 as obras de reabilitação registaram um decréscimo da reabilitação habitacional de 68.3% para os 57%. Contudo esta diminuição não impediu a reabilitação de ganhar peso no sector da construção habitacional, conforme demonstra a imagem seguinte.



Fonte: INE, Estatísticas das Obras Concluídas
 Nota: Informação de 2015 com base nas Estimativas de Obras Concluídas.

Figura 3.16 – Peso das obras de reabilitação no total de obras concluídas e do destino da habitação familiar no total de obras de reabilitação, 2015 (Fonte: INE)

Como foi assinalado anteriormente é possível subdividir a reabilitação em ampliação, alteração e reconstrução e, entre o período 2010-2015, as obras de ampliação mantiveram a predominância. Em 2015 as obras de ampliação representaram 68,4% do total das obras de reabilitação, as obras de alteração representaram 17% e as obras de reconstrução 14,6%.

A imagem seguinte fornece um resumo dos números desses 6 anos, realçando as obras habitacionais entre o total das obras de reabilitação.

Ano	Alteração				Ampliação				Reconstrução			
	Total	% ⁽¹⁾	Habitação Familiar	% ⁽²⁾	Total	% ⁽¹⁾	Habitação Familiar	% ⁽²⁾	Total	% ⁽¹⁾	Habitação Familiar	% ⁽²⁾
2010	1 257	18,4	767	61,0	4 806	70,2	3 270	68,0	781	11,4	639	81,8
2011	1 161	17,6	719	61,9	4 718	71,6	3 213	68,1	706	10,7	549	77,8
2012	1 275	18,3	797	62,5	4 800	69,0	3 201	66,7	879	12,6	662	75,3
2013	852	18,1	547	64,2	3 335	70,7	2 137	64,1	532	11,3	400	75,2
2014 ⁽³⁾	769	17,3	359	46,7	3 046	68,5	1 694	55,6	632	14,2	441	69,8
2015 ⁽³⁾	623	17,0	310	49,8	2 506	68,4	1 392	55,5	535	14,6	372	69,5

Fonte: INE, Estatísticas das Obras Concluídas

Nota:

(1) Peso do tipo de obra no total de obras de reabilitação.

(2) Peso do destino Habitação Familiar no total do tipo de obra.

(3) Informação de 2014 e 2015 com base nas Estimativas de Obras Concluídas.

Figura 3.17 – Obras de reabilitação por tipo de obra, 2015 (Fonte: INE)

No que diz respeito aos prazos de execução, foi possível verificar que em 2015 a reconstrução apresenta um prazo de efetivo de 20 meses, a ampliação de 15 meses e a alteração de 11 meses.

3.2 BENEFICIAÇÃO ENERGÉTICA E ACÚSTICA

Segundo os dados da DGEG/MEC os principais consumidores de energia em Portugal são a indústria e os edifícios domésticos. A imagem seguinte apresenta os consumos de energia dos principais consumidores entre 2005 e 2014.

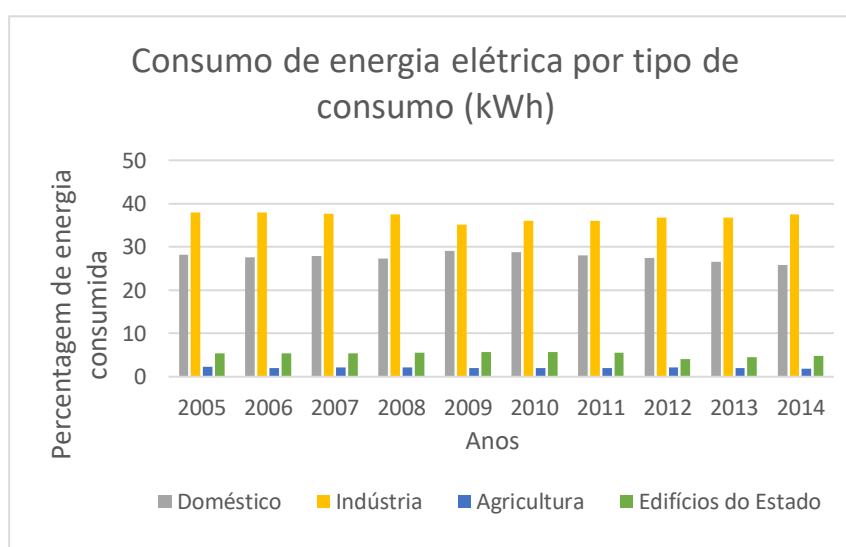


Figura 3.18 – Consumo de energia elétrica por tipo de consumo (kWh), 2014 (Fonte: PORDATA)

Uma grande parte do impulso sentido no setor da reabilitação passa pelo combate a este consumo e a beneficiação energética dos edifícios. Os engenheiros e as empresas criaram as soluções construtivas e os materiais competentes para a beneficiação energética se tornasse muito competitiva no mercado. Hoje em dia os utilizadores dos edifícios compreendem que o binómio investimento/proveito é suficientemente apelativo para justificar esse investimento.

Desde sempre que o Homem procurou manter-se quente e por consequência manter a sua habitação quente, desde as peles de animais que vestiam, passando pelas fogueiras dentro das cavernas até às famosas lareiras, mas o Homem não se ficou por aqui. Ao longo do tempo os diversos intervenientes na fileira da construção procuraram os melhores materiais e soluções construtivas para atingir esse conforto. A pedra muito usada nas regiões serranas ou a cal utilizada para caiar as casas expostas ao sol, são exemplo dessa busca.

Foi durante esta pesquisa que começaram a surgir os primeiros isolantes térmicos, sendo hoje em dia a lâ mineral (MW), poliestireno expandido extrudido (XPS) e o poliestireno expandido moldado (EPS) os mais convencionais. Estes materiais deram origem à solução construtiva mais comum nos dias que correm, o isolamento térmico colocado pelo exterior, que deu origem ao sistema de reboco delgado armado sobre poliestireno expandido, ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems).

“Durante os anos 40 do Século XX, surgiu na Suécia um sistema de isolamento térmico de fachadas pelo exterior que era constituído por lâ mineral revestida com um reboco de cimento e cal. De acordo com alguns autores, o responsável pelo desenvolvimento dos sistemas de reboco delgado armado sobre poliestireno expandido, teria sido Edwin Horbach. Testou diferentes composições de reboco, diversos produtos de reforço e materiais de isolamento. Após contactos com um fabricante alemão de poliestireno expandido, o seu sistema de isolamento térmico começou a ser usado no final dos anos 50.

A primeira utilização de um sistema de revestimento e isolamento térmico pelo exterior em grande escala foi efetuada na Alemanha nos finais da década de 1950. A aplicação visava impedir que os grãos de açúcar em silos se pegassem sob a ação da condensação. O primeiro uso doméstico, também naquele país, deu-se no início da década seguinte. Desde então e especialmente após a crise do petróleo na década de 70, estes sistemas que poupam energia e regulam o ambiente interno dos edifícios têm sido usados desde a Sibéria à Arábia Saudita. Hoje, na Alemanha onde o sistema mais desenvolvimento sofreu, cerca de 60% das novas construções são equipadas com sistemas de isolamento térmico pelo exterior.”⁽⁴⁾ Acabou por aparecer em Portugal com grande procura na reabilitação no início do século XXI, onde adquiriu o nome de “Capoto”, fruto do *Cappotto* italiano que invadiu o mercado.

Mas o desenvolvimento não se ficou pelos materiais de isolamento, como são exemplo os anteriores, aos quais podemos somar os aglomerados de cortiça expandida (ICB), espuma rígida de poliuretano (PUR), os betões isolantes, os tijolos térmicos, as borrachas e a introdução das barreiras de

ar. A tentativa de retirar maior rendimento energético evoluiu muito pelas soluções construtivas e o próximo passo do setor da construção é a aplicação da arquitetura bioclimática, recorrendo aos sistemas de passivos de aquecimento ou arrefecimento, que potenciam ganhos diretos e indiretos. Estes sistemas passivos são variados e são exemplo: elementos de sombreamento, ventilação natural, construções enterradas, arrefecimento evaporativo, arrefecimento por radiação ou evaporação noturna, paredes de Trombe, estufas, sistema termossifão, sistemas de reflexão e redirecionamento de luz e sistemas de condução de luz.

O grande objetivo da beneficiação energética é a redução dos consumos de energia, sobretudo os de origem fóssil e nesse sentido a microprodução de energia também se torna um investimento interessante e que em Portugal adquiriu diversos interessados, muito graças aos incentivos do estado e das empresas de fornecimento de energia. A microprodução de energia assenta em: sistemas solares térmicos ou fotovoltaicos, sistemas eólicos, biomassa, geotermia, mini-hídrica, aerotérmica e geotérmica.

A acústica tem sido mais descurada pela indústria da construção. Os produtos desenvolvidos acabam por ser pouco apelativos para o mercado, mostrando-se demasiado caros para a importância que lhe é atribuída e a grande parte do seu desenvolvimento prático surge como consequência do desenvolvimento de outros materiais. Apesar de a indústria da acústica mostrar desempenhos extraordinários no mercado da insonorização, sejam eles isolamentos em auscultadores, insonorização de motores ou de salas de espetáculos e estúdios de música, a indústria da construção apenas procura nos outros materiais (material estrutural, de revestimento ou isolamento) os que têm melhor comportamento acústico.

3.3 RETORNO FINANCEIRO DO INVESTIMENTO

O grande desafio da reabilitação é o retorno financeiro do Investimento. Se excluirmos os casos de reabilitação de um edifício (principalmente uma habitação), porque há uma relação emocional com o mesmo, todas os outros casos envolvem uma contrapartida financeira. Há os casos em que se vai avaliar qual é o melhor investimento, construção nova/reabilitação e os casos em se vai avaliar se o investimento que se vai fazer em materiais e/ou equipamentos, vai traduzir uma poupança nos custos de utilização e/ou manutenção.

Assim é possível compreender que o retorno financeiro do investimento realizado é a maior chave da reabilitação. A sustentabilidade de um financiamento é aquilo que dá a segurança necessária ao investidor para agir. Por sua vez, importa também referir que a geração do século XX e XXI está cada vez

mais sensibilizada para outra sustentabilidade, a do planeta e seus recursos e também aqui a reabilitação se pode tornar um ponto chave, tanto a nível moral como financeiro.

Em Portugal já foram realizados alguns estudos e documentados os respetivos resultados sobre o tema do retorno financeiro de um investimento. Este tipo de estudos relaciona os diferentes materiais, as diferentes técnicas de aplicação, o uso de mais ou menos quantidade de material (espessura e densidades), as orientações e locais de aplicação com o custo dos produtos e das diferentes fontes de energia. Um exemplo desse tipo de estudos é a publicação: “Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais”, proposto e financiado pelo FEDER, pelo Ministério das Atividades Económicas e do Trabalho, pela Direção Geral da Geologia e Energia e pelo Programa de incentivos à moderação da Economia (prime), editado em Novembro de 2014.

Este estudo possibilitou determinar o limite máximo do acréscimo marginal de 1 cm sobre as espessuras de isolamento, considerando um período de retorno do investimento razoável (8 anos), tendo em conta cada zona climática e forma de energia (eletricidade tarifa simples, eletricidade tarifa bi-horaria, gás natural, gás propano e gasóleo). Foi testado a aplicação de isolamento térmico através de placas de EPS, tanto pelo exterior como pelo interior, isolamento térmico inferior à laje de pavimento (sobre a garagem e arrecadações) em lã mineral, isolante térmico na cobertura inclinada (desvão não habitado), sobre a esteira horizontal, em EPS e isolamento térmico numa cobertura horizontal de um edifício de habitação, tipo isolante suporte de impermeabilização, em EPS.

Este estudo permitiu concluir à época (2014) e à luz da legislação em vigor (RCCTE), que “de um modo geral, as espessuras de isolamento correspondentes aos valores de U de referência do RCCTE são geralmente inferiores aos limites máximos para os quais existe viabilidade económica, sendo por isso aconselhável a utilização de níveis de isolamento mais elevados, sobretudo para certos tipos de fontes energéticas para aquecimento mais dispendiosas, garantindo-se deste modo menores necessidades energéticas e menores custos globais de funcionamento dos edifícios”⁽⁵⁾

3.4 AVALIAÇÃO TÉRMICA E ACÚSTICA

A história da regulamentação térmica bem mais longa do que aquilo que a atual insistência no tema nos deixa pensar. A regulamentação em Portugal surge com a publicação, em 1982, das Regras de Qualidade Térmica da Envolvente de Edifícios (RQTEE) e do Regulamento de Gestão do consumo de Energia (RGCE), este último com o intuito de reduzir os grandes consumos e estabelecer metas para as empresas. Em 1994, a nova legislação veio aplicar os mesmos conceitos a edifícios.

Após Portugal entrar na Comunidade Económica Europeia (CEE), em 1958, atual União Europeia (EU), viu-se obrigado a implementar a regulamentação comunitária. Deste modo, em 1990. é publicado o

Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), através do Decreto-lei n.º40/90 de 6 de Fevereiro, que estabelece os requisitos mínimos na verificação da qualidade e conforto térmico de edifícios.

A 16 de dezembro de 2002, a União Europeia, motivada pelo aumento constante dos consumos de energia, aliado ao Protocolo de Quioto (1997), que pretendia reduzir as emissões de dióxido de carbono e promover o bom desempenho dos edifícios europeus, aprovou uma directiva (n.º.2002/91/CE). Esta directiva obriga os Estados membros da União Europeia a implementar um sistema de certificação energética para os casos de: obtenção de licença e utilização em edifícios novos, reabilitação importante de edifícios existentes, locação ou venda de edifícios de habitação e de serviços existentes (certificado com validade máxima de 10 anos) e edifícios públicos (de serviços) com mais de 1000 m².

A 4 de Abril de 2006 a directiva europeia é transporta para o Direito Nacional, iniciando-se a aplicação do Decreto-Lei n.º. 80/2006/ de 4 de Abril que aprovava a nova versão do RCCTE, mantendo os objetivos do regulamento anterior mas aumentando o nível de exigência.

Em 2013 a legislação sofre nova alteração com o aparecimento do Decreto-Lei n.º. 118/2013/ 20 de Agosto, que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), transpondo a directiva CPBD-RECAST do Parlamento Europeu e do Conselho, a Directiva n.º2010/31/EU, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Existe uma separação clara do âmbito de Aplicação do REH e do RECS, incidindo o primeiro, exclusivamente, sobre os edifícios de habitação e este último sobre os de comércio e serviços.

O Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), documento base para a análise do desempenho energético, estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto, define, segundo a página www.reh.pt, “os requisitos para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, bem como os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, em condições nominais, de todos os edifícios de habitação e dos seus sistemas técnicos, no sentido de promover a melhoria do respetivo comportamento térmico, a eficiência dos seus sistemas técnicos e a minimização do risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente.”⁽⁶⁾

Segundo o artigo n.º 24, este diploma estabelece sobretudo os:

“a) Requisitos de qualidade térmica da envolvente nos novos edifícios e nas intervenções em edifícios existentes, expressos em termos de coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca e de fator solar dos vãos envidraçados;

b) Requisitos de ventilação dos espaços, impondo um valor mínimo de cálculo para a taxa de renovação do ar em edifícios novos e respetiva adaptação no caso de intervenções em edifícios existentes;

c) Valores de necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento do edifício e limites a observar no caso de edifícios novos e de grandes intervenções em edifícios existentes.”⁽⁷⁾

Atualmente a classificação da classe energética de uma habitação (R_{nt}) é obtida pela razão entre as necessidades nominais de energia primária (N_{tc}) e o valor máximo das necessidades de energia primária (N_t).

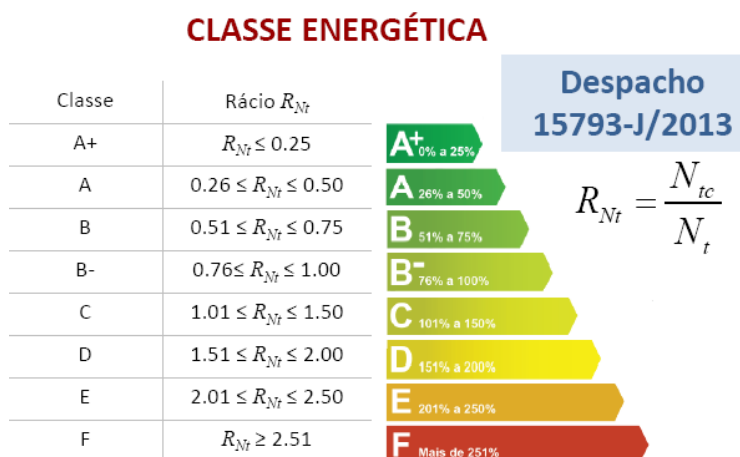


Figura 3.19 – Quadro resumo da Classe Energética de um edifício (Fonte: LNEG)

A regulamentação acústica em Portugal tem uma história igualmente longa. Em 1988 entrou em vigor o Decreto-Lei nº.251/87 de 24 de Junho que incidia essencialmente na relação entre a acústica de edifícios e o exercício de atividades comerciais e serviços, estabelecendo requisitos a serem cumpridos em edifícios novos. Este documento compreendia o isolamento sonoro e sons aéreos e de percussão e as condições de licenciamento de estabelecimentos comerciais e similares.

No ano 2000 a acústica foi dividida em dois ramos, o ambiental e o da edificação.

O ramo ambiental deu origem ao Regime Legal da Poluição Sonora, Decreto-Lei nº.292/2000, de 14 de Novembro, criou articulação com outras leis, reforçou a atuação preventiva, adotou figuras de planeamento específicas, regulou as atividades temporárias geradoras de ruído e do ruído de vizinhança, aperfeiçoou o regime sancionatório e a previsão de medidas cautelares. Este viria a ser atualizado em 2007, pelo Regulamento Geral do Ruído (RGR), com a finalidade de reduzir o número de cidadãos expostos ao ruído em respeito da Diretiva Europeia sobre Gestão e Avaliação do Ruído Ambiente.

A acústica de edifícios teve como documento regulador o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, Decreto-Lei nº. 129/2002, de 11 de Maio e depois o Decreto-Lei nº.9/2007, de 17 de janeiro. Mais tarde foi alvo de revisão, a fim de se compatibilizar com RGR, dando origem ao Decreto-Lei nº. 96/2008, de 9 de Junho, que “regula a vertente do conforto acústico no âmbito do regime da edificação,

contribuindo para a melhoria da qualidade do ambiente acústico e para o bem-estar e saúde das populações, em articulação com o regime jurídico relativo ao ruído ambiente.”⁽⁸⁾

Atualmente o RRAE, no que diz respeito a Edifícios habitacionais e mistos, obriga ao cumprimento de limites no que toca a sons de condução aérea e de percussão, sendo eles.

Isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m, nT, w}$, entre o exterior do edifício e quartos ou zonas de estar dos fogos.

Isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT, w}$, entre compartimentos de um fogo, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar de outro fogo, como locais recetores.

Isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT, w}$, entre locais de circulação comum do edifício, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais recetores.

Isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT, w}$, entre locais do edifício destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais recetores.

Isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT, w}$, proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos dos outros fogos ou de locais de circulação comum do edifício, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos (não se aplica, se o local emissor for um caminho de circulação vertical, quando o edifício seja servido por ascensores).

Isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT, w}$, proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos de locais do edifício destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos.

No interior dos quartos e zonas de estar dos fogos, o nível de avaliação, $L_{Ar, nT}$, do ruído particular de equipamentos coletivos do edifício, tais como ascensores, grupos hidropressores, sistemas centralizados de ventilação mecânica, automatismos de portas de garagem, posto de transformação de corrente elétrica e instalações de escoamento de águas.

INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO DO “BAIRRO DA COXA”

Para efeito do estudo da eficiência energética e acústica do presente relatório, apenas foi estudado o bloco A. Este é composto por tipologias T2, T3 e T4 conforme o apresentado nas figuras 4.2 e 4.3.



Figura 4.2 – Alçado Sul do bloco A do “Bairro da Coxa”



Figura 4.3 – Divisão por tipologias do bloco A do “Bairro da Coxa”

As plantas tipo e cortes de cada uma das tipologias são as apresentadas nas figuras 4.4 a 4.9.

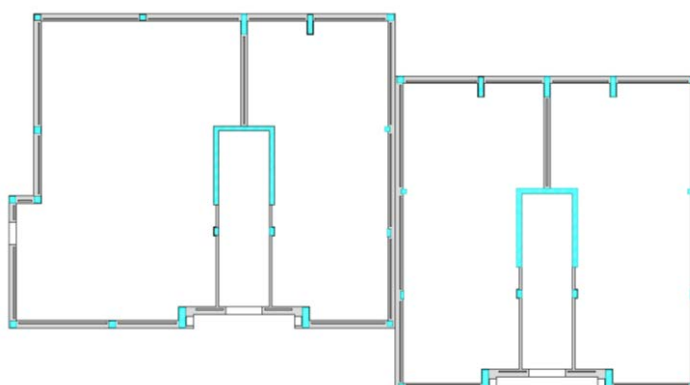


Figura 4.4 – Planta tipo T4-T2 e T2-T2 (R/C)

INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO DO "BAIRRO DA COXA"

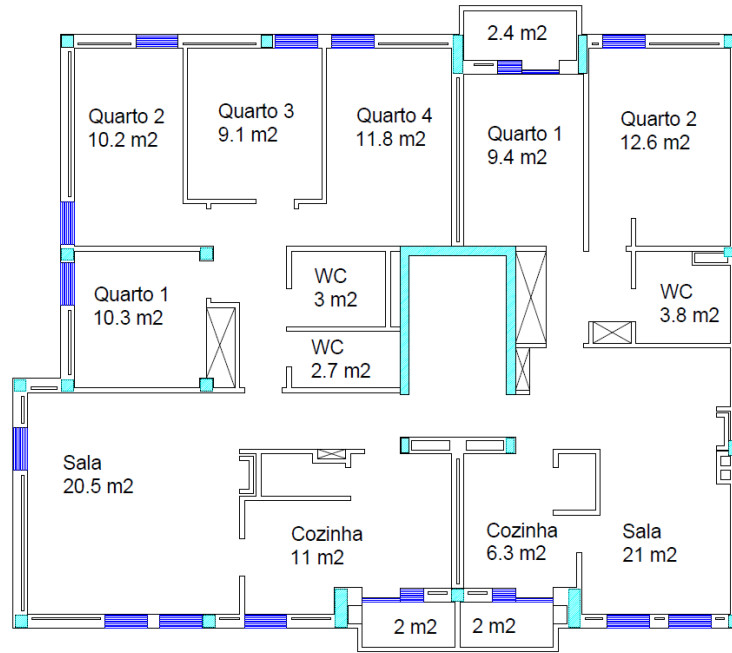


Figura 4.5 – Planta tipo T4-T2 (1º; 2º; 3º)

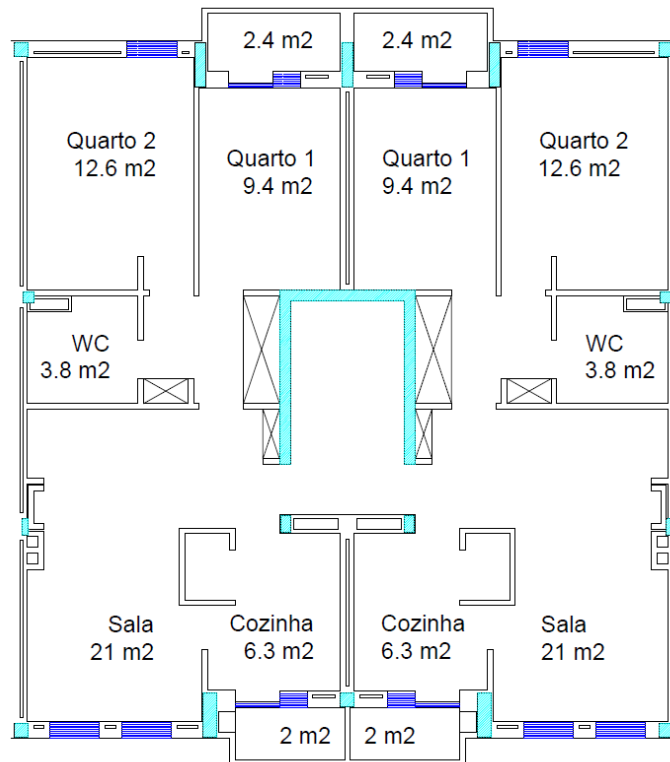


Figura 4.6 – Planta tipo T2-T2 (1º; 2º; 3º)

INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO DO “BAIRRO DA COXA”

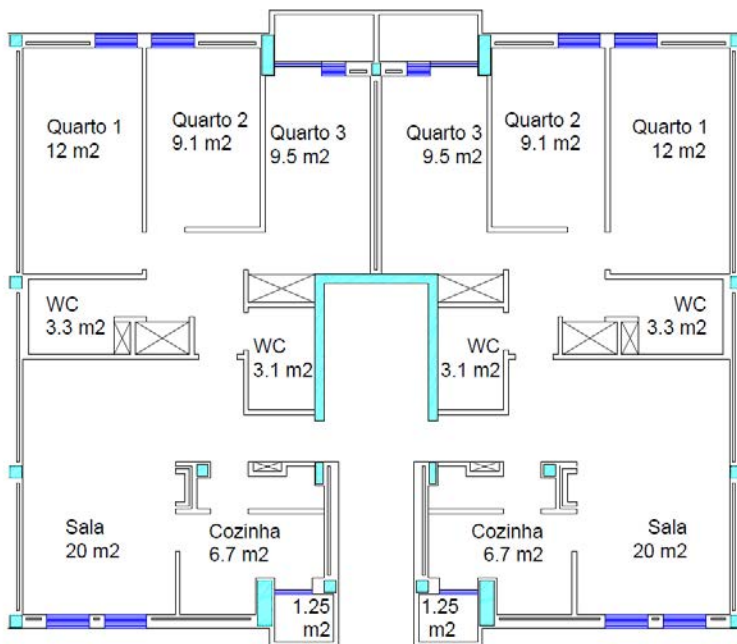


Figura 4.7 – Planta tipo T3-T3 (R/C)

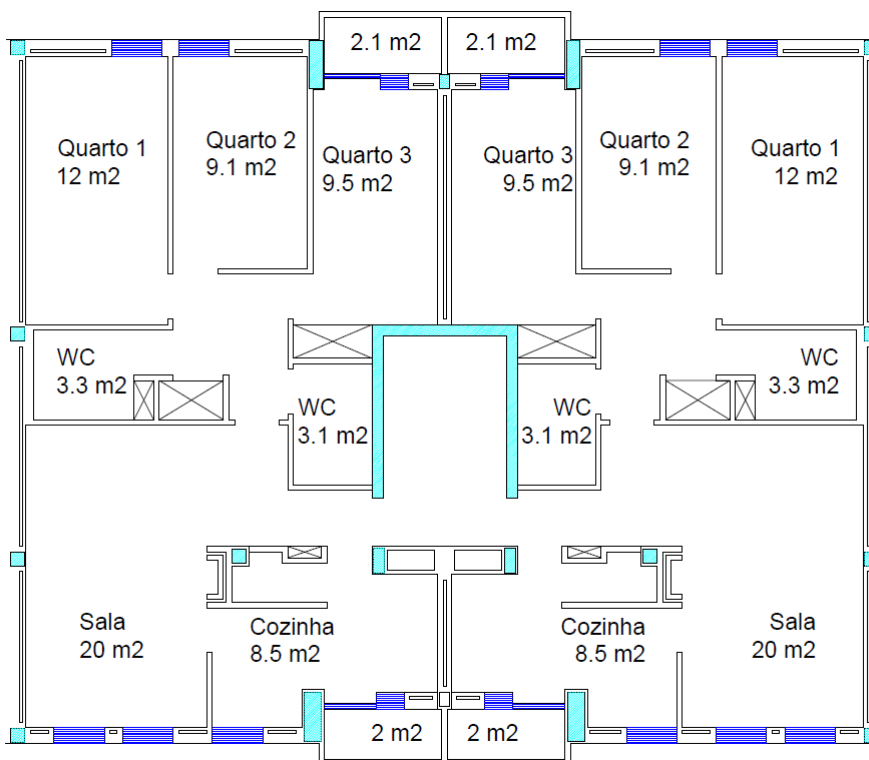


Figura 4.8 – Planta tipo T3-T3 (1º; 2º)

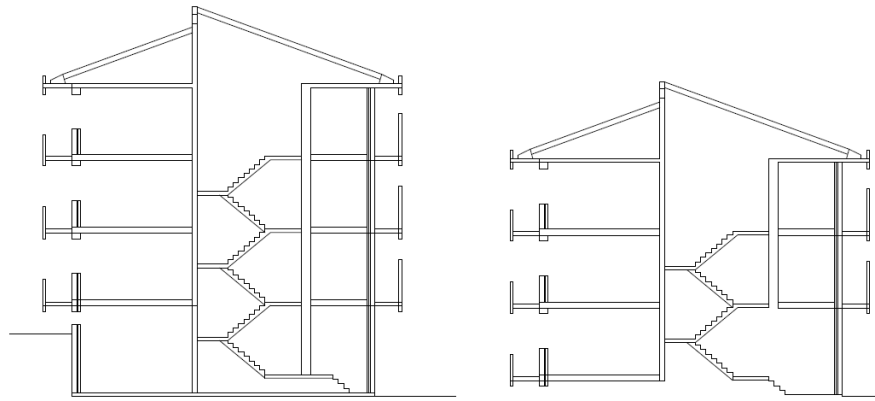


Figura 4.9 – Corte vertical tipo dos Edifícios de 4 pisos (T4-T2 e T2-T2) e 3 pisos (T3-T3)

4.1.1 Soluções construtivas pré intervenção de reabilitação

Uma vez que não foram fornecidos pela Câmara de Bragança documentos com os planos pormenor dos elementos de construção, os mesmos foram arbitrados tendo em conta as plantas fornecidas, as visitas ao local e o conhecimento geral da construção da época.

Como solução construtiva para as paredes exteriores definiu-se 2 cm de reboco + 15 cm de tijolo cerâmico furado + 5 cm de caixa-de-ar + 7 cm de tijolo cerâmico furado + 2 cm de reboco.

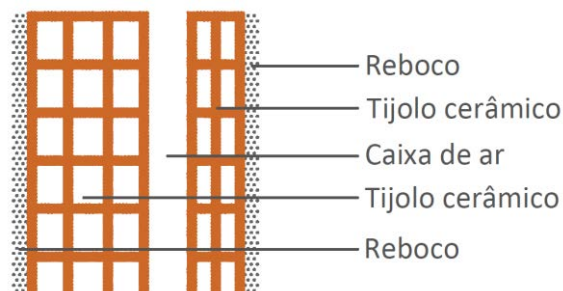


Figura 4.10 – Solução construtiva tipo de parede exterior – Pré intervenção

Como solução construtiva para as paredes entre um fogo e a caixa de escadas foi definido 2 cm de reboco + 20 cm de betão armado + 2 cm de reboco.



Figura 4.11 – Solução construtiva tipo de parede para caixa de escadas – Pré intervenção

INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO DO “BAIRRO DA COXA”

No caso das paredes entre edifícios adjacentes definiu-se como solução construtiva 2 cm de reboco + 15 cm de tijolo cerâmico furado + 5 cm de caixa-de-ar + 15 cm de tijolo cerâmico furado + 2 cm de reboco.

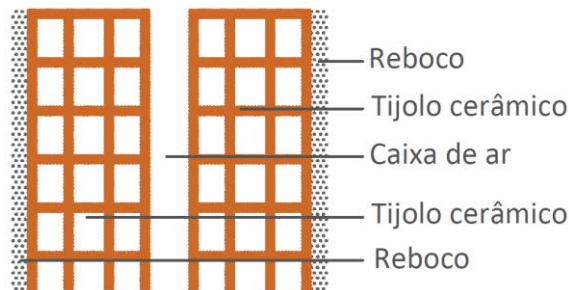


Figura 4.12 – Solução construtiva tipo de parede para edifícios adjacentes – Pré intervenção

Como solução construtiva para o pavimento sobre o desvão sanitário foi definido 20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 2 cm de betonilha de regularização + 3 cm de revestimento (taco de madeira semi-densa).

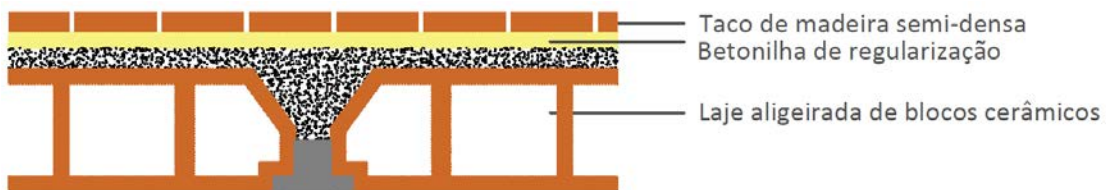


Figura 4.13 – Solução construtiva tipo de pavimento sobre desvão sanitário – Pré intervenção

No caso do pavimento sobre comércio ou serviços definiu-se como solução construtiva 2 cm de estuque + 20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 2 cm de betonilha de regularização + 3 cm de revestimento (taco de madeira semi-densa).

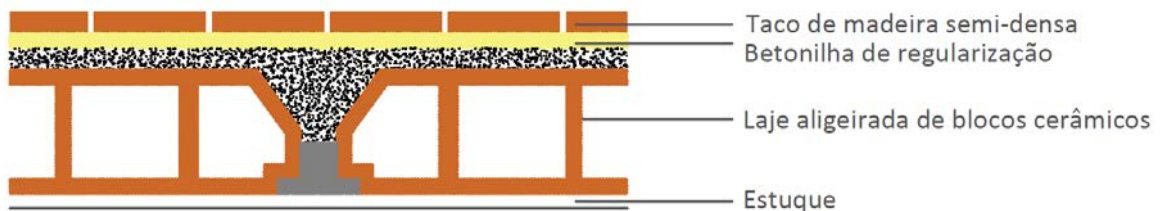


Figura 4.14 – Solução construtiva tipo de pavimento sobre comércio/serviços – Pré intervenção

Como solução construtiva de pavimento para desvão sob cobertura definiu-se 2 cm de estuque + 20cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 6 cm isolante do tipo XPS, sendo a cobertura composta por madres e vigas de betão nas quais assenta telha cerâmica.

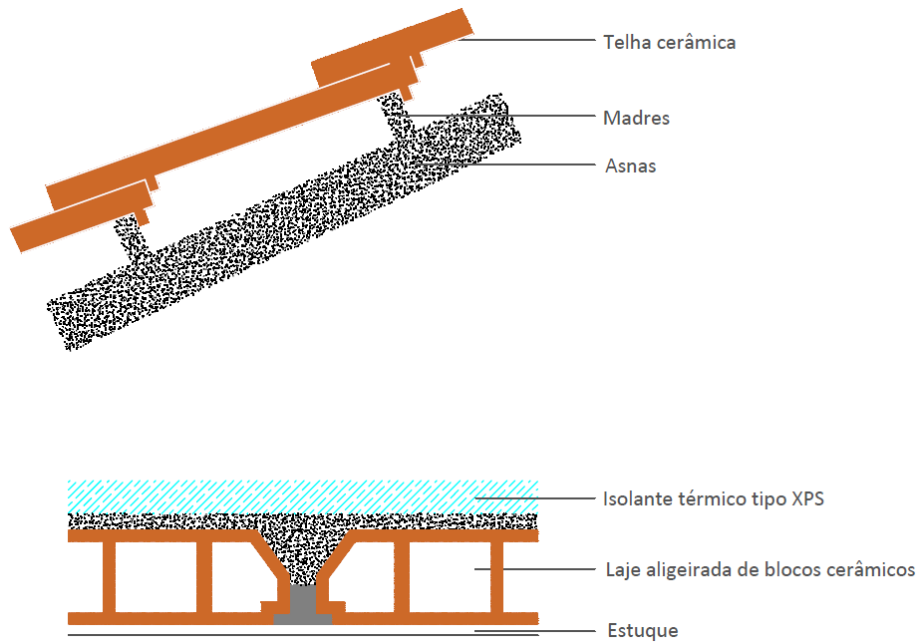


Figura 4.15 – Solução construtiva tipo de pavimento para desvão sob cobertura – Pré intervenção

Os vãos envidraçados são compostos por janela simples, giratória, em caixilharia de madeira e vidro simples incolor de 4 mm à qual se soma uma proteção exterior de cor clara (persiana).



Figura 4.16 – Solução tipo de vão envidraçado – Pré intervenção

INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO DO “BAIRRO DA COXA”

Para a preparação das águas quentes sanitárias é usado um esquentador a gás butano.



Figura 4.17 – Solução tipo para preparação de AQS – Pré intervenção

4.2 DESCRIÇÃO DA INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO

A Intervenção de reabilitação colocada a concurso pela Câmara Municipal de Bragança tem como título **“Melhoria da Eficiência Energética no Bairro Social da Coxa”** e nessa perspetiva aborda 4 áreas de intervenção: Fachada, Cobertura, Envolvente Envidraçada e Sistema de Preparação de AQS. Esta reabilitação passará pela colocação de isolamento térmico em fachadas, numa área que ronda os 7825 m², alteração do revestimento das coberturas e colocação de isolamento numa área com cerca de 3650 m², substituição de 1009 caixilharias, incluindo a criação (substituição das que, entretanto, foram construídas) de 105 marquises e reabilitação de 114 equipamentos de preparação de AQS. Além dos trabalhos anteriormente descritos, serão executados outros trabalhos, de forma pontual, com carácter de conservação, nos vários edifícios a intervencionar. O prazo de execução desta obra é de 365 dias, um ano.

A Câmara Municipal de Bragança encara esta obra como um claro investimento na melhoria das condições de vida das pessoas que habitam as habitações do “Bairro da Coxa”. Por se tratarem de habitações de carácter social, onde a folga financeira dos habitantes é substancialmente diminuída, foi dada prioridade à aposta na utilização de sistemas passivos e com o menor custo de execução possível.

4.2.1 Soluções construtivas pós intervenção de reabilitação

Para a reabilitação das fachadas foi decidido pela CMB a aplicação de isolamento em paredes exteriores com sistema ETICS com recurso a placas de polistireno expandido moldado (EPS) classificadas segundo a EN 13163, ou equivalente. No primeiro nível, três metros de arranque no solo, foi colocado EPS com 50 mm de espessura, resistência à compressão de 150 KPa para uma deformação de 10% e uma condutibilidade térmica não superior a 0,035W/m°C. No segundo nível, após os três metros de arranque no solo, foram colocadas placas de EPS com 50 mm de espessura, resistência à compressão de 100 KPa para uma deformação de 10% e uma condutibilidade térmica não superior a 0,0375W/m°C.

Para a reabilitação das coberturas foi decidido adicionar isolamento térmico sobre laje em painel semirrígido em lã de rocha vulcânica segundo EN 13162, não revestido, de 80 mm de espessura, resistência térmica 2,29 m²°C/W, condutibilidade térmica 0,035 W/m°C. Além desta aplicação, procedeu-se ainda à substituição da telha cerâmica por painéis tipo "sandwich" com 30 mm de espessura, constituídos por chapa metálica, na coloração definida pelo RAL 9006 e com resistência apropriada para apoio na estrutura existente.

De modo a reabilitar a envolvente envidraçada procedeu-se à substituição das caixilharias existentes, em madeira, por novas caixilharias compostas por PVC branco, classificada em relação à permeabilidade ao ar, como classe 3, segundo a Norma EN 12207, no sentido de reduzir as perdas por renovação de ar, assegurando ainda a perfeita vedação das mesmas com vedante apropriado (borracha). Os vidros são duplos incolores 4 mm + 6 mm com caixa-de-ar de 16 mm, incluindo estores com caixa isolada nos vãos de abrir e excluídos nos de correr, estes últimos a aplicar nas varandas para a criação de marquises.

Na reabilitação dos sistemas de produção de AQS procedeu-se à instalação de coletores solares, um coletor normal 2x1x1m, termossifão, depósito 200l em inox com duas serpentinas e R.E., controlador solar, kit hidráulico, tubagem e montagem, para apartamentos com a tipologia T2 e dois coletores normais 2x2x1m, termossifão, depósito 300l em inox com duas serpentinas e R.E., controlador solar, kit hidráulico, tubagem e montagem, para apartamentos com a tipologia T3 e T4. Estes são apoiados pelos esquentadores existentes antes da intervenção.

Desta forma, juntando às soluções construtivas originais, arbitradas anteriormente, as soluções para a intervenção de reabilitação no “Bairro da Coxa”, é possível definir novas soluções construtivas pós intervenção de reabilitação.

Como nova solução construtiva para as paredes exteriores definiu-se 5 cm EPS acabado com reboco delgado armado + 2 cm de reboco exterior + 15 cm tijolo + 5 cm caixa-de-ar + 7 cm tijolo + 2 cm reboco.

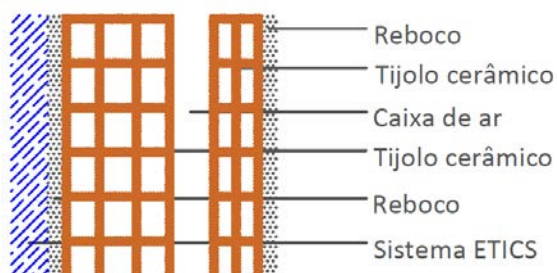


Figura 4.18 – Solução construtiva tipo de parede exterior – Pós intervenção

Como nova solução construtiva para as paredes para marquise foi definido 2 cm de reboco + 15 cm de tijolo cerâmico furado + 5 cm de caixa-de-ar + 7 cm de tijolo cerâmico furado + 2 cm de reboco, mantendo-se as características da parede exterior não reabilitada.

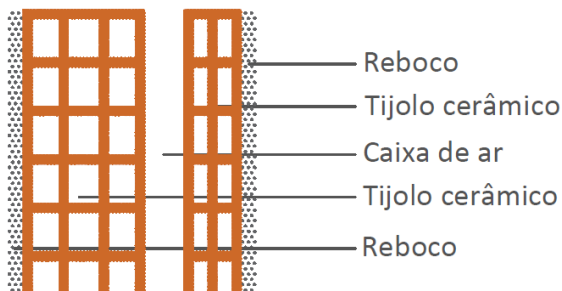


Figura 4.19 – Solução construtiva tipo de parede para caixa de escadas – Pós intervenção

A solução construtiva para as paredes entre um fogo e a caixa de escadas é constituída por 2 cm de reboco + 20 cm de betão armado + 2 cm de reboco, igual à situação original, uma vez que não é alvo de intervenção.



Figura 4.20 – Solução construtiva tipo de parede para caixa de escadas – Pós intervenção

No caso das paredes entre edifícios adjacentes definiu-se como solução construtiva 2 cm de reboco + 15 cm de tijolo cerâmico furado + 5 cm de caixa-de-ar + 15 cm de tijolo cerâmico furado + 2 cm de reboco, também esta igual à solução pré intervenção de reabilitação.

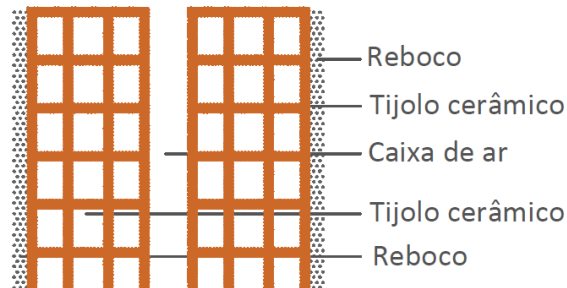


Figura 4.21 – Solução construtiva tipo de parede para edifícios adjacentes – Pós intervenção

Como solução construtiva para o pavimento sobre o desvão sanitário foi definida uma solução igual à solução original com 20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 2 cm de betonilha de regularização + 3 cm de revestimento (taco de madeira semi-densa).

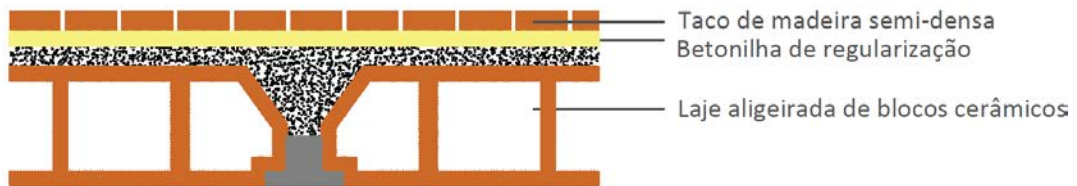


Figura 4.22 – Solução construtiva tipo de pavimento sobre desvão sanitário – Pós intervenção

No caso do pavimento sobre comércio ou serviços definiu-se como solução construtiva 2 cm de estuque + 20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 2 cm de betonilha de regularização + 3 cm de revestimento (taco de madeira semi-densa), mais uma vez igual à solução construtiva pré intervenção de reabilitação, já que este também não foi alvo de intervenção.

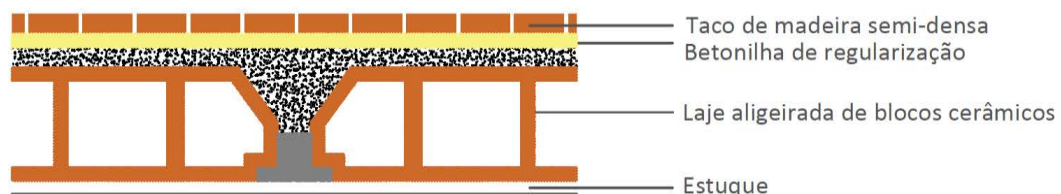


Figura 4.23 – Solução construtiva tipo de pavimento sobre comércio/serviços – Pós intervenção

INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO DO “BAIRRO DA COXA”

Como solução construtiva de pavimento para desvão sob cobertura definiu-se 2 cm de estuque + 20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 6 cm isolante do tipo XPS, sendo a cobertura composta por madres e vigas de betão nas quais assenta telha cerâmica.

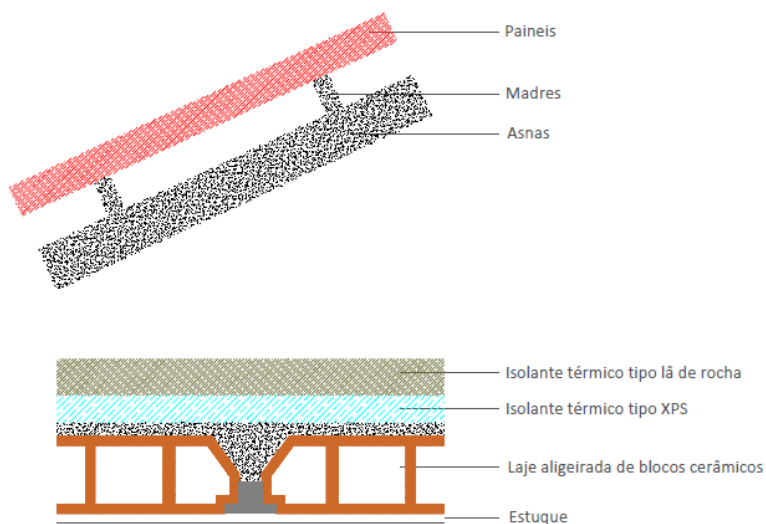


Figura 4.24 – Solução construtiva tipo de pavimento para desvão sob cobertura – Pós intervenção

Os vãos envidraçados pós intervenção de reabilitação são compostos por janela simples com caixilharia em PVC, vidro duplo incolor 4 + 16 + 6 mm, janela giratória, à qual se soma uma proteção exterior de cor clara (persiana).



Figura 4.25 – Solução tipo de vão envidraçado – Pós intervenção

Para a preparação das águas quentes sanitárias (AQS) será instalado um coletor solar do tipo termossifão, a fim de tirar rendimento das energias provenientes de fontes renováveis, neste caso o sol.



Figura 4.26 – Exemplo de solução tipo para preparação de AQS – Pós intervenção

5 ESTUDO E AVALIAÇÃO TÉRMICA PRÉ E PÓS INTERVENÇÃO

5.1 METODOLOGIA ADOTADA

Os edifícios de habitação atualmente construídos, ou alvos de intervenção, devem respeitar o disposto no REH (Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto), a fim de obterem uma classificação relativa ao seu comportamento térmico e desempenho energético. Todavia, qualquer habitação alvo de comercialização/transação deve deter um registo da sua eficiência térmica, segundo a metodologia proposta no mesmo documento, não sendo, porém, obrigada ao cumprimento de nenhum limite de desempenho.

Neste caso, a fim de se compreender o comportamento térmico e o desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa”, foram utilizadas, de forma a simplificar o processo de cálculo, as folhas de cálculo já indicadas no capítulo 2:

- Folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios, de acordo com o REH (versão V2.25, 03 de Junho de 2016);
- Aplicação LNEC para ventilação no âmbito do REH e RECS (versão V2.0a, 2014-02-12);
- SCE.ER (versão 1.3 build 5, 2016-08-12);
- EcoREN (versão 1, Dezembro 2015);
- Calumen (versão 1.3.5. 180).

5.2 RESULTADOS OBTIDOS PRÉ INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO

Neste contexto de pré intervenção, foram alvo de avaliação do comportamento térmico e desempenho energético todas as frações pertencentes ao bloco A do “Bairro da Coxa”, perfazendo um total de 18 avaliações.

5.2.1 Coeficiente de transmissão térmica

Os valores dos coeficientes de transmissão térmica foram calculados tendo como base as fichas técnicas dos produtos e o ITE 50, do LNEC. Estes valores são apresentados no quadro que se segue.

Quadro 5.1 – Soluções construtivas pré intervenção de reabilitação

Elemento	Caracterização	U (W/m ² .°C)	U _{máx} (W/m ² .°C)	U _{ref} (W/m ² .°C)
Parede exterior	2 cm de reboco + 15 cm de tijolo cerâmico furado + 5 cm de caixa-de-ar + 7 cm de tijolo cerâmico furado + 2 cm de reboco	1,12	0,35	0,3
Parede para caixa de escadas	2 cm de reboco + 20 cm de betão armado + 2 cm de reboco	2,63	1,90	0,6
Parede para edifícios adjacentes	2 cm de reboco + 15 cm de tijolo cerâmico furado + 5 cm de caixa-de-ar + 15 cm de tijolo cerâmico furado + 2 cm de reboco	0,85	1,90	0,6
Pavimento sobre desvão sanitário	20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 2 cm de betonilha de regularização + 3 cm de revestimento (taco de madeira semi-densa)	1,49	1,20	0,50
Pavimento sobre comércio/serviços	2 cm de estuque + 20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 2 cm de betonilha de regularização + 3 cm de revestimento (taco de madeira semi-densa)	1,49	0,30	0,25
Pavimento sob desvão de cobertura	2 cm de estuque + 20cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 6 cm isolante do tipo XPS (+ madres e vigas de betão + telha cerâmica)	0,49 (ascendente) 0,47 (descendente)	0,30	0,25
Vãos envidraçados	Janela simples, giratória, em caixilharia de madeira e vidro simples incolor de 4 mm + proteção exterior de cor clara (persiana)	3,82	2,20	2,20

5.2.2 Renovação do ar interior

No que toca à taxa de renovação do ar, o valor de Rph das diferentes habitações variou entre os 1,05 e 1,14. Contudo é importante registar que os valores de Rph mais recorrentes variam entre os valores de 1,08 e 1,09.

5.2.3 Sistemas técnicos

Tal como já foi referido anteriormente, as habitações possuem apenas um sistema técnico para aquecimento de águas quentes sanitárias, esquentador a gás butano. No quadro seguinte apresentam-se as características energéticas do equipamento, que foram arbitradas para efeito de cálculo.

Quadro 5.2 – Dados energéticos da solução tipo de sistema de preparação de AQS pré intervenção de reabilitação

Identificação do Sistema	Função	Idade do sistema	Eficiência do Equipamento
Esquentador a gás butano	Águas Quentes Sanitárias	Antes de 1995	0,60

5.2.4 Balanço energético

Após os testes realizados às 18 frações foi possível obter os resultados apresentados no quadro 5.3. O mesmo revela os diferentes valores das taxas de renovação de ar (T_x Ren.), as necessidades nominais anuais de energia primária durante o inverno e verão (N_{IC} e N_{VC}) e a resposta máxima dada pelo edifício (N_I e N_V), assim como as necessidades nominais anuais de energia primária (N_{TC}), congregando todas as fontes de perda e aquisição de energia ao longo do ano, tal como a resposta máxima dada pela fração (N_T). Em complemento é ainda apresentada a produção de energia a partir de fontes renováveis (E_{REN}) e uma razão entre N_{TC} e N_T que nos permite chegar a um desempenho final de cada fração, compreendendo qual a capacidade de reposta face às necessidades.

Quadro 5.3 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” pré intervenção de reabilitação

Entrada	Fração	Tipologia	Tx. Ren. (R _{PH})	Nic (KWh/m ² .ano)	Ni (KWh/m ² .ano)	Nvc (KWh/m ² .ano)	Nv (KWh/m ² .ano)	Qa (KWh/ano)	Ntc (KWhEP/m ² .ano)	Nt (KWhEP/m ² .ano)	E _{ren,p} (KWh/ano)(*)	E _{ren,ext} (KWh/ano)(**)	Ntc/Nc
A	1º Esquerdo	T4	1,09	183,56	63,48	1,31	10,46	2972,00	528,92	209,89	0,00	0,00	2,52
	2º Esquerdo		1,08	111,08	50,70	2,99	10,46	2972,00	347,65	177,94	0,00	0,00	1,95
	3º Esquerdo		1,07	135,44	66,05	3,68	10,45	2972,00	408,62	216,32	0,00	0,00	1,89
	1º Direito	T2	1,08	155,84	64,43	1,12	10,49	1783,00	451,79	207,55	0,00	0,00	2,18
	2º Direito		1,07	104,52	47,23	2,75	10,49	1783,00	323,48	164,55	0,00	0,00	1,97
	3º Direito		1,05	130,24	63,82	3,38	10,49	1783,00	387,78	206,03	0,00	0,00	1,88
B	1º Esquerdo	T2	1,08	154,67	64,40	1,17	10,46	1783,00	448,87	207,45	0,00	0,00	2,16
	2º Esquerdo		1,07	103,46	47,29	2,84	10,46	1783,00	320,83	164,67	0,00	0,00	1,95
	3º Esquerdo		1,05	129,18	63,89	3,47	10,46	1783,00	385,14	206,17	0,00	0,00	1,87
	1º Direito	T2	1,08	149,30	63,03	1,13	10,46	1783,00	435,42	204,02	0,00	0,00	2,13
	2º Direito		1,07	98,11	45,91	2,86	10,46	1783,00	307,46	161,23	0,00	0,00	1,91
	3º Direito		1,05	123,82	62,52	3,49	10,46	1783,00	371,72	202,74	0,00	0,00	1,83
C	R/C Esquerdo	T3	1,09	139,26	55,92	1,20	10,40	2377,00	417,27	190,41	0,00	0,00	2,19
	1º Esquerdo		1,14	96,12	45,11	2,88	10,40	2377,00	307,52	162,21	0,00	0,00	1,90
	2º Esquerdo		1,10	120,83	61,60	3,56	10,40	2377,00	369,30	203,44	0,00	0,00	1,82
	R/C Direito	T3	1,09	165,95	64,93	1,17	10,40	2377,00	483,98	212,92	0,00	0,00	2,27
	1º Direito		1,14	109,43	44,89	3,04	10,40	2377,00	340,78	161,66	0,00	0,00	2,11
	2º Direito		1,10	145,72	70,36	3,12	10,40	2377,00	434,02	225,34	0,00	0,00	1,93

(*) corresponde à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação

(**) corresponde à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não inclusivos em E_{ren,p}

No quadro acima pode-se encontrar registos muito variados entre as habitações com melhor e pior eficiência energética. Ainda assim é de salientar um registo médio bastante equilibrado, muito fruto da maior abundância de frações de tipologia T2.

Seguindo o mesmo raciocínio, agrupando os resultados em diferentes categorias, procurar-se-á atingir conclusões de variados tipos. Neste contexto parece pertinente compreender de que forma as diferentes fronteiras horizontais, sobre comércio/desvão sanitário, entre pisos ou sob cobertura, afetam o desempenho das frações. Desta forma são apresentados, nos quadros 5.4 e 5.5, os valores médios por piso habitacional e os valores médios globais respetivamente.

Quadro 5.4 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” por piso habitacional pré intervenção de reabilitação

Fração	Tx. Ren. (RPH)	Nic (KWh/m ² .ano)	Ni (KWh/m ² .ano)	Nvc (KWh/m ² .ano)	Nv (KWh/m ² .ano)	Qa (KWh/ano)	Ntc (KWhEP/m ² .ano)	Nt (KWhEP/m ² .ano)	E _{ren,p} (KWh/ano)(*)	E _{ren,ext} (KWh/ano)(**)	Ntc/Nc
1º Piso Habitacional	1,09	191,43	62,70	1,18	10,45	2179,17	461,04	205,37	0,00	0,00	2,24
2º Piso Habitacional	1,10	103,79	46,86	5,89	10,45	2179,17	324,62	165,38	0,00	0,00	1,96
3º Piso Habitacional	1,07	130,87	64,71	3,45	10,44	2179,17	392,76	210,01	0,00	0,00	1,87

(*) corresponde à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação
(**) corresponde à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não inclusivos em E_{ren,p}

Quadro 5.5 – Média do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” pré intervenção de reabilitação

Fração	Tx. Ren. (RPH)	Nic (KWh/m ² .ano)	Ni (KWh/m ² .ano)	Nvc (KWh/m ² .ano)	Nv (KWh/m ² .ano)	Qa (KWh/ano)	Ntc (KWhEP/m ² .ano)	Nt (KWhEP/m ² .ano)	E _{ren,p} (KWh/ano)(*)	E _{ren,ext} (KWh/ano)(**)	Ntc/Nc
Global	1,08	142,03	58,09	3,51	10,44	2179,17	392,81	193,59	0,00	0,00	2,03

(*) corresponde à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação
(**) corresponde à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não inclusivos em E_{ren,p}

No primeiro quadro pode-se constatar que antes da intervenção o desempenho energético das habitações vai melhorando conforme a proximidade com a cobertura e o distanciamento das zonas de comércio/serviços ou desvão sanitário. Os pisos mais baixos revelam uma grande necessidade de energia na estação de aquecimento, quase o dobro dos pisos intermédios. De facto, apesar da capacidade em conseguir responder a essa necessidade ser ao nível dos melhores registos, o primeiro fator é muito penalizante.

Os pisos intermédios são os que apresentam melhor registo face às necessidades de energia durante a estação de aquecimento, mas quando em comparação com o piso mais alto, o facto de estes serem mais capazes de responder a estas necessidades faz com que os mesmos apresentem maior eficiência.

Durante a estação de arrefecimento todas as frações apresentam a capacidade de corresponder às necessidades.

5.3 RESULTADOS OBTIDOS PÓS INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO

Neste contexto, de pós intervenção, foram alvo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético apenas 4 frações das apresentadas no quadro 5.3. Desse conjunto fazem parte a fração que apresentou melhores resultados (assinalada a verde), a que apresentou pior resultado (assinalada a vermelho), e as duas frações que se aproximam da média apresentada no quadro 5.5 (assinaladas a amarelo).

5.3.1 Coeficiente de transmissão térmica

Importa salientar que, apesar de a empreitada não classificar o “Bairro da Coxa” como Edifício sujeito a grande intervenção, é necessário verificar o cumprimento dos coeficientes de transmissão térmica das envolventes intervencionadas face aos valores máximos permitidos pelo REH.

De modo a compreender as alterações provocadas pela melhoria da eficiência energética do “Bairro da Coxa” e o cumprimento dos valores limite, é apresentado no quadro que se segue um resumo dos valores dos coeficientes de transmissão térmica dos elementos construtivos após a intervenção de reabilitação.

Os valores dos coeficientes de transmissão térmica têm por base, tal como os anteriores, as fichas técnicas dos produtos e o ITE 50, do LNEC.

Quadro 5.6 – Soluções construtivas pós intervenção de reabilitação

Elemento	Caracterização	U (W/m ² .oC)	U _{máx} (W/m ² .oC)	U _{ref} (W/m ² .oC)
Parede exterior	5 cm EPS acabado com reboco delgado armado + 2 cm de reboco exterior + 15 cm tijolo + 5 cm caixa-de-ar + 7 cm tijolo + 2 cm reboco	0,45	0,35	0,3
Parede para marquises	2 cm de reboco + 15 cm de tijolo cerâmico furado + 5 cm de caixa-de-ar + 7 cm de tijolo cerâmico furado + 2 cm de reboco	1,12	0,35	0,3
Parede para caixa de escadas	2 cm reboco + 20 cm betão armado + 2 cm reboco	2,63	1,90	0,6
Parede para edifícios adjacentes	2 cm de reboco + 15 cm de tijolo cerâmico furado + 5 cm de caixa-de-ar + 15 cm de tijolo cerâmico furado + 2 cm de reboco	0,85	1,90	0,6
Pavimento sobre desvão sanitário	20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 2 cm de betonilha de regularização + 3 cm de revestimento (taco de madeira semi-densa)	1,49	1,20	0,50
Pavimento sobre comércio/serviços	2 cm de estuque + 20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 2 cm de betonilha de regularização + 3 cm de revestimento (taco de madeira semi-densa)	1,49	0,30	0,25
Pavimento sob desvão de cobertura	2 cm estuque + 20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 6 cm isolante do tipo XPS + 8 cm lâ de rocha vulcânica (+ madres e vigas de betão + painéis tipo "sandwich" 30mm)	0,23 (ascendente) 0,23 (descendente)	0,30	0,25
Vãos envidraçados	Janela Simples com caixilharia em PVC, vidro duplo incolor 4 + 16 + 6 mm, janela giratória, dispositivo de oclusão noturna de permeabilidade ao ar baixa (persiana de cor clara)	1,88	2,20	2,20

5.3.2 Renovação do ar interior

No que toca à taxa de renovação do ar, o valor de Rph das diferentes habitações variou entre os 0,22 e os 0,33. É de salientar que estes valores não cumprirão os valores mínimos obrigatórios de 0,4 Rph.

5.3.3 Sistemas técnicos

Como solução para a reabilitação dos sistemas técnicos para aquecimento de águas quentes sanitárias, foram implementadas soluções de coletores solares, com sistema de termossifão. No quadro seguinte apresentam-se as características energéticas do equipamento, segundo as exigências do caderno de encargos, tendo em conta as diferentes tipologias.

Quadro 5.7 – Dados energéticos da solução tipo de sistema de preparação de pós intervenção de reabilitação

Identificação do Sistema	Tipologia	Função	Área Total de Coletores (m ²)	Produtividade (kWh/m ²) Coletores	Produção Total de Energia (kWh/ano)
Coletores solares (termossifão)	T2	Águas Quentes Sanitárias	2,00	702,50	1405,00
Coletores solares (termossifão)	T3 ou T4	Águas Quentes Sanitárias	4,00	531,00	2124,00

5.3.4 Balanço energético

Após a avaliação realizada às 4 frações anteriormente referidas foi possível obter os resultados apresentados no quadro 5.8, os quais servirão de base para uma avaliação às melhorias repercutidas no comportamento térmico e desempenho energético das mesmas.

Quadro 5.8 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” pós intervenção de reabilitação (ponderando 4 frações)

Entrada	Fração	Tipologia	Tx. Ren. (RPH)	Nic (KWh/m ² .ano)	Ni (KWh/m ² .ano)	Nvc (KWh/m ² .ano)	Nv (KWh/m ² .ano)	Qa (KWh/ano)	Ntc (KWhEP/m ² .ano)	Nt (KWhEP/m ² .ano)	E _{ren,p} (KWh/ano)(*)	E _{ren,ext} (KWh/ano)(**)	Ntc/Nc
A	1º Esquerdo	T4	0,27	111,96	56,70	1,47	10,46	2972,00	311,43	249,95	2124,00	0,00	1,25
	2º Direito	T2	0,24	61,28	42,68	4,44	10,49	1783,00	177,71	203,79	1405,00	0,00	0,87
C	2º Esquerdo	T3	0,22	65,04	53,77	5,00	10,40	2377,00	178,08	238,59	2124,00	0,00	0,75
	1º Direito	T3	0,33	50,93	38,81	4,92	10,40	2377,00	142,74	201,21	2124,00	0,00	0,71

(*) corresponde à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação
(**) corresponde à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não inclusivos em E_{ren,p}

O primeiro ponto que se pode destacar é a alteração da fração detentora do melhor registo. Após a intervenção de reabilitação verificamos que a fração T3 do piso intermédio apresenta melhores registos face ao T3 sob a cobertura, ainda que este último seja uma fração com apenas duas frentes enquanto que o primeiro tem 3 frentes.

O segundo ponto de destaque vai para a natural permanência do piso sobre comércio/serviços como aquele que apresenta um pior desempenho energético uma vez que não houve nenhuma intervenção ao nível do pavimento, um dos grandes responsáveis pelas perdas de calor.

Em seguida apresenta-se no quadro 5.9 a média global das 4 frações escolhidas anteriormente.

Quadro 5.9 – Média do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” pós intervenção de reabilitação (ponderando 4 frações)

Fração	Tx. Ren. (RPH)	Nic (KWh/m ² .ano)	Ni (KWh/m ² .ano)	Nvc (KWh/m ² .ano)	Nv (KWh/m ² .ano)	Qa (KWh/ano)	Ntc (KWhEP/m ² .ano)	Nt (KWhEP/m ² .ano)	E _{ren,p} (KWh/ano)(*)	E _{ren, ext} (KWh/ano)(**)	Ntc/Nc
Global	0,27	47,30	47,99	3,96	10,44	2377,25	202,49	223,39	1944,25	0,00	0,89
(*) corresponde à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação (**) corresponde à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não inclusivos em E _{ren,p}											

5.4 ANÁLISE COMPARATIVA DOS VALORES OBTIDOS

Com os dados recolhidos das 4 habitações selecionadas anteriormente, quer na fase anterior à reabilitação, quer na fase posterior à mesma é possível comparar os seus desempenhos energéticos. Neste caso considera-se de especial interesse a comparação das taxas de renovação de ar, as necessidades nominais anuais de energia e a obtenção de energia por via de fonte renovável.

O quadro que se segue apresenta a referida comparação indicando os valores pré e pós intervenção de reabilitação.

ESTUDO E AVALIAÇÃO TÉRMICA PRÉ E PÓS INTERVENÇÃO

Quadro 5.10 – Resumo comparativo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” pós intervenção de reabilitação (ponderando 4 frações)

Entrada	Fração	Tipologia	Tx. Ren. (RPH)	Nic (KWh/m ² .ano)	Ni (KWh/m ² .ano)	Nvc (KWh/m ² .ano)	Nv (KWh/m ² .ano)	Ntc (KWhEP/m ² .ano)	Nt (KWhEP/m ² .ano)	E _{ren,p} (KWh/ano)(*)	Ntc/Nc
A	1º Esquerdo	T4	1,09	183,56	63,48	1,31	10,46	528,92	209,89	0	2,52
			0,27	111,96	56,70	1,47	10,46	311,43	249,95	2124	1,25
			- 75,23%	- 39,01%	- 10,68%	+ 12,21%	0%	- 41,12%	+ 19,09%		- 50,56%
A	2º Direito	T2	1,07	104,52	47,23	2,75	10,49	323,48	164,55	0	1,97
			0,24	61,28	42,68	4,44	10,49	177,71	203,79	1405	0,87
			- 77,57%	- 41,37%	- 9,63%	+ 61,45%	0%	- 45,06%	+ 23,85%		- 55,64%
C	2º Esquerdo	T3	1,10	120,83	61,60	3,56	10,40	369,30	203,44	0	1,82
			0,22	65,04	53,77	5,00	10,40	178,08	238,59	2124	0,75
			- 80,00%	- 46,17%	- 12,71%	+ 40,45%	0%	- 51,78%	+ 17,28%		- 58,88%
C	1º Direito	T3	1,14	109,43	44,89	3,04	10,40	340,78	161,66	0	2,11
			0,33	50,93	38,81	4,92	10,40	142,74	201,21	2124	0,71
			- 71,05%	- 53,46%	- 13,54%	+ 61,84%	0%	- 58,11%	+ 24,46%		- 66,35%

Uma conclusão generalizada que podemos retirar dos valores apresentados, é a redução da insuficiência energética em mais de 50%, podendo mesmo atingir uma redução dos consumos de energia em dois terços.

Analisando os resultados obtidos pode-se concluir que é o T3 do 1.º Direito da entrada C o que mais recuperou em quase todas as áreas. Esta é a fração que menos recupera na taxa de renovação de ar, mas sem prejuízo, pois estas não cumprem os valores mínimos exigidos pelo regulamento, conseguindo suplantar-se às restantes frações em todos os outros fatores.

Mais uma vez constata-se que a fração que apresenta melhor razão entre as necessidades nominais anuais de energia na estação de aquecimento, é aquela que apresenta melhor eficiência energética, mantendo a lógica anteriormente apreciada.

Como apontamento final regista-se o facto de se verificar que é a fração sobre comércio/serviços, o T4 do 1.º Esquerdo da entrada A, aquela que apresenta menor redução da insuficiência energética. Tal situação vem reforçar a importância de colmatar a perda de calor pelo pavimento.

6 ESTUDO E AVALIAÇÃO ACÚSTICA PRÉ E PÓS INTERVENÇÃO

6.1 METODOLOGIA ADOTADA

Para a determinação do índice de redução sonora (R_w), recorreu-se ao Lei da Massa. Este é um método simples que relaciona a massa de um elemento com a sua capacidade de absorção. Após calculada a massa da solução construtiva, consulta-se o abaco representado na figura seguinte e, dentro da mancha cinzenta, encontra-se o valor de R_w aproximado.

Este é um valor fundamental no cálculo dos índices de isolamento sonoro a sons de condução aérea e de percussão.

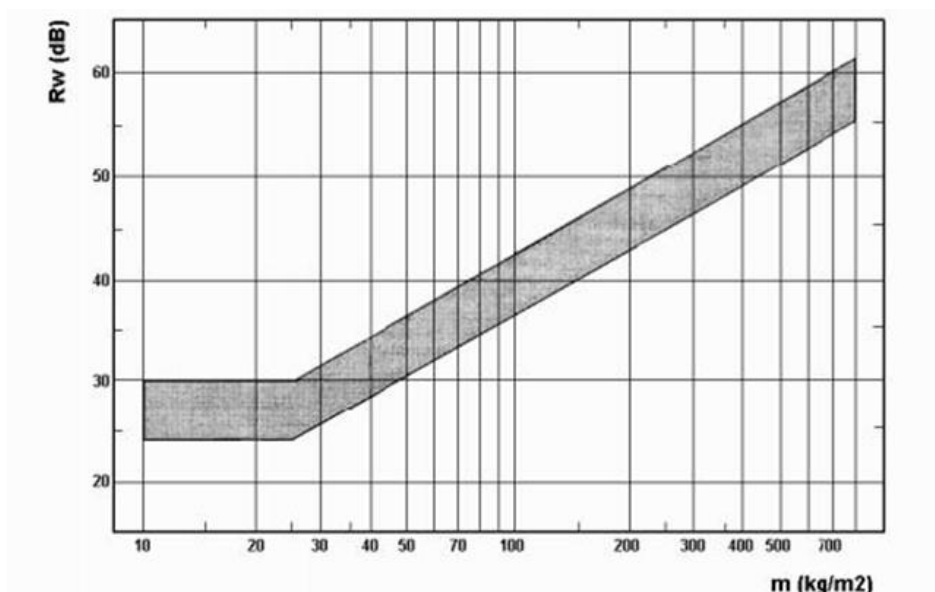


Figura 6.1 Abaco para determinação do R_w segundo a Lei das Massas

Uma vez que, em alguns casos, estamos perante paredes duplas é necessário prever um acréscimo ao valor de R_w .

O método do acréscimo de isolamento, elementos duplos, consiste na estimativa do valor de R_w para o elemento de maior massa com o auxílio do ábaco da lei da massa. De seguida, faz-se uma estimativa para o valor de isolamento sonoro para o segundo pano, sendo este calculado com auxílio do ábaco da figura 6.2, o qual relaciona as massas dos dois elementos com um acréscimo de isolamento sonoro ΔR_w .

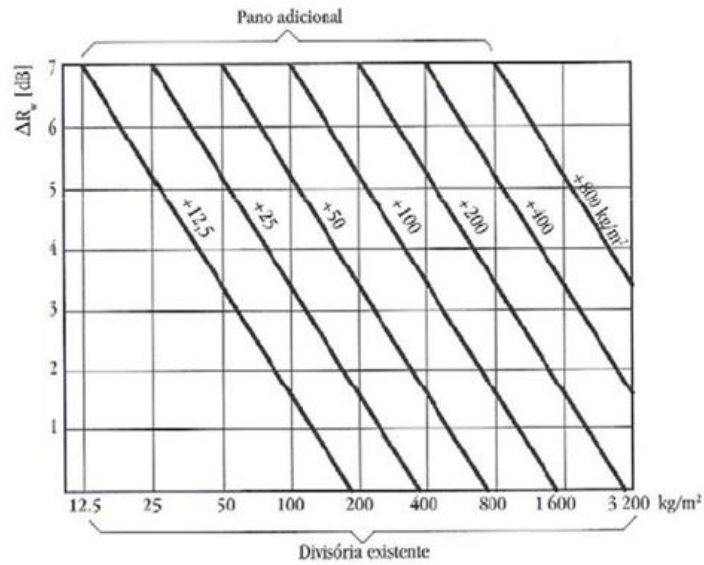


Figura 6.2 – Abaco para cálculo do índice de redução sonora ΔR_w

O cálculo do isolamento sonoro nos sistemas de compartimentação dupla corresponde então à soma do R_w do primeiro pano e o ΔR_w do pano adicional, conforme a imagem que se segue.

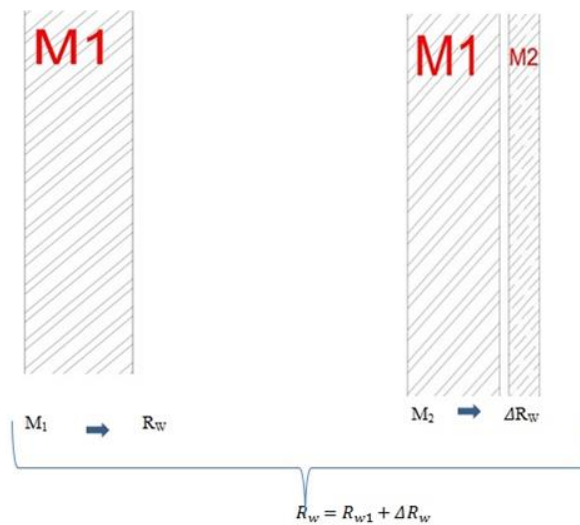


Figura 6.3 – Cálculo do índice de redução sonora segundo o método do acréscimo

Após a obtenção do valor de R_w de uma solução construtiva pode-se calcular o valor do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m,nT,w}$ (no caso de paredes exteriores) e o $D_{nT,w}$ (no caso de elementos de compartimentação interior). Para tal podem ser usadas as seguintes equações:

$$D_{2m,nT,w} = R_w + 10 \times \log\left(\frac{0,16 \times V}{T_0 \times S}\right)$$

Onde:

R_w – índice de redução sonora (dB);

V – Volume do Compartimento (m³);

S – Área do elemento de separação (m²);

T_0 – Tempo de reverberação de referência ($T_0=0.5s$)

$$D_{nT,w} = R_w + 10 \times \log\left(\frac{0,16 \times V}{T_0 \times S}\right) - TM$$

Onde:

R_w – índice de redução sonora (dB);

V – Volume do Compartimento (m³);

S – Área do elemento de separação (m²);

T_0 – Tempo de reverberação de referência ($T_0=0.5s$)

TM – transmissões marginais

O cálculo do índice de isolamento a sons de percussão poder ser determinado segundo duas metodologias, o método invariante e o método simplificado da norma EN 12354 – 2. Para a determinação do índice de isolamento sonoro a sons de percussão dos elementos construtivos do bloco A do “Bairro da Coxa” recorreu-se ao método invariante.

Segundo este método o índice de isolamento a sons de percussão pode ser calculado através das seguintes expressões.

$$L'_{nT,w} = L_{nT,w} - \Delta LW - 10 \times \log\left(\frac{0,16 \times V}{T_0 \times S}\right) + TM$$

Onde:

$$L_{nT,w} = L_{n,w} + R_w ;$$

ΔLW – Índice de redução sonora devido à existência de revestimento de piso (dB);

TM - Transmissão marginal (dB);

V – Volume do compartimento recetor (m³);

T_0 - Tempo de reverberação ($T_0=0.5s$);

S – Área do compartimento (m²).

Os valores de $L_{nt,w}$ podem ser determinados segundo os valores apresentados no quadro da figura que se segue.

Tipo de Pavimento	$R_w + L_{n,w}$ (dB/oitava)
Laje de betão não revestida (espessuras correntes)	135
Laje de betão revestida com tacos de madeira	120
Laje de betão com lajeta flutuante revestida com tacos de madeira	115
Pavimento de vigotas pré-esforçadas c/blocos de cofragem e betão	125
Laje de betão c/ piso flutuante de madeira	117

Figura 6.4 – Resumo dos valores de $L_{nt,w}$ (Fonte: Silva, 1978)

Os valores de ΔL_w podem ser determinados segundo os valores do quadro apresentado na figura que se segue, sendo aproximadamente zero em pavimentos rígidos diretamente ligados à laje de suporte.

Designação		Características	ΔL_w (dB)
Revestimentos de piso flexíveis	Alcatifa	Com cerca de 3mm de espessura	17
		Com cerca de 5mm de espessura	18
		Com cerca de 8mm de espessura	23
Com cerca de 8mm sobre base de espuma		30	
	Vinílico de base flexível	Cerca de 2mm de camada de desgaste sobre membrana de polietileno reticulado com cerca de 1mm	15
	Cortiça	Aglomerado de cortiça com cerca de 5mm de espessura	15
Pavimentos flutuantes	Madeira + borracha	Pavimento de madeira colado a manta resiliente em aglomerado de borracha com 4.5mm de espessura	21
	Cerâmicos + cortiça	Ladrilhos cerâmicos (7mm) + Aglomerado de cortiça de 6mm	14
	Mármore + cortiça	Placas de Mármore (20mm) + Aglomerado de cortiça de 6mm	14
	Parquet flutuante	Parquet de madeira + Membrana de polietileno reticulado de 3mm	18
Lajeta de betão		Lajeta de betão armado com cerca de 4cm sobre membrana de polietileno reticulado (de célula fechada) com 5mm de espessura	19
		Lajeta de betão armado com cerca de 4cm sobre membrana de polietileno reticulado (de célula fechada) com 10mm de espessura	21
		Lajeta de betão armado com cerca de 4cm sobre manta resiliente em aglomerado de borracha com 4.5mm de espessura	22
		Lajeta de betão armado com cerca de 4cm sobre manta resiliente em aglomerado de borracha com 8mm de espessura	24
		Lajeta de betão armado com cerca de 4cm sobre manta resiliente em aglomerado de borracha com 15mm de espessura	27

Figura 6.5 – Resumo dos valores de ΔL_w

Na determinação dos valores das transmissões marginais (TM) recorreu-se ao método proposto pelo ITE 8, do LNEC, que indica a seguinte simplificação:

- Se $R_w < 35$ dB, despreza-se a contribuição das transmissões marginais, $TM=0$;
- Se $35 \text{ dB} \leq R_w \leq 45 \text{ dB}$, $TM = 3 \text{ dB}$;

- Se $R_w > 45$ dB, $TM=5$ dB, ou superiores, excepcionalmente até 10 dB.

Considerando o “Bairro da Coxa” como uma zona mista, no que toca ao mapa de ruído da cidade de Bragança, e tendo em conta que estamos perante um edifício misto (habitação + comércio) sem equipamentos técnicos será obrigatório cumprir os seguintes limites:

- $D_{2m, nT, w}$, entre o exterior do edifício e quartos ou zonas de estar dos fogos ≥ 33 dB;
- $D_{nT, w}$, entre compartimentos de um fogo, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar de outro fogo, como locais recetores ≥ 50 dB;
- $D_{nT, w}$, entre locais de circulação comum do edifício, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais recetores ≥ 48 dB;
- $D_{nT, w}$, entre locais do edifício destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais recetores ≥ 58 dB;
- $L'_{nT, w}$, proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos dos outros fogos ou de locais de circulação comum do edifício, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos ≤ 60 dB;
- $L'_{nT, w}$, proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos de locais do edifício destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos ≤ 50 dB.

6.2 RESULTADOS OBTIDOS PRÉ INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO

De forma a compreender o desempenho acústico do bloca A do “Bairro da Coxa”, relativamente ao índice de isolamento aos sons de condução aérea e sons de percussão, foram estudados os diversos elementos construtivos das diferentes frações.

Como base do estudo acústico foram utilizados como objeto de análise os T4 e T2 da entrada A. Desta forma, foram estudados os pavimentos, paredes exteriores e paredes de mediação, dispensando-se a análise dos índices de isolamento da cobertura e das paredes de meação entre edifícios adjacentes, uma vez que estes apresentam características construtivas que deixam antever o natural cumprimento dos requisitos legais.

6.2.1 Características dos elementos construtivos

Recorrendo aos abacos e tabelas apresentadas anteriormente e com recurso a fichas técnicas tipo e ensaios dos vários materiais usados nos diferentes elementos construtivos, foi possível determinar o índice de redução sonora dos mesmos.

Os valores dos índices de redução sonora dos elementos construtivos são apresentados no quadro que se segue.

Quadro 6.1 – Resumo dos valores do índice de redução sonora dos elementos construtivos – Pré intervenção

Elemento	Caracterização	Massa (Kg/m ²)	R _w (dB)	ΔdB* (dB)
Parede exterior	2 cm de reboco + 15 cm de tijolo cerâmico furado + 5 cm de caixa-de-ar + 7 cm de tijolo cerâmico furado + 2 cm de reboco	132 + 92	38 + 7	+3
Parede para caixa de escadas	2 cm de reboco + 20 cm de betão armado + 2 cm de reboco	542	52	0
Parede entre habitações	2 cm de reboco + 7 cm de tijolo cerâmico furado + 5 cm de caixa-de-ar + 7 cm de tijolo cerâmico furado + 2 cm de reboco	92 + 92	36 + 7	+3
Pavimento sobre comércio/serviços e entre habitações	2 cm de estuque + 20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 2 cm de betonilha de regularização + 3 cm de revestimento (taco de madeira semi-densa)	380	47	0
Vãos envidraçados	Janela simples, giratória, em caixilharia de madeira e vidro simples incolor de 4 mm + proteção exterior de cor clara (persiana)		30	0

Nota: importa referir que neste quadro, assim como nos que se seguem neste e no próximo capítulo, entende-se por ΔdB* o valor que deve ser adicionado ao índice de isolamento sonoro proporcionado pela existência de caixa de ar entre paredes duplas.

6.2.2 Índice de isolamentos sonoro a sons de condução aérea

Os próximos quadros, que têm por base a metodologia de cálculo apresentada no início do presente capítulo, indicam os valores dos índices de isolamento sonoro a sons de condução aérea dos vários elementos construtivos de separação, podendo verificar-se o seu cumprimento ou incumprimento com os limites impostos pelo RRAE e anteriormente assinalados.

Quadro 6.2 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e o interior de um fogo (parede exterior) – Pré intervenção

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	$S_{Fachada}$ (m ²)	$S_{Alvenaria}$ (m ²)	$S_{Envidraçado}$ (m ²)	$R_{w, Alvenaria}$ (dB)	$R_{w, Envidraçado}$ (dB)	$T_{Médio}$	$R_{w, Médio}$ (dB)	Área (m ²)	V (m ³)	TM (dB)	T_0 (s)	$D_{2m,n,T,w}$	$D_{2m,n,T,w}$ (mín. reg.)	Verificação
2	T4	Sala / Exterior	24,99	22,29	2,70	45	30	1,36E-04	38,66	20,50	50,23	1	0,50	38,74	33	Verifica
2	T4	Quarto 1 / Exterior	6,74	5,84	0,90			1,61E-04	37,93	10,30	25,24			40,72		Verifica
2	T4	Quarto 2 / Exterior	15,93	14,13	1,80			1,41E-04	38,51	10,20	24,99			37,51		Verifica
2	T4	Quarto 3 / Exterior	6,98	6,08	0,90			1,56E-04	38,06	9,10	22,30			40,15		Verifica
2	T4	Quarto 4 / Exterior	8,00	7,10	0,90			1,41E-04	38,52	11,80	28,91			41,15		Verifica
2	T2	Sala / Exterior	7,88	6,08	1,80			2,53E-04	35,97	21,00	51,45			41,17		Verifica
2	T2	Quarto 1 / Exterior	6,38	4,36	2,02			3,38E-04	34,70	9,40	23,03			37,33		Verifica
2	T2	Quarto 2 / Exterior	14,38	13,48	0,90			9,23E-05	40,35	12,60	30,87			40,72		Verifica

Quadro 6.3 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de dois fogos (parede entre quartos) – Pré intervenção

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	S_{Parede} (m ²)	R_w (dB)	V (m ³)	TM (dB)	T_0 (s)	$D_{2m,n,T,w}$	$D_{2m,n,T,w}$ (mín. reg.)	Verificação
2	T4/T2	Quarto 4 / Quarto 1	8,94	43	28,91	1	0,50	45,15	50	Não Verifica

Quadro 6.4 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de dois fogos (pavimento) – Pré intervenção

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	$S_{Pavimento}$ (m ²)	R_w (dB)	V (m ³)	TM (dB)	T_0 (s)	$D_{2m,n,T,w}$	$D_{2m,n,T,w}$ (mín. reg.)	Verificação
2 e 3	T4	Sala / Sala	20,50	47	50,23	1	0,50	44,94	50	Não Verifica
2 e 3	T4	Quarto 1 / Quarto 1	10,30		25,24			44,94		Não Verifica
2 e 3	T4	Quarto 2 / Quarto 2	10,20		24,99			44,94		Não Verifica
2 e 3	T4	Quarto 2 / Quarto 3	9,10		22,30			44,94		Não Verifica
2 e 3	T4	Quarto 2 / Quarto 4	11,80		28,91			44,94		Não Verifica
2 e 3	T2	Sala / Sala	21,00		51,45			44,94		Não Verifica
2 e 3	T2	Quarto 1 / Quarto 1	9,40		23,03			44,94		Não Verifica
2 e 3	T2	Quarto 2 / Quarto 2	12,60		30,87			44,94		Não Verifica

Quadro 6.5 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de um fogo e zona de circulação comum (parede entre quarto e caixa de escadas) – Pré intervenção

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	$S_{\text{Parede}} \text{ (m}^2\text{)}$	$R_w \text{ (dB)}$	$V \text{ (m}^3\text{)}$	TM (dB)	$T_0 \text{ (s)}$	$D_{2m,nT,w}$	$D_{2m,nT,w} \text{ (mín. reg.)}$	Verificação
2	T4	Quarto 4 / Caixa de escadas	2,70	52	28,91	1	0,50	56,36	48	Verifica
2	T2	Quarto 1 / Caixa de escadas	2,70		23,03			55,37		Verifica

Quadro 6.6 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de um fogo e locais de comércio/serviços (pavimento) – Pré intervenção

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	$S_{\text{Pavimento}} \text{ (m}^2\text{)}$	$R_w \text{ (dB)}$	$V \text{ (m}^3\text{) (da loja)}$	TM (dB)	$T_0 \text{ (s)}$	$D_{2m,nT,w}$	$D_{2m,nT,w} \text{ (mín. reg.)}$	Verificação
2	T4	Sala / Comércio ou Serviços	15,40	47	45,43	1	0,50	45,75	58	Não Verifica
2	T4	Quarto 1 / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			45,75		Não Verifica
2	T4	Quarto 2 / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			45,75		Não Verifica
2	T4	Quarto 3 / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			45,75		Não Verifica
2	T4	Quarto 4 / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			45,75		Não Verifica
2	T2	Sala / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			45,75		Não Verifica
2	T2	Quarto 1 / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			45,75		Não Verifica
2	T2	Quarto 2 / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			45,75		Não Verifica

Os quadros apresentados revelam um grande nível de incumprimento do RRAE, verificando-se apenas o cumprimento perante ruídos produzidos no exterior do edifício ou na caixa de escadas.

O estudo revela ainda um mau comportamento acústico entre fogos que assenta numa insuficiência em cerca de 5 dB. Por sua vez, os pisos acima dos locais de comércio ou serviços apresentam uma insuficiência superior a 10 dB, registo que coloca esses mesmo fogos numa situação muito desfavorável e provavelmente incómoda face à possibilidade de ser produzida uma atividade mais ruidosa sob o seu pavimento.

6.2.3 Índice de isolamento sonoro a sons de percussão

Os próximos quadros, que têm por base a metodologia de cálculo indicada anteriormente, apresentam os valores dos índices de isolamento sonoro a sons de percussão para os elementos

construtivos de separação, podendo verificar-se o seu cumprimento ou incumprimento com os limites impostos pelo RREA.

Para o cálculo dos valores apresentados nos quadros que se seguem foi considerado um valor de 125 dB para o parâmetro $L_{n,w} + R_w$, e um valor nulo para o índice de redução sonora devido ao revestimento do piso, uma vez que o taco está assente diretamente sobre a laje aligeirada.

Quadro 6.7 – Índice de isolamento a sons de percussão entre dois fogos (pavimento) – Pré intervenção

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	$S_{\text{pavimento}} (m^2)$	$L_{n,w} (dB)$	$R_w (dB)$	$L_{n,w+R_w} (dB)$	$V (m^3)$	TM (dB)	$T_0 (s)$	ΔLw	$L_{n,w,eq} (dB)$	$L'_{nT,w} (dB)$	$L'_{nT,w} (mín. reg.)$	Verificação
2 e 3	T4	Sala / Sala	20,00	78	47	125	49,00	5	0,50	0	65,32	84,06	60	Não Verifica
2 e 3	T4	Quarto 1 / Quarto 1	10,30				25,24					86,94		Não Verifica
2 e 3	T4	Quarto 2 / Quarto 2	10,20				24,99					86,98		Não Verifica
2 e 3	T4	Quarto 3 / Quarto 3	9,10				22,30					87,48		Não Verifica
2 e 3	T4	Quarto 4 / Quarto 4	11,80				28,91					86,35		Não Verifica
2 e 3	T2	Sala / Sala	21,00				51,45					83,84		Não Verifica
2 e 3	T2	Quarto 1 / Quarto 1	9,40				23,03					87,34		Não Verifica
2 e 3	T2	Quarto 2 / Quarto 2	12,60				30,87					86,06		Não Verifica

Quadro 6.8 – Índice de isolamento a sons de percussão entre o interior de um fogo e locais de comércio/serviços (pavimento) – Pré intervenção

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	$S_{\text{pavimento}} (m^2)$	$L_{n,w} (dB)$	$R_w (dB)$	$L_{n,w+R_w} (dB)$	$V (m^3)$	TM (dB)	$T_0 (s)$	ΔLw	$L_{n,w,eq} (dB)$	$L'_{nT,w} (dB)$	$L'_{nT,w} (mín. reg.)$	Verificação
1 e 2	T4	Comércio ou Serviços / Sala	20,00	78	47	125	49,00	5	0,50	0	65,32	84,06	50	Não verifica
1 e 2	T4	Comércio ou Serviços / Quarto 1	10,30				25,24					86,94		Não verifica
1 e 2	T4	Comércio ou Serviços / Quarto 2	10,20				24,99					86,98		Não verifica
1 e 2	T4	Comércio ou Serviços / Quarto 3	9,10				22,30					87,48		Não verifica
1 e 2	T4	Comércio ou Serviços / Quarto 4	11,80				28,91					86,35		Não verifica
1 e 2	T2	Comércio ou Serviços / Sala	21,00				51,45					83,84		Não verifica
1 e 2	T2	Comércio ou Serviços / Quarto 1	9,40				23,03					87,34		Não verifica
1 e 2	T2	Comércio ou Serviços / Quarto 2	12,60				30,87					86,06		Não verifica

Após a avaliação dos resultados apresentados nos quadros acima é possível verificar um incumprimento dos limites impostos no RRAE, registando-se um excesso de 25 dB para o isolamento a sons entre diferentes fogos e 35 dB para isolamento entre os fogos e as zonas de comércio/serviço.

Este incumprimento é provocado, em grande parte, pelo uso de um revestimento do pavimento pouco propício a uma redução sonora, uma vez que a redução sonora provocada pela colocação de tacos diretamente sobre a laje não é significativa. O revestimento dos tetos também não é favorável, não contribuindo para a dissipação da energia proveniente das ondas sonoras, algo que poderia contribuir para um aumento do índice de redução sonora R_w .

6.3 RESULTADOS OBTIDOS PÓS INTERVENÇÃO DE REABILITAÇÃO

A reabilitação do “Bairro da Coxa” apenas prevê a intervenção nas fachadas, na cobertura e nos equipamentos de preparação de AQS. Esta realidade deixa de fora os elementos construtivos que deveriam ser alvo de atenção do ponto de vista acústico.

As paredes de meiação, e os pavimentos ficaram de fora das intervenções de reabilitação e dessa forma não será de prever alterações do comportamento acústico dos mesmos.

Tal como na avaliação anterior a base do estudo acústico foram os T4 da entrada A.

6.3.1 Características dos elementos construtivos

Utilizando a mesma metodologia seguida em 6.1.1 foi possível obter os novos valores do índice de redução sonora, obedecendo às alterações impostas pela intervenção de reabilitação. Os valores dos índices de redução sonora dos elementos construtivos são apresentados no quadro que se segue.

Quadro 6.9 – Resumo dos valores do índice de redução sonora dos elementos construtivos – Pós intervenção

Elemento	Caracterização	Massa (Kg/m ²)	R_w (dB)	ΔdB (dB)
-9vf Parede exterior	5 cm EPS acabado com reboco delgado armado + 2 cm de reboco exterior + 15 cm tijolo + 5 cm caixa-de-ar + 7 cm tijolo + 2 cm reboco	134 + 92	38 + 7	+3
Parede para caixa de escadas	2 cm de reboco + 20 cm de betão armado + 2 cm de reboco	542	52	0
Parede entre habitações	2 cm de reboco + 7 cm de tijolo cerâmico furado + 5 cm de caixa-de-ar + 7 cm de tijolo cerâmico furado + 2 cm de reboco	92 + 92	36 + 7	+3
Pavimento sobre comércio/serviços e entre habitações	2 cm de estuque + 20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 2 cm de betonilha de regularização + 3 cm de revestimento (taco de madeira semi-densa)	380	47	0
Vãos envidraçados	Janela Simples com caixilharia em PVC, vidro duplo incolor 4 + 16 + 6 mm, janela giratória, dispositivo de oclusão noturna de permeabilidade ao ar baixa (persiana de cor clara)		35	0

Os resultados apresentados no quadro anterior demonstram que a aplicação do sistema ETICS não trouxe qualquer vantagem no que toca ao índice de redução sonora e que a única diferença que se pode registar após a intervenção de reabilitação reside na alteração do índice de redução sonora dos vãos envidraçados.

6.3.2 Índice de isolamentos sonoro a sons de condução aérea

Tendo em conta que os pavimentos permanecem iguais após a intervenção de reabilitação, assim como as paredes de meação entre fogos e entre fogos e caixa de escadas, apenas será de interesse avaliar as alterações provocadas pela alteração na fachada.

Os valores do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea da fachada, apresentados no quadro que se segue, foram calculados segundo a metodologia anteriormente utilizada.

Quadro 6.10 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e o interior de um fogo (parede exterior) – Pós intervenção

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	$S_{\text{Fachada}} (m^2)$	$S_{\text{Alvenaria}} (m^2)$	$S_{\text{Envidraçado}} (m^2)$	$R_{w \text{ Alvenaria}} (dB)$	$R_{w \text{ Envidraçado}} (dB)$	$\tau_{\text{Médio}}$	$R_{w \text{ Médio}} (dB)$	Área (m^2)	V (m^3)	TM (dB)	$T_0 (s)$	$D_{2m,nT,w}$	$D_{2m,nT,w} (\text{mín. reg.})$	Verificação
2	T4	Sala / Exterior	24,99	22,29	2,70	45	35	6,24E-05	42,05	20,50	50,23	1	0,50	42,13	33	Verifica
2	T4	Quarto 1 / Exterior	6,74	5,84	0,90			6,96E-05	41,57	10,30	25,24			44,36		Verifica
2	T4	Quarto 2 / Exterior	15,93	14,13	1,80			6,38E-05	41,95	10,20	24,99			40,96		Verifica
2	T4	Quarto 3 / Exterior	6,98	6,08	0,90			6,83E-05	41,66	9,10	22,30			43,75		Verifica
2	T4	Quarto 4 / Exterior	8,00	7,10	0,90			6,36E-05	41,96	11,80	28,91			44,59		Verifica
2	T2	Sala / Exterior	7,88	6,08	1,80			9,67E-05	40,15	21,00	51,45			45,35		Verifica
2	T2	Quarto 1 / Exterior	6,38	4,36	2,02			1,22E-04	39,14	9,40	23,03			41,77		Verifica
2	T2	Quarto 2 / Exterior	14,38	13,48	0,90			4,94E-05	43,06	12,60	30,87			43,43		Verifica

O quadro apresentado acima traduz uma melhoria do comportamento da fachada face ao ruído exterior, fruto da alteração do índice de redução sonora da fachada. Neste caso a melhoria desse índice de redução sonora (R_w) em 5 dB proporcionou uma ganho no índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m,nT}$, entre os 3 e os 4 dB.

6.3.3 Índice de isolamento sonoro a sons de percussão

No que toca ao isolamento sonoro a sons de percussão, a não intervenção nos pavimentos, anteriormente assinalada, não provoca qualquer alteração no desempenho dos elementos.

ESTUDO E AVALIAÇÃO ACÚSTICA PRÉ E PÓS INTERVENÇÃO

Deste modo após a intervenção de reabilitação mantêm-se atuais os resultados apresentados nos quadros 6.7 e 6.7.

7 ESTUDO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

7.1 APRESENTAÇÃO E DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS

O presente capítulo visa a sugestão de diferentes soluções construtivas a aplicar na reabilitação do “Bairro da Coxa” e a avaliação das mesmas do ponto de vista térmico e acústico. As soluções apresentadas têm como objetivo colmatar as insuficiências demonstradas pelas habitações após a intervenção de reabilitação e testar outras soluções com a perspetiva de compreender que tipo de alterações podem provocar no desempenho das mesmas.

Os resultados obtidos no capítulo 5 demonstram um interessante grau de sucesso nesta intervenção no que toca ao comportamento térmico e desempenho energético, com três das quatro habitações, que servem de exemplo do panorama geral das dezoito frações, a conseguirem atingir valores de (N_{tc}/N_t) inferiores a 1,0.

Todavia, ao nível da acústica, o desempenho do edifício deixa algo a desejar. As habitações apenas cumprem um bom isolamento em relação ao isolamento do ruído proveniente do exterior e em relação ao ruído oriundo das zonas de circulação comum. No isolamento a sons de percussão e ao isolamento a sons aéreos entre fogos o “Bairro da Coxa” deixa muito a desejar.

Como soluções de melhoria são apresentadas as seguintes opções:

1. Correção da irregularidade verificada na taxa de renovação de ar ($R_{ph} < 0,4 \text{ h}^{-1}$);
2. Alteração da espessura de EPS da parede exterior de 5 cm para 8 cm;
3. Alteração da espessura de EPS da parede exterior de 5 cm para 10 cm;
4. Alteração do isolamento da parede exterior em EPS por Lã de Rocha mantendo-se os 5 cm;
5. Adição de 2 cm de EPS com acabamento em reboco delgado armado na parede em contacto com a caixa de escadas;
6. Adição de membrana acústica nas paredes entre habitações;
7. Alteração do revestimento sobre laje entre pisos;

8. Alteração do revestimento da laje sobre comércio/serviços e adição de teto acústico;
9. Substituição da solução de termossifão para aquecimento de AQS por bomba de calor;
10. Aplicação das soluções de melhoria 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9 em simultâneo.

7.1.1 Correção da irregularidade verificada na taxa de renovação de ar ($R_{ph} < 0,4 \text{ h}^{-1}$)

Para a correção desta irregularidade foram introduzidas grelhas de ventilação nas caixas de estores dos compartimentos principais, uma em cada compartimento. Nesse sentido foram utilizadas grelhas autorreguláveis a 10 Pa com caudal de $22 \text{ m}^3/\text{h}$.

Quadro 7.1 – Resumo dos valores de volume de ar introduzidos na habitação pelas grelhas de ventilação autorreguláveis

Tipologia	Equipamento	Volume (m^3/h)
T4	Série AST, AST 22 (Euroventil) – 35 dB	132
T2	Série AST, AST 22 (Euroventil) – 35 dB	88
T3	Série AST, AST 22 (Euroventil) – 35 dB	110

7.1.2 Alteração da espessura de EPS da parede exterior de 5 cm para 8 cm

Com esta alteração chegamos a uma solução construtiva de parede exterior com 8 cm EPS acabado com reboco delgado armado + 2 cm de reboco exterior + 15 cm tijolo + 5 cm caixa-de-ar + 7 cm tijolo + 2 cm reboco.

Quadro 7.2 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 2

Elemento	U ($\text{W}/\text{m}^2.\text{°C}$)	$U_{\text{máx}}$ ($\text{W}/\text{m}^2.\text{°C}$)	U_{ref} ($\text{W}/\text{m}^2.\text{°C}$)	Massa (Kg/m^2)	R_w (dB)	ΔdB (dB)
Parede exterior	0,33	0,35	0,3	134 + 92	38 + 7	+3

7.1.3 Alteração da espessura de EPS da parede exterior de 5 cm para 10 cm

Com esta alteração chegamos a uma solução construtiva de parede exterior com 10 cm EPS acabado com reboco delgado armado + 2 cm de reboco exterior + 15 cm tijolo + 5 cm caixa-de-ar + 7 cm tijolo + 2 cm reboco.

Quadro 7.3 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 3

Elemento	U (W/ m ² .oC)	U _{máx} (W/m ² .°C)	U _{ref} (W/m ² .°C)	Massa (Kg/m ²)	R _w (dB)	ΔdB (dB)
Parede exterior	0,28	0,35	0,3	135 + 92	38 + 7	+3

7.1.4 Alteração do isolamento da parede exterior em EPS por Lã de Rocha

Com esta alteração chegamos a uma solução construtiva de parede exterior com 5 cm Lã de Rocha (100 Kg/m³) acabada com reboco delgado armado + 2 cm de reboco exterior + 15 cm tijolo + 5 cm caixa-de-ar + 7 cm tijolo + 2 cm reboco.

Quadro 7.4 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 4

Elemento	U (W/ m ² .oC)	U _{máx} (W/m ² .°C)	U _{ref} (W/m ² .°C)	Massa (Kg/m ²)	R _w (dB)	ΔdB (dB)
Parede exterior	0,43	0,35	0,3	143 + 92	39 + 7	+3

7.1.5 Adição de 2 cm de EPS com acabamento em reboco delgado armado na parede em contacto com a caixa de escadas

Com esta alteração chegamos a uma solução construtiva de parede em contacto com caixa de escadas com 2 cm reboco + 20 cm betão armado + 2 cm reboco + 10 cm EPS acabado com reboco delgado armado.

Quadro 7.5 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 5

Elemento	U (W/ m ² .oC)	U _{máx} (W/m ² .°C)	U _{ref} (W/m ² .°C)	Massa (Kg/m ²)	R _w (dB)	ΔdB (dB)
Parede para caixa de escadas	1.02	1,90	0,6	542	52	0

7.1.6 Adição de membrana acústica nas paredes entre habitações

Nesta alteração pressupõe-se a execução de um reboco sobre as paredes que separam as habitações, a colagem de uma membrana acústica autoadesiva de 4 mm, fixada com auxílio dos perfis que servem de substrutura aos painéis de gesso cartonado.

Com esta alteração chegamos a uma solução construtiva para as paredes de meação entre diferentes fogos (quartos) de 1,5 cm de gesso cartonado + 4 mm de membrana acústica + 2 cm de reboco

+ 7 cm de tijolo cerâmico furado + 5 cm de caixa-de-ar + 7 cm de tijolo cerâmico furado + 2 cm de reboco + 4 mm de membrana acústica + 1,5 cm de gesso cartonado.

Quadro 7.6 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 6

Elemento	Massa (Kg/m ²)	R _w (dB)	ΔdB (dB)
Pavimento entre pisos	100 + 100	37 + 4 + 7	+ 3

7.1.7 Alteração do revestimento sobre laje entre pisos

Nesta alteração propõe-se a substituição do revestimento existente, taco de madeira de 3 cm assente diretamente betonilha de regularização, por uma camada de 4 cm de betonilha de enchimento (20 Kg/m²/cm) onde se aplica uma membrana acústica autoadesiva de 4 mm, 5 mm de aglomerado de cortiça sob piso flutuante com cerca de 7 mm de espessura.

Desta forma temos uma solução de pavimento entre pisos com 2 cm de estuque + 20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 2 cm de betonilha de regularização + 4 cm de betonilha de enchimento + 4 mm de membrana acústica + 5 mm de aglomerado de cortiça + 7 mm de revestimento (flutuante de madeira semi-densa).

Quadro 7.7 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 7

Elemento	Massa (Kg/m ²)	R _w (dB)	ΔdB (dB)
Pavimento entre pisos	451	50 + 6	0

7.1.8 Alteração do revestimento da laje sobre comércio/serviços e adição de teto acústico

Nesta alteração propõe-se a aplicação, sobre o pavimento da habitação, da mesma solução construtiva indicada anteriormente e a aplicação de um teto acústico Gyptec ICB 40.

Com estas alterações chega-se a uma solução construtiva composta por 1,25 cm de placa de gesso + 4 cm de aglomerado de cortiça + 16 cm de caixa de ar + 2 cm de estuque + 20 cm de laje aligeirada de blocos cerâmicos + 2 cm de betonilha de regularização + 4 cm de betonilha de enchimento + 4 mm de membrana acústica + 5 mm de aglomerado de cortiça + 7 mm de revestimento (flutuante de madeira semi-densa).

Segundo os dados do fabricante, apoiados em ensaios realizados pelo ITECons, chegamos aos seguintes valores característicos.

Quadro 7.8 – Resumo das características da solução construtiva de melhoria 8

Elemento	U (W/ m ² .°C)	U _{máx} (W/m ² .°C)	U _{ref} (W/m ² .°C)	R _w (dB)	ΔdB (dB)
Pavimento sobre comércio/serviços e entre habitações	0.52	0,30	0,25	64 + 6	+3

7.1.9 Substituição da solução de termossifão para aquecimento de AQS por bomba de calor

Com esta hipótese alteramos a solução de termossifão associado a um coletor solar por uma solução, também ela renovável, de bomba de calor aerotérmica, que usa a troca de calor entre o ar exterior e o líquido de refrigeração circulante. Esta solução permite atingir os valores de Eren apresentados no quadro que se segue.

Quadro 7.9 – Resumo dos valores de Eren produzidos pela Bomba de Calor
 ([segundo Método Simplificado segundo EN 16147 (D.14985/2015, D.15793-H/2013)])

Tipologia	Equipamento	Eren (kWh/ano)
T2	Aquapura Monobloc 120ip (Energie)	1454
T3 e T4	Aquapura Monobloc 250i (Energie)	2995

7.1.10 Aplicação das soluções de melhoria 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9 em simultâneo

Nesta hipótese aplica-se a junção de várias soluções:

- Correção da irregularidade verificada na taxa de renovação de ar ($R_{ph} < 0,4 \text{ h}^{-1}$);
- Alteração da espessura de EPS da parede exterior de 5 cm para 10 cm;
- Adição de 2 cm de EPS com acabamento em reboco delgado armado na parede em contacto com a caixa de escadas pelo lado interior da mesma;
- Adição de membrana autoadesiva nas paredes entre habitações;
- Alteração do revestimento sobre laje entre pisos;
- Alteração do revestimento da laje sobre comércio/serviços e adição de teto acústico;
- Substituição da solução de termossifão para aquecimento de AQS por bomba de calor.

Neste caso todas as características anteriormente apresentadas serão aplicadas em simultâneo de forma a conjugar as melhores soluções.

7.2 RESULTADOS OBTIDOS

7.2.1 Eficiência Térmica

Em primeiro lugar importa compreender qual o resultado provocado pela alteração da taxa de renovação de ar com vista a cumprir as obrigações legais. Nesse sentido é apresentado no quadro que se segue o resultado dessa alteração.

Quadro 7.10 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” corrigindo a taxa de renovação de ar (ponderando 4 frações)

Entrada	Fração	Tipologia	Tx. Ren. (RPH)	Nic (KWh/m ² .ano)	Ni (KWh/m ² .ano)	Nvc (KWh/m ² .ano)	Nv (KWh/m ² .ano)	Qa (KWh/ano)	Ntc (KWhEP/m ² .ano)	Nt (KWhEP/m ² .ano)	E _{ren,p} (KWh/ano)(*)	E _{ren,ext} (KWh/ano)(**)	Ntc/Nc
Correção da Ventilação													
A	1º Esquerdo	T4	0,69	123,73	64,84	1,38	10,46	2972,00	340,85	270,32	2124,00	0,00	1,26
	2º Direito	T2	0,58	68,49	50,00	4,44	10,49	1783,00	195,75	222,11	1405,00	0,00	0,88
C	2º Esquerdo	T3	0,58	72,27	61,11	5,00	10,40	2377,00	196,14	256,96	2124,00	0,00	0,76
	1º Direito	T3	0,64	60,44	46,98	4,77	10,40	2377,00	166,37	221,62	2124,00	0,00	0,75
(*) corresponde à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação													
(**) corresponde à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não inclusivos em Eren,p													

Neste quadro pode-se verificar uma ligeira alteração em todas as habitações. Tal como seria de esperar o aumento das trocas de ar entre o interior e o exterior origina um ligeiro aumento das perdas. Desta forma constata-se que esta correção, de cariz obrigatório, não tem um peso significativo no contexto geral do desempenho energético das habitações.

Doravante todas as medidas de melhoria usarão como referência os valores corrigidos da taxa de renovação de ar, fazendo com que as próximas avaliações cumpram os pressupostos legais.

As propostas de melhoria que se seguem têm como objetivo melhorar o desempenho da envolvente exterior através do aumento do isolamento colocado nas paredes exteriores do Bloco A do “Bairro da Coxa”. O quadro que se segue revela os resultados dessa alteração.

Quadro 7.11 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” melhorando o isolamento da envolvente exterior (ponderando 4 frações)

Entrada	Fração	Tipologia	Tx. Ren. (RPH)	Nic (KWh/m ² .ano)	Ni (KWh/m ² .ano)	Nvc (KWh/m ² .ano)	Nv (KWh/m ² .ano)	Qa (KWh/ano)	Ntc (KWhEP/m ² .ano)	Nt (KWhEP/m ² .ano)	Eren,p (KWh/ano)(*)	Eren,ext (KWh/ano)(**)	Ntc/Nc
Parede Exterior (EPS 8 cm)													
A	1º Esquerdo	T4	0,69	118,72	64,84	1,35	10,46	2972,00	328,32	270,32	2124,00	0,00	1,21
	2º Direito	T2	0,58	65,17	50,00	4,53	10,49	1783,00	187,52	222,11	1405,00	0,00	0,84
C	2º Esquerdo	T3	0,58	69,81	61,11	5,10	10,40	2377,00	190,09	256,96	2124,00	0,00	0,74
	1º Direito	T3	0,64	55,45	46,98	4,88	10,40	2377,00	153,98	221,62	2124,00	0,00	0,69
Parede Exterior (EPS 10 cm)													
A	1º Esquerdo	T4	0,69	116,63	64,84	1,34	10,46	2972,00	323,10	270,32	2124,00	0,00	1,20
	2º Direito	T2	0,58	63,79	50,00	4,58	10,49	1783,00	184,11	222,11	1405,00	0,00	0,83
C	2º Esquerdo	T3	0,58	68,79	61,11	5,14	10,40	2377,00	187,57	256,96	2124,00	0,00	0,73
	1º Direito	T3	0,64	53,38	46,98	4,92	10,40	2377,00	148,85	221,62	2124,00	0,00	0,67
Parede Exterior (Lã de Rocha 5 cm)													
A	1º Esquerdo	T4	0,69	122,82	64,84	1,37	10,46	2972,00	338,76	270,32	2124,00	0,00	1,25
	2º Direito	T2	0,58	67,94	50,00	4,45	10,49	1783,00	194,37	222,11	1405,00	0,00	0,88
C	2º Esquerdo	T3	0,58	71,86	61,11	5,02	10,40	2377,00	195,13	256,96	2124,00	0,00	0,76
	1º Direito	T3	0,64	59,60	46,98	4,79	10,40	2377,00	164,30	221,62	2124,00	0,00	0,74
(*) corresponde à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação													
(**) corresponde à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não inclusivos em Eren,p													

Tal como seria de esperar o aumento do isolamento colocado na parede exterior vai promovendo melhorias em relação às perdas apresentadas pelas habitações. Todavia denota-se um diferencial maior na alteração de 5 cm de EPS para 8 cm de EPS do que na alteração de 8 cm EPS para 10 cm de EPS. Entre as diferentes habitações esse melhoramento apresenta-se de forma equivalente, não se identificando uma habitação onde seja claramente mais vantajoso intervir face aos seus pares.

Ainda nesta avaliação, pode-se constatar que a alteração de 5 cm de EPS para 5 cm de Lã de Rocha não promove diferenças significativas, apresentado, de forma genérica, valores muito semelhantes em relação aos apresentados no quadro 7.10. Desta alteração esperam-se outras vantagens, nomeadamente no desempenho acústico, sendo sempre importante compreender que esta solução trará comportamentos distintos em relação às trocas de vapor de água, algo que não deve ser desprezado pelo projetista na altura da escolha dos materiais a aplicar.

A intervenção de reabilitação do “Bairro da Coxa” apresenta duas grandes debilidades, uma vez que as habitações apresentam perdas de calor em dois pontos muito específicos, os quais foram ignorados

pela empreitada proposta pela Câmara de Bragança. As habitações do “Bairro da Coxa” apresentam perdas muito significativas pela parede que separa as habitações da caixa de escadas ($U = 2.63 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) e pelo pavimento sobre os locais de comércio/serviços ($U = 1.49 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

No sentido de atenuar essas perdas as propostas de melhoria que contemplam a colocação de placas de EPS na parede da caixa de escadas e a reformulação do pavimento de separação entre comércio/serviços e habitação permitem chegar aos seguintes resultados.

Quadro 7.12 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” introduzindo 2 cm de isolamento (EPS) na parede da caixa de escadas (ponderando 4 frações)

Entrada	Fração	Tipologia	Tx. Ren. (RPH)	Nic (KWh/m ² .ano)	Ni (KWh/m ² .ano)	Nvc (KWh/m ² .ano)	Nv (KWh/m ² .ano)	Qa (KWh/ano)	Ntc (KWhEP/m ² .ano)	Nt (KWhEP/m ² .ano)	E _{ren,p} (KWh/ano)(*)	E _{ren,ext} (KWh/ano)(**)	Ntc/Nc
Parede Caixa de Escadas (EPS 2 cm)													
A	1º Esquerdo	T4	0,69	118,59	64,84	1,51	10,46	2972,00	328,01	270,32	2124,00	0,00	1,21
	2º Direito	T2	0,58	60,99	50,00	5,20	10,49	1783,00	177,62	222,11	1405,00	0,00	0,80
C	2º Esquerdo	T3	0,58	65,30	61,11	5,73	10,40	2377,00	179,33	256,96	2124,00	0,00	0,70
	1º Direito	T3	0,64	53,55	46,98	5,47	10,40	2377,00	149,75	221,62	2124,00	0,00	0,68
(*) corresponde à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação													
(**) corresponde à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não inclusivos em Eren,p													

Nesta solução de melhoria é perceptível um ganho interessante face à área intervencionada, destacando-se o facto de ser uma solução com um resultado final semelhante á solução que acresce 3 cm de EPS na envolvente exterior, ao substituir a camada de 5 cm de EPS por 8 cm de EPS.

Quadro 7.13 - Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” alterando o revestimento do piso e introduzindo um teto acústico (ponderando T4 sobre comércio/serviços)

Entrada	Fração	Tipologia	Tx. Ren. (RPH)	Nic (KWh/m ² .ano)	Ni (KWh/m ² .ano)	Nvc (KWh/m ² .ano)	Nv (KWh/m ² .ano)	Qa (KWh/ano)	Ntc (KWhEP/m ² .ano)	Nt (KWhEP/m ² .ano)	E _{ren,p} (KWh/ano)(*)	E _{ren,ext} (KWh/ano)(**)	Ntc/Nc
Parede Caixa de Escadas (EPS 2 cm)													
A	1º Esquerdo	T4	0,69	86,01	64,84	2,78	10,46	2972,00	246,56	270,32	2124,00	0,00	0.91
(*) corresponde à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação													
(**) corresponde à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não inclusivos em Eren,p													

Após análise deste quadro percebe-se que, pela primeira, os valores da eficiência energética da habitação sobre comércio/serviços atingem números mais concordantes com aos padrões atuais de exigência do utilizador. Tal facto deve-se ao uso de isolamento existente no teto falso, á câmara de ar. Desta forma comprova-se a perspetiva que foi acompanhando todos os ensaios que envolviam esta habitação e indicavam uma grande quantidade de perdas de calor pelo pavimento.

Noutro sentido, estudando a eficiência dos equipamentos, importa compreender qual a alteração do comportamento térmico e desempenho energético das habitações face à introdução de um sistema de aquecimento de AQS diferente do escolhido pela Câmara de Bragança.

Nesse sentido o quadro que se segue apresenta os resultados obtidos com a substituição do sistema de termossifão pelas bombas de calor.

Quadro 7.14 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” substituindo o sistema de termossifão pelas bombas de calor (ponderando 4 frações)

Entrada	Fração	Tipologia	Tx. Ren. (RPH)	Nic (KWh/m ² .ano)	Ni (KWh/m ² .ano)	Nvc (KWh/m ² .ano)	Nv (KWh/m ² .ano)	Qa (KWh/ano)	Ntc (KWhEP/m ² .ano)	Nt (KWhEP/m ² .ano)	Eren,p (KWh/ano)(*)	Eren,ext (KWh/ano)(**)	Ntc/Nc
Bomba de Calor													
A	1º Esquerdo	T4	0,69	123,73	64,84	1,38	10,46	2972,00	308,45	270,32	2995,00	0,00	1,14
	2º Direito	T2	0,58	68,49	50,00	4,44	10,49	1783,00	193,05	222,11	1454,00	0,00	0,87
C	2º Esquerdo	T3	0,58	72,27	61,11	5,00	10,40	2377,00	157,26	256,96	2995,00	0,00	0,61
	1º Direito	T3	0,64	60,44	46,98	4,77	10,40	2377,00	127,49	221,62	2995,00	0,00	0,58
(*) corresponde à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação													
(**) corresponde à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não inclusivos em Eren,p													

Numa primeira análise pode-se dizer que esta é a solução capaz de produzir melhores resultados no desempenho das habitações do “Bairro da Coxa”. Todavia é necessário ressaltar que essa premissa apenas é válida para os T4 e T3.

De facto, esta solução aumenta a obtenção de energia por fonte renovável, mas no caso dos T2 esse ganho é bastante atenuado face aos T4 e T3. Na verdade a solução do T2 apenas atinge uma melhoria de 49 KWh/ano, enquanto os T4 e T3 melhoram o seu desempenho em 871 KWh/ano. Esta diferença ganha ainda mais força quando se constata que a solução para os T2 produz cerca de 82% da energia necessária, ao passo que a solução para T4 e T3 produz mais de 100% da energia necessária, suprimindo todas as suas necessidades com esse equipamento.

Importa agora compreender de que forma a conjugação das soluções de melhoria 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9 traduz um aumento da eficiência energética das habitações. Nesse sentido são apresentados os resultados do quadro que se segue.

Quadro 7.15 – Resumo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” conjugando as soluções de melhoria 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9 (ponderando 4 frações)

Entrada	Fração	Tipologia	Tx. Ren. (RPH)	Nic (KWh/m ² .ano)	Ni (KWh/m ² .ano)	Nvc (KWh/m ² .ano)	Nv (KWh/m ² .ano)	Qa (KWh/ano)	Ntc (KWhEP/m ² .ano)	Nt (KWhEP/m ² .ano)	E _{ren,p} (KWh/ano)(*)	E _{ren,ext} (KWh/ano)(**)	Ntc/Nc
Conjugando das Soluções de Melhoria 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9													
A	1º Esquerdo	T4	0,69	73,90	64,84	3,08	10,46	2972,00	183,87	270,32	2995,00	0,00	0,68
	2º Direito	T2	0,58	56,32	50,00	5,38	10,49	1783,00	163,39	222,11	1454,00	0,00	0,74
C	2º Esquerdo	T3	0,58	61,85	61,11	5,89	10,40	2377,00	131,94	256,96	2995,00	0,00	0,51
	1º Direito	T3	0,64	46,57	46,98	5,68	10,40	2377,00	93,57	221,62	2995,00	0,00	0,42
(*) corresponde à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação													
(**) corresponde à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não inclusivos em Eren,p													

Após a análise deste quadro pode-se constatar que estas propostas produzem, tal como seria de esperar, os melhores resultados até ao momento.

É interessante referir que após a correção das perdas de calor pelo pavimento entre habitação e comércio/serviços no T4 (1º esquerdo da entrada A), este consegue melhor eficiência energética que o T2 (2º direito da entrada A). Esta situação é potenciada pela relação entre consumo e produção de energia, já estudada aquando da análise da solução de introdução de bombas de calor.

Também é importante assinalar que das quatro habitações estudadas, as três primeiras teriam a classificação da classe energética B e a última teria classificação A.

Comparando os três pontos de situação relativos à intervenção de reabilitação, (pré intervenção de reabilitação, pós intervenção de reabilitação e soluções de melhoria) chegamos ao quadro comparativo que se segue.

Quadro 7.16 – Resumo comparativo do desempenho energético do bloco A do “Bairro da Coxa” comparando os valores pré intervenção, pós intervenção e das soluções de melhoria (ponderando 4 frações)

Entrada	Fração	Tipologia	Tx. Ren. (RPH)	Nic (KWh/m ² .ano)	Ni (KWh/m ² .ano)	Nvc (KWh/m ² .ano)	Nv (KWh/m ² .ano)	Ntc (KWhEP/m ² .ano)	Nt (KWhEP/m ² .ano)	E _{enip} (KWh/ano)(*)	Ntc/Nc
A	1º Esquerdo	T4	1,09	183,56	63,48	1,31	10,46	528,92	209,89	0	2,52
			0,27	111,96	56,70	1,47	10,46	311,43	249,95	2124	1,25
			- 75,23%	- 39,01%	- 10,68%	12,21%		- 41,12%	19,09%		- 50,56%
			0,69	73,90	64,84	3,08	10,46	183,87	270,32	2995	0,68
			- 36,70%	- 59,74%	2,14%	135,11%		- 65,24%	28,79%		- 73,01%
A	2º Direito	T2	1,07	104,52	47,23	2,75	10,49	323,48	164,55	0,00	1,97
			0,24	61,28	42,68	4,44	10,49	177,71	203,79	1405	0,87
			- 77,57%	- 41,37%	- 9,63%	61,45%		- 45,06%	23,85%		- 55,64%
			0,58	56,32	50,00	5,38	10,49	163,39	222,11	1454	0,74
			- 45,79%	- 46,12%	5,86%	95,64%		- 49,49%	34,98%		- 62,58%
C	2º Esquerdo	T3	1,10	120,83	61,60	3,56	10,40	369,30	203,44	0,00	1,82
			0,22	65,04	53,77	5,00	10,40	178,08	238,59	2124	0,75
			- 80,00%	- 46,17%	- 12,71%	40,45%		- 51,78%	17,28%		- 58,88%
			0,58	61,85	61,11	5,89	10,40	131,94	256,96	2995	0,51
			- 47,27%	- 48,81%	- 0,80%	65,45%		- 64,27%	26,31%		- 71,71%
C	1º Direito	T3	1,14	109,43	44,89	3,04	10,40	340,78	161,66	0,00	2,11
			0,33	50,93	38,81	4,92	10,40	142,74	201,21	2124	0,71
			- 71,05%	- 53,46%	- 13,54%	61,84%		- 58,11%	24,46%		- 66,35%
			0,64	46,57	46,98	5,68	10,40	93,57	221,62	2995	0,42
			- 43,86%	- 57,44%	4,66%	86,84%		- 72,54%	37,09%		- 79,97%

O quadro acima transmite a natural melhoria das habitações face às diferentes soluções construtivas propostas.

Realça-se ainda a existência de um padrão no que toca à melhoria das habitações. Note-se que a habitação cuja área de envolvente intervencionada é menor, é aquela que apresenta menos melhorias. O T4, no caso da intervenção de reabilitação, não contempla o pavimento, e o T2, na solução de melhoria apenas melhora duas frentes (norte e sul) e é ainda penalizado na produção de energia renovável face aos seus pares.

Por fim, destaca-se o facto de a razão, intervenção/melhoria não representar um raciocínio lógico e linear, ou seja, a mesma solução de intervenção não vai afetar da mesma forma duas habitações

distintas. É certo que perante um edifício multifamiliar não se pode projetar soluções de melhoria fração a fração, ao contrário de uma habitação unifamiliar, mas este facto deve estar no pensamento de qualquer projetista aquando da definição das soluções a aplicar, uma vez que a intervenção de todos afetará cada um de forma diferenciada.

7.2.2 Eficiência Acústica

Anteriormente, no capítulo 6, foi possível verificar que nem todas as soluções pensadas com objetivo de aumentar a eficiência térmica têm influência no aumento da eficiência acústica. Com algumas das soluções de melhoria estudadas verifica-se exatamente a mesma situação. São exemplo disso as medidas corretivas em que foi proposto a utilização de EPS em diferentes camadas, uma vez que não traduzem um aumento significativo da massa dos elementos construtivos. A somar a estes casos acrescenta-se a introdução de grelhas de ventilação autorreguláveis, uma vez que estas apresentam um índice de isolamento sonoro a sons aéreos provenientes de um ruído exterior de 35 dB, igual ao dos vãos envidraçados.

De forma a facilitar a leitura dos resultados que efetivamente trazem alguma melhoria considerável importa elencar quais as soluções alvo de análise. São elas:

- Alteração do isolamento da parede exterior em EPS por Lã de Rocha mantendo-se os 5 cm;
- Adição de membrana acústica nas paredes entre habitações;
- Alteração do revestimento sobre laje entre pisos;
- Alteração do revestimento da laje sobre comércio/serviços e adição de teto acústico;

Tal como no capítulo 6, como base do estudo acústico foram utilizados como objeto de análise os T4 e T2 da entrada A.

Os quadros que se seguem apresentam os resultados obtidos nos ensaios aos índices de isolamento sonoro a sons de condução aérea.

Quadro 7.17 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e o interior de um fogo (parede exterior) – Solução de melhoria

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	S _{Fachada} (m ²)	S _{Alvenaria} (m ²)	S _{Envidraçado} (m ²)	R _w Alvenaria (dB)	R _w Envidraçado (dB)	τ _{Médio}	R _w Médio (dB)	Área (m ²)	V (m ³)	TM (dB)	T ₀ (s)	D _{2m,nT,w}	D _{2m,nT,w} (mín. reg.)	Verificação
2	T4	Sala / Exterior	24,99	22,29	2,70	46	35	5,66E-05	42,47	20,50	50,23	1	0,50	42,56	33	Verifica
2	T4	Quarto 1 / Exterior	6,74	5,84	0,90			6,40E-05	41,94	10,30	25,24			44,72		Verifica
2	T4	Quarto 2 / Exterior	15,93	14,13	1,80			5,80E-05	42,36	10,20	24,99			41,37		Verifica
2	T4	Quarto 3 / Exterior	6,98	6,08	0,90			6,26E-05	42,03	9,10	22,30			44,12		Verifica
2	T4	Quarto 4 / Exterior	8,00	7,10	0,90			5,79E-05	42,38	11,80	28,91			45,01		Verifica
2	T2	Sala / Exterior	7,88	6,08	1,80			9,17E-05	40,38	21,00	51,45			45,58		Verifica
2	T2	Quarto 1 / Exterior	6,38	4,36	2,02			1,17E-04	39,30	9,40	23,03			41,93		Verifica
2	T2	Quarto 2 / Exterior	14,38	13,48	0,90			4,33E-05	43,63	12,60	30,87			44,00		Verifica

Quadro 7.18 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de dois fogos (parede entre quartos) – Solução de melhoria

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	S _{Parede} (m ²)	R _w (dB) (dB)	V (m ³)	TM (dB)	T ₀ (s)	D _{2m,nT,w}	D _{2m,nT,w} (mín. reg.)	Verificação
2	T4/T2	Quarto 4 / Quarto 1	8,94	48	28,91	1	0,50	50,15	50	Verifica

Quadro 7.19 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de dois fogos (pavimento) – Solução de melhoria

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	S _{Pavimento} (m ²)	R _w (dB)	V (m ³)	TM (dB)	T ₀ (s)	D _{2m,nT,w}	D _{2m,nT,w} (mín. reg.)	Verificação
2 e 3	T4	Sala / Sala	20,50	56	50,23	1	0,50	53,94	50	Verifica
2 e 3	T4	Quarto 1 / Quarto 1	10,30		25,24			53,94		Verifica
2 e 3	T4	Quarto 2 / Quarto 2	10,20		24,99			53,94		Verifica
2 e 3	T4	Quarto 2 / Quarto 3	9,10		22,30			53,94		Verifica
2 e 3	T4	Quarto 2 / Quarto 4	11,80		28,91			53,94		Verifica
2 e 3	T2	Sala / Sala	21,00		51,45			53,94		Verifica
2 e 3	T2	Quarto 1 / Quarto 1	9,40		23,03			53,94		Verifica
2 e 3	T2	Quarto 2 / Quarto 2	12,60		30,87			53,94		Verifica

Quadro 7.20 – Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o interior de um fogo e locais de comércio/serviços (pavimento) – Solução de melhoria

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	$S_{\text{pavimento}} \text{ (m}^2\text{)}$	$R_w \text{ (dB)}$	$V \text{ (m}^3\text{) (da loja)}$	TM (dB)	T0 (s)	$D_{2m,n,T,w}$	$D_{2m,n,T,w} \text{ (mín. reg.)}$	Verificação
2	T4	Sala / Comércio ou Serviços	15,40	70	45,43	1	0,50	68,75	58	Verifica
2	T4	Quarto 1 / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			68,75		Verifica
2	T4	Quarto 2 / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			68,75		Verifica
2	T4	Quarto 3 / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			68,75		Verifica
2	T4	Quarto 4 / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			68,75		Verifica
2	T2	Sala / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			68,75		Verifica
2	T2	Quarto 1 / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			68,75		Verifica
2	T2	Quarto 2 / Comércio ou Serviços	15,40		45,43			68,75		Verifica

Após a análise dos quadros acima, verifica-se que com as soluções de melhoria todas as exigências são cumpridas, ao contrário do que se verificava anteriormente, em que apenas o isolamento ao som exterior e ao som produzido na caixa de escadas cumpriam as exigências regulamentares.

Na solução pós a intervenção de reabilitação, apenas a parede exterior cumpria as exigências mínimas relativas aos ruídos produzidos no exterior. Na solução de melhoria verifica-se, para este elemento construtivo, uma melhoria em cerca de 4 dB. Este aumento deve-se à substituição do EPS pela lã de rocha, sendo que, como assinalado anteriormente, o primeiro não trás qualquer melhoria significativa à alvenaria original.

Relativamente ao índice de isolamento a sons de condução aérea entre fogos, vimos uma melhoria substancial proporcionada pela membrana acústica. Esta manta, associada aos restantes materiais, confere aos elementos de separação um acréscimo de cerca de 5 dB, sendo que 4 dB se devem às características acústicas da membrana. Importa ainda referir que relativamente ao isolamento da parede entre fogos não foi considerado o contributo da segunda membrana acústica, colocada no segundo pano de alvenaria, uma vez que não é possível determinar com exatidão qual o seu contributo para o índice de redução sonora.

Relativamente ao índice de isolamento a sons de condução aérea entre comércio/serviços e um fogo, através do pavimento, verifica-se uma melhoria ainda maior. A adição de um teto acústico à membrana acústica utilizada no pavimento, proporciona um aumento do índice de redução acústica a sons aéreos (R_w) em 23 dB.

Os próximos quadros, que têm por base a metodologia de cálculo anteriormente indicada, apresentam os valores dos índices de isolamento sonoro a sons de percussão para os elementos construtivos de separação (pavimentos) entre fogos habitacionais e entre comércio/serviços e fogos de habitação.

Para o cálculo dos valores apresentados nos quadros que se seguem foi considerado, tal como anteriormente, um valor de 125 dB para o parâmetro $L_{n,w} + R_w$, e um valor de 20 dB para o índice de redução sonora devido ao revestimento do piso, uma vez que sobre a laje aligeirada se verifica a aplicação de um piso flutuante sobre um aglomerado de cortiça de 5 mm.

Quadro 7.21 – Índice de isolamento a sons de percussão entre dois fogos (pavimento) – Solução de melhoria

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	$S_{\text{pavimento}} (m^2)$	$L_{n,w} (dB)$	$R_w (dB)$	$L_{n,w}+R_w (dB)$	$V (m^3)$	TM (dB)	$T_0 (s)$	ΔLW	$L_{n,w,eq} (dB)$	$L'_{nt,w} (dB)$	$L'_{nt,w} (mín. reg.)$	Verificação
2 e 3	T4	Sala / Sala	20,00	69	56	125	49,00	5	0,50	20	65,32	55,06	60	Verifica
2 e 3	T4	Quarto 1 / Quarto 1	10,30				25,24					57,94		Verifica
2 e 3	T4	Quarto 2 / Quarto 2	10,20				24,99					57,98		Verifica
2 e 3	T4	Quarto 3 / Quarto 3	9,10				22,30					58,48		Verifica
2 e 3	T4	Quarto 4 / Quarto 4	11,80				28,91					57,35		Verifica
2 e 3	T2	Sala / Sala	21,00				51,45					54,84		Verifica
2 e 3	T2	Quarto 1 / Quarto 1	9,40				23,03					58,34		Verifica
2 e 3	T2	Quarto 2 / Quarto 2	12,60				30,87					57,06		Verifica

Quadro 7.22 – Índice de isolamento a sons de percussão entre o interior de um fogo e locais de comércio/serviços (pavimento) – Solução de melhora

Pisos	Tipologia	Recetor / Emissor	$S_{\text{pavimento}} (m^2)$	$L_{n,w} (dB)$	$R_w (dB)$	$L_{n,w}+R_w (dB)$	$V (m^3)$	TM (dB)	$T_0 (s)$	ΔLW	$L_{n,w,eq} (dB)$	$L'_{nt,w} (dB)$	$L'_{nt,w} (mín. reg.)$	Verificação
1 e 2	T4	Comércio ou Serviços / Sala	20,00	61	64	125	49,00	5	0,50	20	65,32	47,06	50	verifica
1 e 2	T4	Comércio ou Serviços / Quarto 1	10,30				25,24					49,94		verifica
1 e 2	T4	Comércio ou Serviços / Quarto 2	10,20				24,99					49,98		verifica
1 e 2	T4	Comércio ou Serviços / Quarto 3	9,10				22,30					50,48		Não verifica
1 e 2	T4	Comércio ou Serviços / Quarto 4	11,80				28,91					49,35		verifica
1 e 2	T2	Comércio ou Serviços / Sala	21,00				51,45					46,84		verifica
1 e 2	T2	Comércio ou Serviços / Quarto 1	9,40				23,03					50,34		Não verifica
1 e 2	T2	Comércio ou Serviços / Quarto 2	12,60				30,87					49,06		verifica

Após a leitura dos quadros acima apresentados, pode-se verificar o aumento muito significativo da eficiência acústica dos pavimentos analisados, sendo esta total no caso dos pavimentos entre fogos e parcial no caso dos pavimentos entre comércio/serviços e um fogo.

Com a introdução de um piso flutuante, associado à melhoria do índice de redução sonora de ambos os pavimentos, que introduziram uma melhoria significativa no valor de ΔLW , verifica-se uma melhoria em cerca de 29 dB, no primeiro caso e em cerca de 37 dB no segundo, este último potenciado pela colocação de um teto acústico.

Contudo importa salientar a não conformidade com os requisitos legais de dois compartimentos indicados no quadro 7.22. São eles o quarto mais pequeno da habitação T4 e T2. Desta forma e comparando com os restantes compartimentos, pode-se constatar que quanto menor for o compartimento mais difícil será cumprir os requisitos legais.

8 ESTUDO DO PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

8.1 METODOLOGIA ADOTADA

O estudo do período de retorno do investimento financeiro é sempre uma avaliação algo subjetiva, quer pela volatilidade dos custos do mercado da construção, quer pela volatilidade do mercado da energia. Neste estudo, com objetivo de simplificar a apreciação do período de retorno do investimento, assim como a leitura dos resultados, foi necessário estudar uma metodologia de cálculo mais generalista.

A fim de cumprir estes pressupostos foram analisados os gastos de energia por metro quadrado das diferentes soluções já apresentadas, reabilitação e soluções de melhoria, foi arbitrado um valor para o custo da energia elétrica, de acordo com os valores praticados pelas diferentes operadoras nas suas várias tarifas, de 0,16€/KWh e foi calculado um valor padrão por metro quadrado para a realização das diferentes empreitadas. Este último obrigou à diluição de alguns valores tendo em conta as áreas das habitações, como por exemplo a diluição da área de parede exterior ou da caixa de escadas, uma vez que os gastos de energia refletem as necessidades por metro quadrado da área de pavimento da fração.

Por forma a tornar esta análise o mais fiável possível, todos os valores apresentados têm por base uma média por fração dos valores supracitados, ponderando as 4 frações alvo de maior escortino.

No que se refere ao valor da empreitada de reabilitação foram assumidos os seguintes valores característicos.

Quadro 8.1 – Resumo do custo padrão da empreitada de reabilitação

Solução de empreitada:	Custo da empreitada (€/m ²)
Solução de reabilitação	120,00

No que se refere aos valores de empreitada das soluções de melhoria, para o cálculo dos valores padrão, foram considerados os valores que se apresentam no quadro 8.2. Para efeito de análise futura, aos valores apresentados soma-se o valor da empreitada de reabilitação.

Quadro 8.2 – Resumo dos valores padrão de acréscimo ao custo padrão da empreitada segundo as soluções de melhoria

Solução de empreitada:	Acréscimo ao Custo da empreitada (€/m ²)
Correção da irregularidade verificada na taxa de renovação de ar (Rph < 0,4 h ⁻¹)	0,99
Alteração da espessura de EPS da parede exterior de 5 cm para 8 cm	1,80
Alteração da espessura de EPS da parede exterior de 5 cm para 10 cm	2,70
Alteração do isolamento da parede exterior em EPS por Lã de Rocha mantendo-se os 5 cm	4,80
Adição de 2 cm de EPS com acabamento em reboco delgado armado na parede em contacto com a caixa de escadas	2,81
Adição de membrana acústica nas paredes entre habitações	4,24
Alteração do revestimento sobre laje entre pisos	46,00
Alteração do revestimento da laje sobre comércio/serviços e adição de teto acústico	79,51
Substituição da solução de termossifão para aquecimento de AQS por bomba de calor	0,00
Aplicação das soluções de melhoria 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9 em simultâneo	64,57

Após avaliação deste quadro é perceptível que as intervenções mais onerosas são as referentes aos pavimentos e à conjugação das soluções de melhoria. Realça-se ainda a faixa a cinzento, que trata o piso entre habitação e comércio/serviços, uma vez que esta apresenta o valor mais alto. Todavia é necessário ter em conta que este valor apenas tem em conta uma habitação (a de maior área), ao invés das restantes soluções que ponderam sempre 4 habitações. Só isso justifica que a solução a cinzento envolva mais custos que a solução que conjuga várias soluções de melhoria, incluindo a solução da faixa cinzenta.

Importa ainda assinalar o valor nulo para a instalação de bombas de calor. Tal facto deve-se à constatação de que, apesar de ser um equipamento mais caro, a redução dos custos com acessórios, tubagens, adaptações e mão de obra equilibra a balança quando em comparação com o sistema de termossifão.

Por fim sublinha-se que estes valores são referentes a um acréscimo do custo da empreitada. Daí que a aplicação de 2 cm de EPS na caixa de escadas seja mais caro que a aplicação de 10 cm de EPS nas fachadas. No primeiro caso estamos perante a introdução de um sistema completo, ao passo que no segundo caso estamos perante a troca das placas de EPS.

8.2 RESULTADOS OBTIDOS

Os quadros que se seguem servem para apresentar o período de retorno financeiro do investimento realizado, ponderando a poupança anual com energia. O quadro 8.3 apresenta um resumo que compara a solução de reabilitação, correção da ventilação e conjugação das soluções de melhoria 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9.

Quadro 8.3 – Resumo dos períodos de retorno do investimento financeiro

Ntc Pré Intervenção (KWh _{EP} /m ² .ano)	Ntc Pós Intervenção (KWh _{EP} /m ² .ano)	ΔNtc (KWh _{EP} /m ² .ano)	Custo da Energia (€/KWh)	Poupança na Fatura Energética (€/m ² .ano)	Custo empreitada (€/m ² pavimento)	Período de Retorno do Investimento (Anos)	Aumento do investimento	Diminuição da Fatura Energética (€/m ² .ano)
Reabilitação								
390,62	202,49	188,13	0,16	30,10	120,00	3,99	–	- 48,16%
Correção da Ventilação								
390,62	224,78	165,84	0,16	26,53	120,98	4,56	0,82%	- 42,46%
Conjugando das Soluções de Melhoria 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9								
390,62	143,19	247,43	0,16	39,59	185,56	4,69	54,63%	- 63,34%

Neste quadro verificam-se períodos de retorno inferiores a 5 anos e na operação original, inferior a 4 anos. Importa assinalar a necessidade de ter em conta a ilegalidade da situação de reabilitação no que toca ao cumprimento da taxa de renovação do ar. Nesse sentido deve ser tomada como valor de referência a análise a verde.

O quadro apresenta-nos uma redução na fatura energética em 42,46% para a situação de correção da ventilação e 63,34% para a situação da conjugando das soluções de melhoria 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9. O mesmo quadro revela ainda que a correção da ventilação implica um aumento do investimento inferior a 1%.

Por fim, após a análise deste quadro, torna-se perceptível, que entre a escolha da solução que apenas corrige a ventilação e a solução de melhoria conjunta não há uma diferença relevante no que toca ao período de retorno. Neste caso parece existir uma espécie de raciocínio linear na razão entre o investimento e a poupança verificada. Todavia é de assinalar que a segunda solução implica um investimento superior, podendo a falta de capital ser um grande entrave a esse aumento. Em contrapartida, no final do período de retorno, o utilizador passaria a poupar 13,06€/m².ano, vantagem que deve ser levada em conta na hora do investimento.

O quadro abaixo, que segue o mesmo raciocínio do quadro anterior, revela uma análise mais profunda às várias soluções de melhoria, analisando-as ponto a ponto. Destaca-se ainda, que neste quadro a coluna mais à direita compara os valores da diminuição da fatura energética das várias soluções tendo como referência a solução legal, assinalada a verde.

Quadro 8.4 – Períodos de retorno do investimento financeiro segundo as várias opções de empreitada

Ntc Pré Intervenção (KWh _{EP} /m ² .ano)	Ntc Pós Intervenção (KWh _{EP} /m ² .ano)	ΔNtc (KWh _{EP} /m ² .ano)	Custo da Energia (€/KWh)	Poupança na Fatura Energética (€/m ² .ano)	Custo empreitada (€/m ² pavimento)	Período de Retorno do Investimento (Anos)	Aumento do investimento	Diminuição da Fatura Energética - solução legal - (€/m ² .ano)
Reabilitação								
390,62	202,49	188,13	0,16	30,10	120	3,99	-	-
Correção da Ventilação								
390,62	224,78	165,84	0,16	26,53	120,99	4,56	0,82%	-
Parede Exterior (EPS 8 cm)								
390,62	214,98	175,64	0,16	28,10	122,79	4,37	2,32%	- 5,91%
Parede Exterior (EPS 10 cm)								
390,62	210,91	179,71	0,16	28,75	123,69	4,30	3,07%	- 8,36%
Parede Exterior (Lã de Rocha 5 cm)								
390,62	223,14	167,48	0,16	26,80	125,79	4,69	4,82%	- 0,99%
Parede Caixa de Escadas (EPS 2 cm)								
390,62	208,68	181,94	0,16	29,11	123,8	4,25	3,16%	- 9,71%
Parede entre Fogos								
390,62	218,87	171,75	0,16	27,48	125,23	4,56	4,36%	x
Pavimento entre Fogos								
390,62	218,87	171,75	0,16	27,48	166,99	6,08	39,16%	x
Pavimento sobre Comércio/Serviços								
528,92	246,56	282,36	0,16	45,18	200,5	4,44	67,09%	- 70,26%
Bomba de Calor								
390,62	196,56	194,06	0,16	31,05	120,99	3,90	0,82%	- 17,01%
Conjugando das Soluções de Melhoria 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9								
390,62	143,19	247,43	0,16	39,59	185,56	4,69	54,63%	- 49,19%

Após a análise deste quadro verificam-se, regra geral, os mesmos períodos de retorno do quadro anterior, sendo exceção o pavimento entre fogos, que tal como a parede entre fogos, é uma solução que implica mais investimento, mas sem retorno na fatura energética.

No que toca à intervenção mais rentável, esta é claramente a substituição do sistema termossifão pelo sistema de bombas de calor. Com um ligeiro aumento investimento, obrigatório para à correção da ventilação, conseguem-se valores na poupança de energia na ordem dos 4,50€/m².ano.

Analisado as soluções de reabilitação da fachada é possível verificar uma relação investimento poupança muito interessante. É exceção a solução de aplicação de Lã de Rocha, uma vez que é uma solução mais cara e, neste caso, com a mesma espessura de EPS da solução legal, o que traduz um ganho energético marginal.

A azul apresenta-se o resultado da aplicação da solução de correção das perdas de calor através do pavimento sobre comércio/serviços. Após a comparação com a última análise, conjugação das soluções de melhoria 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9, verifica-se que é mais vantajoso englobar essa alteração numa reabilitação global do que a fazer a nível pontual, uma vez que, desta forma, este valor mais oneroso é diluído no valor global da empreitada.

Por fim resta reservar um pensamento crítico a esta lógica de gasto e poupança de energia. Todas estas reflexões só são válidas tendo como ponto de partida um objetivo de manter a casa a 25 °C na estação de arrefecimento e 18 °C na estação de aquecimento. Se os utilizadores não estiverem na disposição de gastar energia para atingir estas temperaturas, então estes cálculos não serão válidos. Todavia será sempre certo que será necessidade gastar menos energia para atingir uma determinada temperatura após qualquer uma das empreitadas face à situação original.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

9.1 CONCLUSÕES

A possibilidade de um aluno realizar um estágio no final da sua formação académica deve ter em consideração a riqueza que é transmitida ao mesmo no que toca ao conhecimento prático e integração no mundo empresarial no sector da Engenharia Civil. Este regime permitiu por em prática vários conceitos teóricos transmitidos pelos docentes ao longo dos vários anos de aprendizagem, passando a matéria dos livros e apontamentos, dos cálculos e raciocínios para além de uma folha de exame.

Um estágio, quando conduzido na direção certa, permite ao aluno ter contacto com o mundo da Engenharia Civil nos seus diferentes âmbitos. O período de estágio na empresa Vierominho II, Construção e Reabilitação, Lda., permitiu tomar contacto com os processos de Reabilitação e Conservação e com a necessidade de analisar, compreender, avaliar e resolver os problemas colocados no dia a dia do engenheiro.

Do estudo realizado e do contacto com o mercado promovido pelo estágio é possível compreender que a Reabilitação é um sector interessante para a realidade da Construção Civil em Portugal, mas ainda longe de atingir os melhores registos Europeus, situação que é agravada pela constatação que a mesma tem uma grande dependência do investimento público. Foi também possível compreender que esse acaba por estar, também ele, muito dependente dos Fundos Europeus. Exemplo disso são as reabilitações promovidas pelo sector governamental, que garantem o acesso a esses incentivos, aliando o interesse da reabilitação à adoção de soluções construtivas que promovam a melhoria da eficiência energética.

As obras de Conservação também começam a entrar de forma mais séria no vocabulário dos proprietários de bens imóveis. Estes começam a tomar consciência de que, da mesma forma que se deve ir ao mecânico fazer a revisão do seu veículo, para evitar males maiores, também se deve estar atento aos sinais de envelhecimento dados pelo edifício a fim de evitar a sua degradação. Um bom exemplo disso são as fissuras, que quando mal, ou tardiamente tratadas, podem promover a corrosão e expansão da armadura e conseqüente perda de resistência mecânica. São também exemplo dessa necessidade os sistemas de drenagem que muitas vezes são responsáveis pela degradação da estrutura, da aparência e da funcionalidade de um edifício.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A grande expectativa do estudo realizado envolta do “Bairro da Coxa” era compreender as potencialidades da Reabilitação. Fazendo fé nas teorias do presente que visam sustentar o futuro, este só será garantido com a potencialização da política dos 5 R’s, “repensar, reduzir, recusar, reutilizar e reciclar”⁽⁹⁾. Assim sendo, repensar a Construção Civil, reduzir a construção às necessidades, recusar uma construção por excentricidade ou vaidade, pondo em causa os recursos naturais, reutilizar a edificação existente e seus elementos construtivos e reciclar aqueles que não podem ser reutilizados, reduzindo as perdas definitivas ao máximo, é o caminho que a Construção Civil também tem que seguir.

Neste contexto e após o estudo realizado parece ser seguro afirmar que há futuro para a Reabilitação segundo as teorias supracitadas. Hoje em dia caminha-se para uma construção que busca reduzir a zero as necessidades de energia durante o período de utilização dos edifícios construídos. Todavia há a necessidade de explorar ao máximo a edificação existente. Nesse sentido, conseguir dotar um edifício com cerca de 35 anos de condições de conforto e eficiência energética equivalentes às do presente, e a um custo razoável e possível retorno do investimento, parece ser a aplicação perfeita da teoria dos 5 R’s.

Após o estudo verifica-se, a exemplo de muitas situações, um desprezo pela eficiência acústica dos edifícios por parte dos projetistas e entidades responsáveis. É certo que estas alterações não trazem vantagens económicas, mas o conforto dos utilizadores deveria ser levado mais em conta. Ao nível da energia

Depois de analisadas algumas medidas corretivas, quer do ponto de vista da eficiência energética, quer do ponto de vista da eficiência acústica, fica a sensação que esta intervenção poderia ter ido um pouco mais longe se requerer um grande aumento no esforço orçamental. De facto, é necessário ressaltar a injustiça criada perante os utilizadores das frações sobre comércio/serviços, uma vez que nestas se verificaram grandes perdas pelo pavimento, situação que não foi levada em conta na intervenção de reabilitação.

Do ponto de vista financeiro verifica-se uma solução com algum potencial, registando-se períodos de retorno interessantes. Todavia é necessário lembrar a utopia deste pensamento. Cabe aos responsáveis ponderar se esta filosofia de comparação que obriga ao consumo, ter a habitação a 18 °C e 25 °C, é a melhor estratégia perante um país empobrecido, onde o preço da energia é elevado face aos rendimentos e onde as pessoas usam mais rapidamente um cobertor do que um aquecedor. Este sistema de avaliação é pertinente e um passo importante no sentido de dar mais informação ao utilizador. Contudo não parece ser a lógica/linguagem mais esclarecedora, ou consonante com as práticas correntes. Esta ferramenta parece ser mais adequada quando lidamos com necessidades de energia quase nulas e torna-se mais inadequada quando obriga ao consumo de grandes quantidades de energia, pois não terá acompanhamento no mundo real.

Em suma, parece haver futuro para a Reabilitação. É certo que esta tem que se ajustar às novas filosofias de prevenção do futuro, tal como a Construção Nova, mas o caminho e o negócio parecem ser sustentáveis. Cabe agora aos responsáveis, engenheiros e legisladores, trabalharem em conjunto no sentido de traçarem objetivos concretos e estáveis e instrumentos simples, capazes e esclarecedores.

9.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Neste estudo procurou-se compreender se as habitações atuais conseguem atingirem níveis de eficiência energética e acústica concordantes com as exigências atuais e quais os custos envolvidos. Neste sentido era objetivo deste estudo perceber se a Reabilitação é sustentável do ponto de vista da viabilidade e se é sustentável do ponto de vista económico.

De futuro seria interessante compreender de que forma esta reabilitação e outras reabilitações realizadas, principalmente em Portugal, são sustentáveis do ponto de vista ambiental. Para o efeito seria interessante aplicar metodologias de avaliação como o Lider A ou o SBTool. Neste tipo de estudo seria interessante introduzir novas propostas de melhoria capazes de trazer mais eficiência energética, acústica e ambientalmente sustentável.

Ainda do ponto de vista económico seria interessante conseguir individualizar os elementos construtivos por forma a compreender de que forma cada elemento construtivo contribui para maior ou menor eficiência energética, ou seja, de que forma este ou aquele material, mais ou menos espessura, aumenta ou diminui, e em quanto, a eficiência energética de uma habitação. Este seria um instrumento interessante para, de uma forma mais expedita, se conseguir fazer uma previsão do comportamento térmico e desempenho energético de uma habitação.

Do ponto de vista funcional, seria pertinente tentar inverter toda a lógica de avaliação do REH. Seria interessante, se ao contrário deste sistema que obriga a colocar a habitação a determinada temperatura, fosse possível saber que temperatura esperar da habitação caso não se gaste qualquer energia, assim como saber qual a energia necessária para subir ou baixar 1 °C.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CITAÇÕES:

(1) Alice Tavares; Aníbal Costa; Humberto Varum – Manual de Reabilitação e Manutenção de Edifícios: Guia de intervenção, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, INOVADOMUS: Julho 2011

(2) Fernandes, Débora Silva - Estudo sobre a realidade da reabilitação de edifícios em Portugal: Abordagem térmico-energética. Lisboa, [s.n.], 2012, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia

(3) O que é o Portugal 2020. [Consult. 2 Agosto 2016]. Disponível na
<https://www.portugal2020.pt/Portal2020/o-que-e-o-portugal2020>

(4) E-Civil - Isolamento térmico de fachadas pelo exterior. [Consult. 20 Agosto 2016]. Disponível na
http://www.ecivilnet.com/artigos/isolamento_termico_de_fachadas_pelo_exterior.htm

(5) [s.n.] – Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais. Lisboa: DGGE / IP-3E, 2014. ISBN 972-8268-33-5.

(6) REH. [Consult. 9 Abril 2016]. Disponível na
<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=4&Cod=1553>

(7) DECRETO-LEI nº 118/2013. D.R. I Série. 159 (20-08-2013) 4996-4997.

(8) DECRETO-LEI nº 96/2008. D.R. I Série. 159 (09-06-2008) 3359.

(9) Lordelo, Paula - Educação ambiental e os 5 Rs. [Consult. 23 Agosto 2016]. Disponível na
<http://www.estudoslegais.com/desenvolvimento-sustentavel/>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOCUMENTOS LEGISLATIVOS

DECRETO-LEI nº 9/2007. D.R. I Série. 12 (17-01-2007) - (Regulamento Geral do Ruído - RGR)

DECRETO-LEI nº 96/208. D.R. I Série. 159 (09-06-2008) - (Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios - RRAE)

DECRETO-LEI nº 329-A/2000. D.R. I Série. 159 (22-12-2000)

DECRETO-LEI nº 118/2013. D.R. I Série. 159 (20-08-2013) - (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação - REH)

Portaria nº 156/2014. D.R. I Série. 154 (12-08-2014)

Livros

SANTOS, Pina dos; MATIAS, Luis – Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios : versão actualizada 2006.. Lisboa : LNEC, 2006. ISBN 972-49-2065-8.

DA SILVA, P. Martins – Acústica de edifícios.. Lisboa : LNEC, 1978. ISBN: 9789724900131.

DA SILVA, P. Martins – Projecto de condicionamento acústico de edifícios.. Lisboa : LNEC, 2009. ISBN: 9789724920801.

INE, I.P. – O Parque habitacional e a sua reabilitação : análise e evolução 2001-2011.. Lisboa : INE; LNEC, 2013. ISBN 978-989-25-0246-5.

INE, I.P. – Estatísticas da Construção e Habitação 2015.. Lisboa : INE, 2016. ISBN 978-989-25-0357-8.

DGGE / IP-3E – Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais.. Lisboa : DGGE / IP-3E, 2004. ISBN 972-8268-33-5.

PATRÍCIO, Jorge – Acústica nos edifícios : Guia Para a Quantificação da Transmissão Marginal. Lisboa : LNEC, 2003. ISBN: 9789724918624.

TESES, DISSERTAÇÕES, POJETOS E OUTRAS PROVAS ACADÉMICAS

CORREIA PINTO, Catarina Isabel da Rocha – Introdução às Coberturas Ajardinadas [Texto policopiado]. Porto : [s.n.], 2014. Dissertação de Mestrado.

DA ROCHA CORDEIRO, Paulo Jorge Fernandes Soares - Análise Técnico-económica de Soluções de Reabilitação da Envolvente de Edifícios [Texto policopiado]. Porto : [s.n.], 2011. Dissertação de Mestrado.

DA SILVA MARTINS, Pedro Miguel Marinho – Reabilitação de Edifícios na Baixa do Porto [Texto policopiado] : Análise de casos de obra. Porto : [s.n.], 2013. Relatório de Estágio (Mestrado).

DOS SANTOS GUTIERRES, Valter Nuno – Reabilitação Térmica e Acústica de Edifícios Antigos [Texto policopiado]. Lisboa : [s.n.], 2015. Dissertação de Mestrado.

DURÃO, Carina Oliveira – Reabilitação Sustentável [Texto policopiado] : Introdução de Metodologias e Estratégias Sustentáveis, Lisboa : [s.n.]. 2013. Projeto de Mestrado.

FERNANDES, Débora da Silva – Estudo sobre a realidade da reabilitação de edifícios em Portugal [Texto policopiado] : Abordagem térmico-energética. Lisboa : [s.n.], 2012. Dissertação de Mestrado.

MATOS ABREU, Sónia Carina – Análise do Desempenho Acústico de Elementos Construtivos na Reabilitação de Edifícios [Texto policopiado]. Porto : [s.n.], 2014. Dissertação de Mestrado.

URBANO DE MENDONÇA, Paulo Jorge Figueira de Almeida – Habitar Sob uma Segunda Pele [Texto policopiado] : Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados. Guimarães : [s.n.], 2005. Tese de Doutoramento.

SÍTIO/PORTAL/HOMEPAGE de Referência

<http://www.adene.pt>

<http://www.dge.mec.pt>

<http://www.lnec.pt/pt>

<http://www.lneg.pt>

<http://www.itecons.uc.pt>

<https://www.ine.pt>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.podata.pt>

<http://www.engenhariacivil.com>

<http://www.reabilitacaodeedificios.com>

<http://orcamentos.eu/>