

Pedro Filipe Sousa Mendes

**Isolamentos Térmicos em Edifícios e seu Contributo para a
Eficiência Energética**
Recomendações de Projeto

UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA

Porto, 2012

Pedro Filipe Sousa Mendes

**Isolamentos Térmicos em Edifícios e seu Contributo para a
Eficiência Energética**
Recomendações de Projeto

UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA

Porto, 2012

Pedro Filipe Sousa Mendes

Isolamentos Térmicos em Edifícios e seu Contributo para a Eficiência Energética

Recomendações de Projeto

Assinatura:

“Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil”

Porto, 2012

SUMÁRIO:

A Fraca Eficiência Energética de alguns edifícios é um dos problemas que infelizmente ainda teimam em persistir, porém atualmente existe uma maior atenção para a especificidade do setor da construção e para a necessidade de intervenção em diversos domínios.

Numa primeira fase deste trabalho, analisa-se a problemática energética e a contribuição do setor da construção, efetuando-se um encadeamento de um conjunto de conceitos e reflexões essenciais para uma melhor abordagem do objetivo principal da dissertação. Devido à grande responsabilidade dos edifícios no consumo energético, é obrigatório encontrar soluções para a sua diminuição, passando pelo uso de materiais e equipamentos mais eficientes, como de disposições construtivas mais favoráveis. “O isolamento térmico é uma das formas mais rentáveis para a melhoria da eficiência energética dos edifícios (URSA Insulation, 2009) ”, podendo-se alcançar economias significativas, com pequenas intervenções de melhoria nos isolamentos.

O objetivo principal deste trabalho é de propiciar um melhor conhecimento dos mais variados isolamentos térmicos existentes no mercado, fornecendo, desta forma, uma base de apoio para a elaboração de projetos com um desempenho energético mais eficiente. Tornando-se numa ferramenta útil e prática para consulta no âmbito do tratamento térmico dos edifícios, sensibilizando os leitores dos benefícios que uma seleção mais criteriosa dos isolantes térmicos utilizados nos edifícios pode oferecer.

Primeiramente analisa-se a evolução da regulamentação térmica de edifícios em Portugal, bem como alguns conceitos básicos sobre mecanismos de transferência de calor. Seguidamente existe um levantamento de materiais de isolamento térmico convencionais existentes no mercado, passando também pelos isolamentos térmicos não convencionais, nomeadamente (PCMs e as proteções térmicas reflectantes em coberturas). As características térmicas/técnicas, vantagens/desvantagens, bem como a aplicabilidade dos diferentes materiais são expostos ao longo do trabalho. Por último, introduz-se um caso de estudo de um edifício destinado à habitação e analisa-se as perdas térmicas em duas diferentes situações. São utilizados valores condutibilidades

térmicas constantes no ITE 50 do LNEC – Laboratório Nacional Engenharia Civil e valores de diversos fabricantes homologados por laboratórios certificados para os materiais mais comuns, confrontam-se os valores obtidos e avalia-se qual o impacto em termos de perdas térmicas nas duas situações.

Na maioria das vezes os projetistas reportam-se meramente aos valores de condutibilidade térmica de materiais isolantes publicados no ITE 50 – Informação Técnica de Edifícios, homologados pelo LNEC, não desperdiçando tempo na busca de isolantes térmicos dos fabricantes devidamente homologados, valores esses que na maioria dos casos são substancialmente inferiores aos declarados pelo LNEC. No caso de estudo apresentado, verifica-se que uma seleção mais criteriosa de um dado isolamento térmico tem as suas vantagens. É apresentado para o mesmo material, valores do LNEC e fabricante, após efetuados os cálculos depara-se que em algumas situações, esses valores substancialmente inferiores reportam para uma mudança da Classe Energética do Edifício (Classe A para Classe A⁺).

Palavras – chave: Problemática Energética, Edifícios, Eficiência Energética, Isolamento Térmico, Desempenho Térmico.

ABSTRACT:

The Low Efficiency of some buildings is one of the problems that unfortunately still stubbornly persist, but now there is a greater attention to the specificity of the construction sector and the need for intervention in various fields.

In the first phase of this work, we analyze the energy problem and the contribution of the construction sector, making up a chaining a set of concepts and ideas essential to a better approach to the main objective of the dissertation. Due to the great responsibility of building energy consumption, is required to find solutions to their reduction, through the use of materials and more efficient equipment, such as the construction more favorable provisions. "Thermal insulation is one of the most profitable ways to improve the energy efficiency of buildings (URSA Insulation, 2009)," can be achieved significant savings, with little improvement interventions in isolation.

The main objective of this paper is to provide a better understanding of a variety of thermal insulation on the market, providing thus a support base for the development of projects with a more efficient energy performance. Making it a useful and practical tool for consultation under the thermal treatment of buildings, sensitizing the readers of the benefits that a more careful selection of insulating materials used in buildings can offer.

First we analyze the evolution of thermal regulation of buildings in Portugal, as well as some basic concepts about mechanisms of heat transfer. Then there is a survey of conventional thermal insulation materials on the market, also going by the non-conventional thermal insulation, including (PCMs and thermal protections reflectantes in roofs). The thermal/technical characteristics, advantages/disadvantages, and the applicability of the different materials are exposed along the work. Finally, we introduce a case study of a building for housing and analyze the thermal losses in two different situations. Thermal conductivities are used values contained in the ITE 50 LNEC – National Laboratory for Civil Engineering and values of various manufacturers approved by laboratories certified for the most common materials, face values obtained by the evaluation of the impact in terms of heat losses in two situations.

In most cases designers relate merely to the values of thermal conductivity of insulating materials published in the ITE 50 – Technical Data Building, approved by LNEC, not wasting time in search of thermal insulation manufacturers duly approved, values which in most cases are substantially lower than those declared by the LNEC. In case study is, it appears that a more careful selection of a particular insulation has its advantages. It is submitted for the same material, values of LNEC and manufacturer, after the calculations made faces that in some situations, these values substantially lower than reported for a change of the Building Energy Class (Class A to Class A+).

Keywords: Energy Issues, Buildings, Energy Efficiency, Thermal Insulation, Thermal Performance.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar a minha gratidão a todas as pessoas e entidades que de alguma forma contribuíram e me acompanharam ao longo deste trabalho, nomeadamente:

- Ao meu orientador, Professor Miguel Ferreira não só pelo conhecimento transmitido, paciência e disponibilidade que sempre dispensou, mas especialmente pela confiança que em mim depositou e pelas linhas orientadoras para a conceção dos objetivos traçados. Um sincero obrigado pela generosidade em ter aceite o meu convite e pela forma que sempre me ajudou a prosseguir a minha investigação com a sua combinação perfeita de críticas, sugestões e incentivos.
- À Professora Doutora Filipa Malafaya pelos ensinamentos transmitidos e pela sua enorme disponibilidade no esclarecimento das dúvidas que foram ocorrendo na elaboração deste trabalho científico, nomeadamente no tratamento das fontes bibliográficas e das sugestões que tanto me foram úteis.
- A todas as entidades, pelo fornecimento de todos dados quando solicitados, pois sem eles não seria possível concluir este trabalho.
- Por último, e como os últimos são os primeiros, gostaria de agradecer o exemplo de vida que os meus pais e o meu irmão para mim representam, sem os quais nunca seria a pessoa que hoje sou. Obrigado por todo o apoio prestado ao longo da minha vida académica, por confiarem em mim, por me apoiarem e sobretudo pelo esforço para tentarem dar-me um futuro melhor. Um eterno e sincero obrigado.

Mesmo que um dia meus pensamentos não fizerem o que mais gostem, meu coração vai continuar a fazer o que mais ama, amar-vos.

O valor das coisas não está no momento que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis. (Fernando Pessoa)

Os meus sinceros agradecimentos

ÍNDICE GERAL

Capítulo I – Enquadramento e motivação da dissertação.....	1
I.1 – Enquadramento do tema.....	1
I.2 – Objetivos.....	3
I.3 – Organização da dissertação.....	4
Capítulo II – A Procura Energética.....	5
II.1 – Consumo de Energia, uma preocupação a nível mundial.....	10
II.2 – Protocolo de Quioto.....	13
II.3 – Caracterização do consumo de energia em Portugal.....	14
II.4 – Energias Renováveis em Portugal: Perspetivas de Futuro.....	17
Capítulo III – Regulamentação térmica de edifícios em Portugal.....	22
III.1 – Evolução da regulamentação e aspetos gerais.....	22
Capítulo IV – Mecanismos de Transferência de Calor.....	29
IV.1 – Generalidades.....	29
IV.1.1 – Condução.....	29
IV.1.2 – Convecção.....	33
IV.1.3 – Radiação.....	34
Capítulo V – Isolamentos térmicos tradicionais de edifícios.....	36
V.1 – Generalidades.....	36
V.2 – A marcação “CE” nos produtos da construção.....	42
V.3 – Levantamento das soluções existentes.....	44

V.3.1 – Isolantes vegetais.....	46
V.3.1.1 – Produtos de Cortiça.....	46
V.3.1.1.1 – Aglomerado de cortiça expandido (aplicado pelo exterior).....	48
V.3.1.2 – Fibra de Côco.....	50
V.3.1.3 – Fibras e partículas de madeira aglutinadas.....	51
V.3.1.4 – Fibras celulósicas.....	52
V.3.2 – Isolantes sintéticos.....	54
V.3.2.1 – Poliestireno expandido (EPS).....	54
V.3.2.2 – Poliestireno extrudido (XPS).....	57
V.3.2.3 – Espumas rígidas de poliuretano (PUR).....	59
V.3.2.4 – Espumas rígidas de poli-isocianurato (PIR).....	61
V.3.2.5 – Espuma de ureia-formaldeído (UF).....	61
V.3.2.6 – Espuma rígida fenólica (PF).....	61
V.3.2.7 – Espumas rígidas de policloreto de vinilo (PVC).....	62
V.3.3 – Isolantes minerais.....	64
V.3.3.1 – Lã Mineral (MW).....	64
V.3.3.1.1 – Lã de vidro.....	64
V.3.3.1.2 – Lã de rocha.....	64
V.3.3.2 – Grânulos de argila expandida (LWA).....	65
V.3.3.3 – Betão celular autoclavado (AAC).....	66
V.3.3.4 – Vermiculite expandida.....	70
V.3.3.5 – Perlite expandida.....	71
V.4 – Comparação dos vários materiais isolantes.....	73

V.4.1 – Síntese soluções de elementos opacos da envolvente/isolantes térmico...	73
V.4.2 – Resumo das propriedades dos materiais isolantes.....	73
Capítulo VI – Isolamentos térmicos não tradicionais de edifícios.....	74
VI.1 – Generalidades.....	74
VI.2 – Levantamento de soluções de vanguarda existentes no mercado.....	75
VI.2.1 – Materiais de Mudança de Fase.....	75
VI.2.1.1 – Introdução.....	75
VI.2.1.2 – Classificação e Propriedades dos PCMs.....	78
VI.2.1.2.1 – PCM Orgânicos.....	80
VI.2.1.2.2 – PCM Inorgânicos.....	81
VI.2.1.2.3 – Misturas Eutécticas.....	81
VI.2.3 – Desenvolvimento em investigação de PCMs.....	81
VI.2.4 – Proteções Térmicas Reflectantes em Coberturas.....	83
VI.2.4.1 – Transferência de calor em coberturas.....	83
VI.2.4.2 – Soluções de Proteção Térmica Reflectantes.....	85
VI.2.4.3 – Vantagens e limitações.....	89
Capítulo VII – Estudo de Caso: “Aplicação do RCCTE-UFP”	91
VII.1 – Introdução.....	91
VII.2 – Caraterização do caso de estudo.....	91
VII.3 – Caraterização das soluções construtivas.....	93
VII.4 – Discussão dos resultados.....	98
Capítulo VIII – Conclusões.....	99
Referências Bibliográficas.....	101
ANEXOS	

ÍNDICE FIGURAS (Volume I)

Figura 1: Consumos Energéticos dos Edifícios em Portugal.....	6
Figura 2: Potencial de poupança energética por setor até 2020.....	7
Figura 3: Uso de energia nos edifícios.....	8
Figura 4: Distribuição do consumo de energia nos edifícios residenciais, por tipo de utilização final.....	8
Figura 5: Custo capital anual/Economia anual de custos de energia.....	9
Figura 6: Consumo de Energia (Evolução Mundial).....	10
Figura 7: Predominância dos países desenvolvidos na estimativa das emissões cumulativas.....	12
Figura 8: O carvão determina o aumento das missões de CO ² no setor energético.....	12
Figura 9: Taxa de Dependência Energética (%).....	15
Figura 10: Evolução do Consumo de Energia Primária em Portugal.....	15
Figura 11: Peso dos Setores no Consumo de Energia %.....	17
Figura 12: Quota de energias renováveis no consumo interno bruto de energia em Portugal (1996-2007).....	19
Figura 13: Quota de eletricidade gerada por cada tecnologia de FER em relação ao consumo total de eletricidade em Portugal (2010-2020).....	19
Figura 14: Quota de energia para A&A gerada por cada tecnologia de FER em relação ao consumo total de energia para A&A em Portugal (2010-2020).....	20
Figura 15: Quota de energia gerada por cada tecnologia de FER em relação ao consumo total de energia nos transportes em Portugal (2010-2020).....	20
Figura 16: Trajetória das quotas de incorporação de FER nos diferentes setores e da quota global de FER para Portugal (2010-2020).....	21
Figura 17: Comparação da previsão do Governo e da APREN das quotas sectoriais e global de energia de FER para Portugal em 2010, 2015 e 2020.....	21
Figura 18: Mecanismos de transmissão de calor em edifícios.....	29
Figura 19: Transmissão de calor por condução: “Lei de Fourier”.....	31
Figura 20: Fluxo de calor, em que $T_1 > T_2$	31
Figura 21: Mecanismo de transferência de calor por convecção.....	33
Figura 22: Exemplo de marcação CE.....	44
Figura 23: Processo Industrial Natural.....	46
Figura 24: Isolamento Térmico Acústico Antivibrático - Principais Aplicações.....	47

Figura 25: Pavilhão de Portugal em Shanghai (2010).....	49
Figura 26: Paredes Exteriores: Revestimento.....	49
Figura 27: Amostra de fibra de côco e aglomerado de cortiça expandida.....	50
Figura 28: O efeito da humidade em materiais isolantes.....	55
Figura 29: Aplicações EPS.....	56
Figura 30: Resumo de aplicações do Poliestireno Extrudido (XPS).....	58
Figura 31: Gráfico comparativo das espessuras de diferentes materiais para obter a mesma condutibilidade térmica.....	60
Figura 32: Fluxograma do fabrico do PVC.....	63
Figura 33: Quadro características técnicas (AAC).....	67
Figura 34: Temperaturas superficiais nos paramentos de uma parede ACC.....	68
Figura 35: Símbolos de material “amigo do ambiente”.....	69
Figura 36: Aplicações de perlite.....	72
Figura 37: Curva de temperatura durante o processo de mudança de fase.....	76
Figura 38: Capacidade de armazenamento de energia de alguns materiais.....	78
Figura 39: Classificação dos PCMs.....	78
Figura 40: Percentagem de calor transmitido por radiação, condução e convecção num espaço de ar consoante a direção e sentido do fluxo de calor.....	84
Figura 41: Esquema das trocas de calor num telhado.....	85
Figura 42: Cobertura inclinada – Modos de aplicação de uma proteção térmica reflectante.....	88
Figura 43: Alçado Lateral Esquerdo (Oeste).....	91
Figura 44: Planta dos andares e identificação do fogo analisado.....	92
Figura 45: Identificação do fogo analisado (Traçado das envolventes térmicas: Em planta e em pavimento).....	94
Figura 46: Identificação do fogo analisado (Traçado das envolventes térmicas – Em planta e em teto).....	94
Figura 47: Traçado das envolventes térmicas – Em corte transversal.....	95

ÍNDICE FIGURAS (Volume II)

Figura 48 (vol. anexos): Alçado Principal (Sul).....	1
Figura 49 (vol. anexos): Alçado Lateral Direito (Nascente).....	1
Figura 50 (vol. anexos): Alçado Posterior (Norte).....	2
Figura 51 (vol. anexos): Alçado Lateral Esquerdo (Oeste).....	2
Figura 52 (vol. anexos): Planta dos andares.....	3
Figura 53 (vol. anexos): Planta da cobertura.....	3
Figura 54 (vol. anexos): Verificação dos requisitos mínimos regulamentares – Envolvente Exterior.....	4
Figura 55 (vol. anexos): Verificação dos requisitos mínimos regulamentares – Envolvente Interior c/requisitos de Exterior.....	4
Figura 56 (vol. anexos): Verificação dos requisitos mínimos regulamentares – Envolvente Interior c/requisitos de Interior.....	5
Figura 57 (vol. anexos): Verificação dos requisitos mínimos regulamentares – Vãos envidraçados.....	5
Figura 58 (vol. anexos): Perdas associadas à Envolvente Exterior.....	12
Figura 59 (vol. anexos): Perdas associadas à Envolvente Interior.....	12
Figura 60 (vol. anexos): Perdas associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores.....	13
Figura 61 (vol. anexos): Perdas associadas à Renovação de Ar.....	13
Figura 62 (vol. anexos): Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno).....	14
Figura 63 (vol. anexos): Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni).....	15
Figura 64 (vol. anexos): Cálculo do Indicador Nic.....	15
Figura 65 (vol. anexos): Perdas térmicas na estação de arrefecimento.....	16
Figura 66 (vol. anexos): Perdas associadas à Cobertura e Envidraçados Exteriores (Verão).....	16
Figura 67 (vol. anexos): Ganhos Solares pela Envolvente Opaca na estação de arrefecimento.....	17
Figura 68 (vol. anexos): Ganhos Solares pela Envidraçados Exteriores na estação de arrefecimento.....	17
Figura 69 (vol. anexos): Ganhos Internos na estação de arrefecimento.....	17
Figura 70 (vol. anexos): Ganhos Totais na estação de arrefecimento (Verão).....	18
Figura 71 (vol. anexos): Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)....	18
Figura 72 (vol. anexos): Cálculo da Inércia Térmica.....	19

Figura 73 (vol. anexos): Verificação das necessidades de energia útil e energia primária.....	19
Figura 74 (vol. anexos): Demonstração da Conformidade Regulamentar para Emissão de Licença ou Autorização de Construção.....	20
Figura 75 (vol. anexos): Mapa das necessidades energéticas da fração.....	20
Figura 76 (vol. anexos): Levantamento Dimensional (nos termos do artigo 12º, n.º2, alínea b) para a fração autónoma em estudo.....	21
Figura 77 (vol. anexos): Demonstração de Satisfação dos Requisitos Mínimos para a Envoltente da fração em estudo (nos termos da alínea d) do n.º2 do artigo 12º).....	22
Figura 78 (vol. anexos): Demonstração da Conformidade Regulamentar para Emissão de Licença de Utilização (nos termos do artigo 12º, n.º3).....	23
Figura 79 (vol. anexos): Propriedades do Aglomerado de Cortiça Expandida (ICB)...	24
Figura 80 (vol. anexos): Características técnicas do Aglomerado de Cortiça Expandida Especial MDFACHADA.....	25
Figura 81 (vol. anexos): Certificado ICEA.....	26
Figura 82 (vol. anexos): Certificado ICEA.....	27
Figura 83 (vol. anexos): Certificado FSC.....	29
Figura 84 (vol. anexos): Relatório de durabilidade (LNEC).....	31
Figura 85 (vol. anexos): Certificado da Gestão de Qualidade.....	32
Figura 86 (vol. anexos): Certificado da Gestão de Qualidade.....	33
Figura 87 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE – MK 230.....	34
Figura 88 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE – MN 230.....	35
Figura 89 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE – MA 230.....	36
Figura 90 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: MK 230, MN 230 e MA 230.....	37
Figura 91 (vol. anexos): Propriedades e características: MK 230, MN 230 e MA 230....	38
Figura 92 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: PN 30, PK 30 e PA 30.....	39
Figura 93 (vol. anexos): Propriedades e características: PN 30, PK 30 e PA 30.....	40
Figura 94 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: PN 40, PK 40 e PA 40.....	41
Figura 95 (vol. anexos): Propriedades e características: PN 40, PK 40 e PA 40.....	42
Figura 96 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: PN 55.....	43
Figura 97 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: PN 55.....	44
Figura 98 (vol. anexos): Propriedades e características: PN 55.....	45

Figura 99 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: PN 70.....	46
Figura 100 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: PN 70.....	47
Figura 101 (vol. anexos): Propriedades e características: PN 70.....	48
Figura 102 (vol. anexos): Marcação CE dos produtos ROOFMATE e WALLMATE...	49
Figura 103 (vol. anexos): Marcação CE para o produto Poliestireno Extrudido.....	50
Figura 104 (vol. anexos): Dados técnicos dos produtos ROOFMATE.....	51
Figura 105 (vol. anexos): Prestações dos produtos ROOFMATE.....	52
Figura 106 (vol. anexos): Dados técnicos dos produtos WALLMATE CW-A e STYROFOAM IB-A.....	53
Figura 107 (vol. anexos): Prestações dos produtos WALLMATE CW-A e STYROFOAM IB-A.....	54
Figura 108 (vol. anexos): Densidades dos produtos.....	55
Figura 109 (vol. anexos): Declaração de conformidade CE do produto X-FOAM@ HBD.....	56
Figura 110 (vol. anexos): Declaração de conformidade CE dos produtos X-FOAM HBD PLUS, X-FOAM HBT PLUS e X-FOAM LMF PLUS.....	57
Figura 111 (vol. anexos): Declaração de conformidade CE dos produtos X-FOAM HBD PLUS, X-FOAM HBT PLUS e X-FOAM LMF PLUS.....	58
Figura 112 (vol. anexos): Marcação CE dos produtos Plastimar (EPS).....	59
Figura 113 (vol. anexos): Propriedades físicas dos produtos Plastimar (EPS).....	60
Figura 114 (vol. anexos): Produto Plastimar (EPS X).....	61
Figura 115 (vol. anexos): Propriedades físicas do EPS X.....	62
Figura 116 (vol. anexos): Marcação CE dos produtos Plastimar (Neoplas).....	63
Figura 117 (vol. anexos): Propriedades físicas do Neoplas 60 e Neoplas 100.....	64
Figura 118 (vol. anexos): Dados das densidades dos produtos de Lã Mineral – Lã de Vidro.....	65
Figura 119 (vol. anexos): Marcação CE do Painel Sem Revestimento (TP 116).....	66
Figura 120 (vol. anexos): Marcação CE do Painel Sem Revestimento (TP 116).....	67
Figura 121 (vol. anexos): Marcação CE do Ultracoustic P.....	68
Figura 122 (vol. anexos): Marcação CE do Ultracoustic P.....	69
Figura 123 (vol. anexos): Marcação CE do Painel Plus TP138.....	70
Figura 124 (vol. anexos): Marcação CE do Painel Plus TP138.....	71

ÍNDICE TABELAS (Volume I)

Tabela 1: Propriedades específicas para 5cm de materiais de isolamento térmico.....	37
Tabela 2: Densidade e condutibilidade térmica de diversos materiais de isolamento térmico.....	38
Tabela 3: Quadro comparativo com valores LNEC e respetivos fabricantes.....	39
Tabela 4: Quadro comparativo com os valores LNEC e respetivos fabricantes.....	40
Tabela 5: Quadro comparativo com os valores LNEC e respetivos fabricantes.....	41
Tabela 6: Temperatura máxima de utilização para alguns isolamentos.....	42
Tabela 7: Conteúdo energético Isofloc.....	53
Tabela 8: Propriedades térmicas de isolantes térmicos (condutibilidade térmica – Poliuretano).....	59
Tabela 9: Vantagens e inconvenientes do uso AAC.....	70
Tabela 10: Soluções de elementos opacos da envolvente/isolantes térmicos.....	73
Tabela 11: Resumo das propriedades dos materiais isolantes.....	73
Tabela 12: Classificação/dados termofísicos (temperatura de fusão e entalpia de fusão) de alguns PCMs.....	79
Tabela 13: Indicadores energéticos referentes a cada isolante térmico apresentado.....	96
Tabela 14: Indicadores energéticos referentes a cada isolante térmico apresentado.....	97
Tabela 15: Comparação dos valores de N_{t0}/N_t e o peso em percentagem do valor de R referentes a cada isolante térmico apresentado.....	98

ÍNDICE TABELAS (Volume II)

Tabela 16 (vol. anexos): As características de desempenho de materiais de isolamento comuns na construção.....	72
Tabela 16 (vol. anexos): As características de desempenho de materiais de isolamento comuns na construção (cont.).....	73
Tabela 16 (vol. anexos): As características de desempenho de materiais de isolamento comuns na construção (cont.).....	74
Tabela 17 (vol. anexos): Características de desempenho aglomerado de cortiça expandida – (empresa Amorim) e poliestireno expandido extrudido – (empresa Dow).....	76
Tabela 18 (vol. anexos): Características de desempenho da argila expandida – (empresa Fibrosom).....	77
Tabela 19 (vol. anexos): Características de desempenho de películas reflectantes e lã de rocha – (empresa Fibrosom).....	78
Tabela 20 (vol. anexos): Características de desempenho do poliestireno expandido extrudido – (empresa Ediltec) e poliestireno expandido moldado – (empresa Plastimar).....	79
Tabela 21 (vol. anexos): Características de desempenho do poliestireno expandido moldado – (empresa Plastimar).....	80
Tabela 22 (vol. anexos): Características de desempenho da lã de vidro – (empresa Knauf Insulation).....	81

ÍNDICE ANEXOS (Volume II)

ANEXO I – Alçados, cortes e plantas do edifício em estudo.

ANEXO II – Folha de apoio à introdução de dados no Software de cálculo (Requisitos mínimos, mapa de medições e características térmicas em que o isolante térmico utilizado foi o Poliestireno Expandido Extrudido (XPS), com um valor de condutibilidade térmica declarado pelo LNEC de $\lambda=0.037$ W/m.°C).

ANEXO III – Folhas de cálculo para o Poliestireno Expandido Extrudido (XPS), com um valor de condutibilidade térmica declarado pelo LNEC de $\lambda=0.037$ W/m.°C e respetivas fichas.

ANEXO IV – Documentos de homologação (marcação CE) dos isolantes térmicos dos fabricantes.

ANEXO V – Características de desempenho de vários materiais de isolamento térmico.

LISTA DE ABREVIATURAS

UNEP – United Nations Environment Programme

GEE – Gases Efeito de Estufa

EDP – Energias de Portugal

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P.

Aipex – Associação Ibérica de Poliestireno Extrudido

UE – União Europeia

EPBD – Energy Performance of Building Directive

IEA – International Energy Agency

°C – Grau Centígrado

kWh – kilo-Watt-hora

CO₂ – Dióxido de carbono

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

Mtep – Milhões de toneladas equivalentes de petróleo

PNUD – Relatório de Desenvolvimento Humano

USD – Dólares Norte Americanos

ONU – Organização das Nações Unidas

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

ADENE – Agência para a Energia

APREN – Associação de Energias Renováveis

REPAP – Renewable Energy Policy Action Paving

A&A – Aquecimento e Arrefecimento

FER – Fontes de Energia Renováveis

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

AQS – Águas Quentes Sanitárias

RQSCE – Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios

AVAC – Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade de Ar Interior dos Edifícios

PE – Parlamento Europeu

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

ITE 50 – Informação Técnica de Edifícios

DPC – Diretiva Comunitária dos Produtos de Construção

EEE – Espaço Económico Europeu

CEN – Comité Europeu de Normalização

ITE – Informação Técnica Edifícios

APCMC – Associação Portuguesa dos Comerciantes de Materiais de Construção

BCORK – Soluções sustentáveis de cortiça para a construção

EPS – Poliestireno Expandido

EUMEPS – European Manufacturers of Expanded Polystyrene

BPF – British Plastics Federation

XPS – Poliestireno Extrudido

PUR – Espumas rígidas de poliuretano

PIR – Espumas rígidas de poli-isocianurato

C_{ref} – Valor de referência

U (antigo K) – Condutibilidade Térmica

UF – Espuma de ureia-formaldeído

PF – Espuma rígida fenólica

PVC – Espumas rígidas de policloreto de vinilo

sd – Sem data

PCM – Materiais de mudança de fase (Phase Change Materials)

AAC – Betão Celular Autoclavado

CE – Comunidade Europeia

ORNL – Oak Ridge National Laboratory

ρ – Refletância

R – Resistência Térmica

RCC – Revestimentos de Controlo de Radiação

Enquadramento e motivação da dissertação

I.1 – Enquadramento do tema

A sustentabilidade é hoje o maior desafio de qualquer indústria ou setor económico em qualquer parte do mundo. O desenvolvimento económico e social, segundo os padrões atuais de consumo e de produção, não é sustentável: globalmente estão a ser extraídos mais recursos para a produção de bens e serviços do que o nosso planeta pode repor, enquanto uma grande parte da população mundial luta por satisfazer as suas necessidades mais básicas (UNEP, 2009).

Um dos efeitos indesejáveis do uso excessivo de combustíveis fósseis é o aquecimento global, decorrente do lançamento para a atmosfera de grandes quantidades de gases responsáveis pelo efeito de estufa (GEE).

Perante este cenário pessimista exige-se um uso mais racional da energia e o recurso a fontes alternativas. Investir na proteção térmica da envolvente exterior e interior de frações autónomas de edifícios, tornou-se cada vez mais imperativo, não só numa perspetiva de conservação de energia mas também de permitir o reforço de numerosas vantagens, tais como uma maior durabilidade e salubridade da construção e uma maior estanquidade do edifício.

A grande responsabilidade dos edifícios no consumo energético Nacional obriga portanto a encontrar soluções para a sua diminuição, que passam tanto pelo uso de materiais e equipamentos mais eficientes, como por disposições construtivas mais favoráveis. No domínio dos materiais de construção, os últimos 20 anos têm sido marcados predominantemente pelo desenvolvimento de materiais e técnicas de isolamento térmico mais eficientes.

No conjunto dos elementos das envolventes exteriores das frações autónomas, as coberturas ocupam um lugar de destaque pela sua grande influência no desempenho térmico do conjunto.

De acordo com Matias (2001, p. 1), “no conjunto da envolvente exterior de um edifício, a cobertura, cuja principal função é assegurar a vedação superior do espaço habitável, é o elemento construtivo no qual os agentes atmosféricos atuam mais diretamente e intensamente, é o caso da ação térmica da radiação solar que é sensivelmente mais intensa nas superfícies, como as coberturas, expostas a uma maior área da esfera celeste”.

Neste contexto, uma deficiente proteção térmica de uma cobertura levará à introdução de cargas térmicas importantes no edifício durante os períodos quentes e a ocorrência de perdas significativas de calor nos períodos frios. Registando-se condições ambientais interiores bastante desfavoráveis que conduzem à necessidade de se proceder à instalação de sistemas de climatização de custo inicial e de exploração elevados.

As alternativas racionais envolvem a conceção e a realização de soluções de coberturas termicamente eficientes ou, no caso de edifícios em uso, a implementação de medidas de melhoramento das características térmica da cobertura, as quais contribuem para assegurar as condições de habitabilidade pretendidas para o espaço, reduzindo as variações térmicas, quer diárias, quer sazonais, dispensando ou minimizando os gastos inerentes à instalação e à utilização de sistemas de climatização ativa.

Geralmente a aplicação de uma solução de isolamento térmico é a forma mais usual de melhorar a proteção térmica conferida pela cobertura, constituída por materiais ou por combinação de materiais, designados por isolantes térmicos.

Inicialmente estudados e já aplicados com sucesso na indústria têxtil, além dos materiais de isolamento tradicionais outros tipos de materiais têm no entanto merecido destaque na investigação no domínio da Engenharia Civil, nomeadamente os PCM e as proteções térmicas reflectantes.

Este trabalho visou estudar os isolamentos térmicos já existentes no mercado, bem como os materiais que se encontram na linha da frente em termos de investigação científica, procurando-se dar o necessário relevo à sua influência no desempenho térmico e na classificação energética dos edifícios.

I.2 – Objetivos

A presente dissertação tem como objetivo principal o estudo e a compilação de informação relativa aos mais variados isolamentos térmicos existentes no mercado, nomeadamente os isolamentos térmicos tradicionais e os materiais que se encontram na linha da frente em termos de investigação científica. Informação que na maioria dos casos se encontra dispersa, compilando-a num único documento, proporcionando assim o acesso de uma forma mais simples e prática.

Outro dos objetivos passa pela sensibilização dos leitores dos benefícios que se pode alcançar com uma seleção mais cuidada dos isolamentos térmicos aplicados nos edifícios.

Em suma, evidenciar o contributo dos isolamentos térmicos para a eficiência energética dos edifícios.

I.3 – Organização da Dissertação

Na procura de uma compreensão mais fácil e clara do texto, o presente trabalho de investigação apresenta-se organizado em oito capítulos:

No Capítulo 1 faz-se o enquadramento do tema da tese, apresentando-se a problemática energética e a contribuição do setor da construção, assim como a referência aos objetivos a atingir com a realização deste trabalho. No Capítulo 2 são definidos de uma forma mais ampla os problemas ambientais da atualidade e a problemática do desenvolvimento sustentável. São também apresentadas e caracterizadas as várias formas de energia, realizando-se uma abordagem do setor energético, com maior ênfase no setor da construção, em termos Mundiais, Europeus e Nacionais, bem como a caracterização do uso de energias renováveis em Portugal e perspetivas de futuro.

No Capítulo 3 faz-se uma análise histórica da regulamentação térmica de edifícios em Portugal, bem como as modificações realizadas ao longo do tempo. De forma à melhor abordagem do tema da térmica dos edifícios, foram referidos no Capítulo 4 vários conceitos base sobre mecanismos de transferência de calor, absolutamente necessários para a sua compreensão.

No capítulo 5 e 6 realiza-se um levantamento dos vários isolantes térmicos existentes no mercado, primeiramente os isolantes térmicos tradicionais e posteriormente os isolantes térmicos não tradicionais. A classificação, propriedades, vantagens e desvantagens, bem como as aplicações dos diferentes materiais, são referenciadas em ambos os capítulos. No final do capítulo 5 faz-se ainda uma comparação entre os diferentes isolantes térmicos tradicionais, no capítulo 7 é introduzido o caso de estudo com aplicação da folha de cálculo RCCTE-UFP analisando-se as perdas térmicas em duas situações distintas, uma referente à utilização dos valores das condutibilidades térmicas constantes no ITE 50 do LNEC e a outra à utilização dos valores dos fabricantes homologados por laboratórios certificados para os isolantes térmicos mais comuns, avaliando-se qual o impacto em termos de perdas térmicas nessas duas situações.

Por último, no Capítulo 8, são discutidos todos os resultados e conclusões que foram obtidos durante a realização do trabalho apresentado na dissertação.

Capítulo II

A Procura Energética

A energia existe na Natureza em diferentes formas e, para esta ser utilizada, necessita em grande parte de ser transformada. Segundo as Energias de Portugal (EDP, 2006) algumas das formas de energia disponíveis são: Energia térmica (calor); energia nuclear (radioatividade); energia química (seres vivos); energia radiante (luz); energia elétrica (corrente de eletrões); energia mecânica (movimento).

As fontes de energia dividem-se em dois tipos (EDP, 2006):

- **Fontes renováveis ou alternativas:** Fontes de energia inesgotáveis ou que podem ser repostas a curto ou médio prazo, espontaneamente ou por intervenção humana, tais como, a hídrica, a eólica, a solar, a geotérmica, a das marés, a das ondas e a biomassa;
- **Fontes não renováveis, fósseis ou convencionais:** Fontes de energia que se encontram na Natureza em quantidades limitadas e que se esgotam com a sua utilização, tais como, carvão, petróleo, gás natural e urânio.

A energia é a base que sustenta a vida humana. Contudo, a falta de eficiência no uso da energia conduz a um desperdício que atinge níveis preocupantes¹. Sendo essencial existir uma economia sustentável, baseada no princípio de manter ou aumentar o crescimento económico garantindo sempre o controlo do consumo de energia. A solução passa por se fazer um uso racional da energia, bem como pela utilização de tecnologias mais eficientes que requerem menores consumos na realização da mesma função (Costa, 2008).

De acordo com Pieraldo (et al.), (2008, p. 4), para alcançar um equilíbrio harmonioso entre o ambiente e as gerações futuras é urgente agir na modificação e redução do consumo energético por vários motivos, nomeadamente os seguintes:

¹ O consumo de energia no setor dos edifícios em Portugal está a aumentar a uma taxa de 7% ao ano e, além disso, este setor apresenta um desperdício de energia de cerca de 1000 Milhões de Euros por ano (Pessoa, 2009, p. 4).

- Motivos éticos e sociais: 28% da população mundial consome 77% de toda a energia produzida, enquanto 72% vive somente com os restantes 23%;
- Motivos estratégicos: Dependência da União Europeia de outros países, na aquisição de combustíveis fósseis, provocando a incerteza da continuidade do fornecimento, dada a instabilidade política existente nos mesmos;
- Motivos económicos: O custo anual da fatura energética representa uma parcela significativa das despesas. Torna-se imperativo iniciar uma revolução energética, cujo objetivo estratégico passará por incentivar o uso de fontes de energia renováveis (água, vento, sol, etc.) para a produção da energia necessária à subsistência e ao desenvolvimento da população mundial, bem como a utilização racional da energia.

Os edifícios são responsáveis por cerca de 40 % do consumo energético na Europa (Comissão Europeia, 2003). De acordo com o Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. (LNEG), citado por Gonçalves (2010), os edifícios em Portugal, representam cerca de 30% dos consumos globais do País e cerca de 60% do consumo elétrico (figura 1).

Quase um terço da energia final é consumida nos edifícios

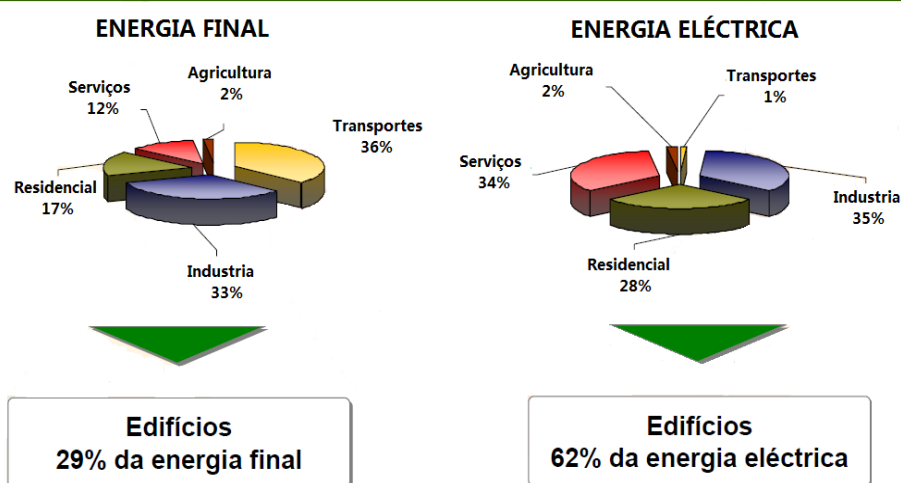


Figura 1: Consumos Energéticos dos Edifícios em Portugal;

Fonte: DGE, Balanço Energético de 2006, Energia Final (cit. in ADENE, 2009)

Estes valores ainda que inferiores á média Europeia têm tendência a aumentarem pela procura de melhores condições de conforto térmico nos edifícios e também pelo aumento de mais equipamentos domésticos, muito deles de fraca eficiência energética.

De acordo com a EcoEdp (2012):

Do ponto de vista energético, o desempenho de um edifício depende em larga extensão das características dos elementos que fazem a fronteira entre a casa e o ambiente exterior, ou seja, da sua envolvente. As características principais a ter em conta, no que diz respeito aos ganhos e perdas de energia, são a inércia térmica dos materiais utilizados e o seu poder isolante que limitam a transferência de calor entre o interior e o exterior de um edifício. Um edifício mal isolado acarreta maiores custos com a climatização, pois consome mais energia. Por esta razão é essencial diminuir as perdas e os ganhos de calor utilizando técnicas de isolamento adequadas nos edifícios.

O isolamento é uma das formas mais rentáveis para a melhoria da eficiência energética dos edifícios² (URSA Insulation, 2009).

Segundo a Comissão Europeia (*cit. in* URSA Insulation, 2009, p. 32) o setor dos edifícios (residenciais e não residenciais) possui um maior potencial de poupança energética, relativamente ao setor dos transportes e indústria (figura 2).

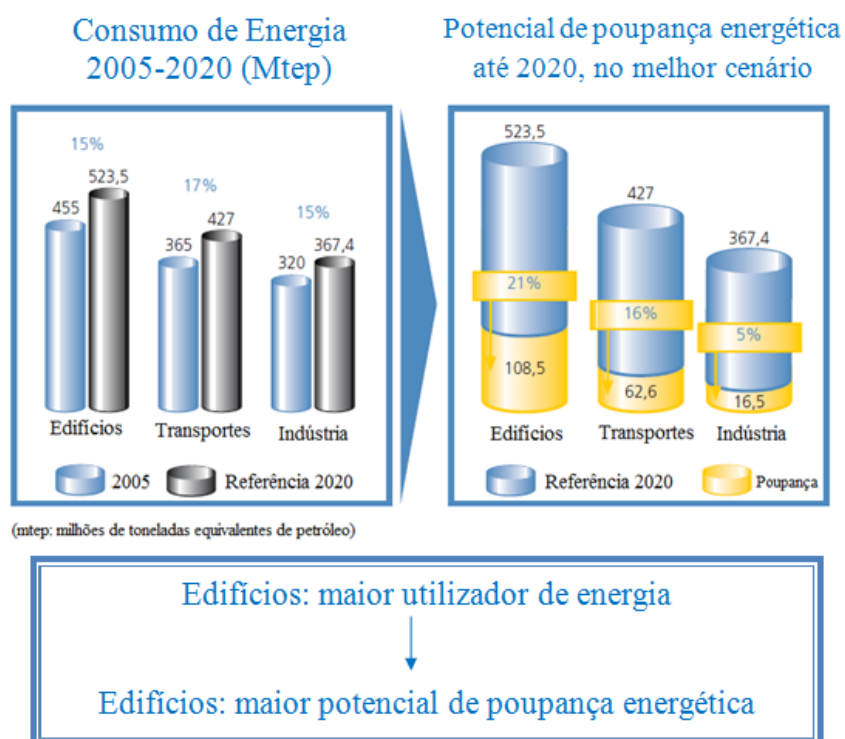


Figura 2: Potencial de poupança energética por setor até 2020;

Fonte: [adaptado de European Commission “The Power of the example: The evolution of EU climate change policies up to 2020” (*cit. in* URSA Insulation, 2009, p. 32)]

² A eficiência energética é a redução do consumo de energia, sem diminuição do conforto ou qualidade de vida, protegendo assim o meio ambiente e promovendo a sustentabilidade do fornecimento de energia (URSA Insulation, 2009).

Como foi referido anteriormente, na União Europeia a maior fatia da procura de energia final corresponde aos edifícios, para além disso, este setor é o que oferece maior potencial de poupança energética conforme é possível observar-se na figura 3, (URSA Insulation, 2009).

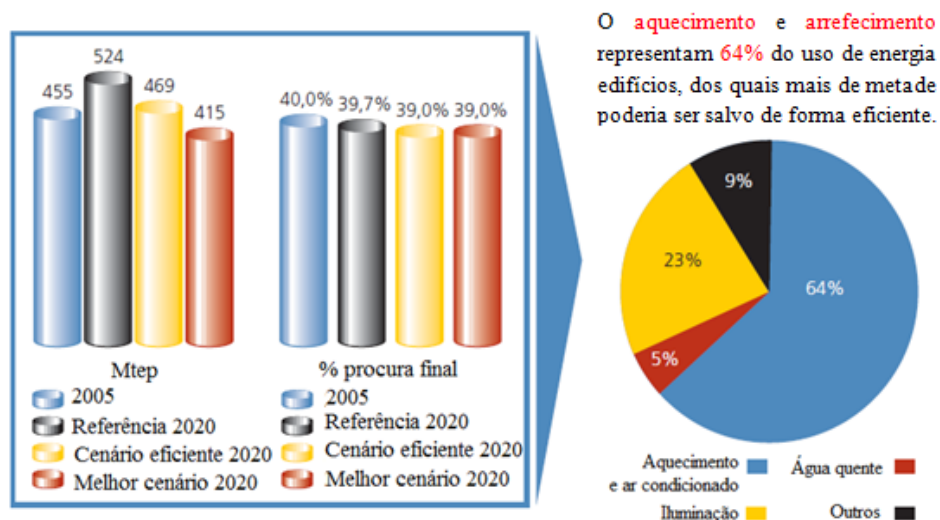


Figura 3: Uso de energia nos edifícios;

Fonte: [adaptado de DG TREN, 2005; EURIMA de 2006 (cit. in URSA Insulation, 2009, p. 39)]

Já em Portugal no ano 2002, em termos de utilizações finais, os consumos de energia nos edifícios residenciais distribuem-se aproximadamente da seguinte forma: cozinhas e águas quentes sanitárias (AQS) 50%, iluminação e eletrodomésticos 25%, aquecimento e arrefecimento 25% (figura 4).

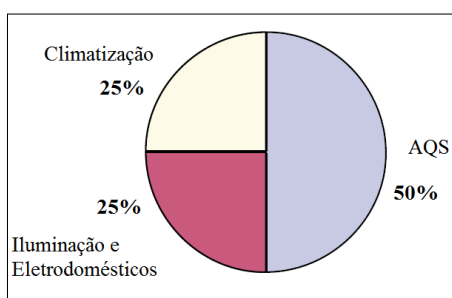


Figura 4: Distribuição do consumo de energia nos edifícios residenciais, por tipo de utilização final;

Fonte: [adaptado de DGEG (2002, p. 7)]

Segundo, a Associação Ibérica de Poliestireno Extrudido (Aipex, p. 4):

A base da poupança energética será conseguir a redução da energia necessária num edifício; esta redução será mais eficiente se incidir sobretudo na parte que mais consome: a climatização. Para reduzir o consumo em climatização, a forma mais eficiente e económica é a melhoria da estrutura que envolve o edifício, uma vez que é através da “pele” do edifício que se verificam as maiores perdas energéticas.

O isolamento é um dos métodos existentes para redução do consumo de energia e emissões de um edifício. Das principais opções alternativas para a melhoria da eficiência energética na construção, o isolamento é uma das mais eficientes, (melhoria custo-benefício) tendo valores mais baixos de investimento face aos demais e prazos mais curtos de reembolso (URSA Insulation, 2009).

Considere-se um estudo da Ecofys (2006) (*cit. in Eurima, 2006, p. 8*) em que:

- Isolando um telhado inclinado de um edifício residencial num clima moderado, seria necessário um investimento de 30 €/m² de telhado.
- Graças ao isolamento, a poupança de energia equivaleria a 7,5 €/m² de telhado por ano, demonstrando um período de retorno de menos de 4 anos.
- Durante um período de 30 anos, o retorno seria superior a 7 vezes sobre o investimento, igual a 226 €/m² de telhado por ano seria alcançado.

Deste estudo, chegou-se à conclusão que por cada 1 € investido em isolamento, produziu-se 7,5 € de devolução.³

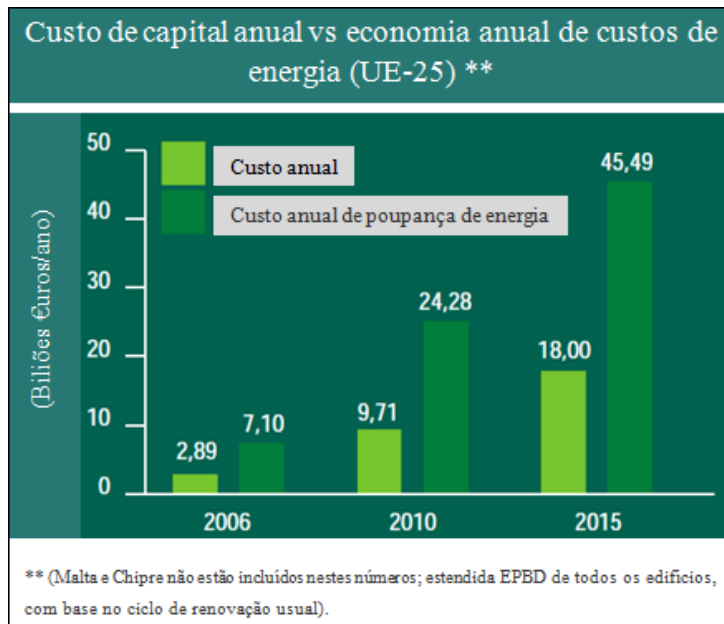


Figura 5: Custo capital anual/Economia anual de custos de energia;

Fonte: [adaptado de Ecofys VI, 2006 (*cit. in Eurima, 2006, p. 8*)]

³ Cálculos com base no preço médio do gás de 7,08 cêntimos / kWh para 30 anos / caldeira a gás com uma eficiência de 90% / U-value de 1,50 W/m²K (antes) e 0,17 W/m²K (depois) / horas de aquecimento de 72 graus KKH / a.

Este estudo teve como referência o preço da energia que se aplicava em 2006, nos últimos anos o preço da energia tem subido, no entanto o custo dos materiais de isolamento e a sua instalação tem tido um crescimento muito mais moderado, pelo que, hoje em dia, a devolução será de uma quantia superior. De acordo com Associação Ibérica de Poliestireno Extrudido (Aipex) com um adequado tratamento da estrutura envolvente do edifício, pode-se conseguir que os edifícios consumam até 75% menos da energia do que consumiam no ano 2006. Garantindo o conforto térmico e comodidades atuais dos edifícios, baseando-se na eficiência energética, evitando o desperdício de energia que cada vez é mais cara e complexa de conseguir.

II.1 – Consumo de Energia, uma preocupação a nível mundial

Várias mudanças climáticas têm sido observadas na Terra. As preocupações em volta das questões ambientais, temas como alterações climáticas e aquecimento global são algumas das palavras-chave que têm tido grande ênfase na opinião pública do nosso quotidiano, trazendo inevitavelmente repercussões sobre a indústria da construção e sobre os edifícios.

A procura de energia está intrinsecamente relacionada com o crescimento mundial e o seu desenvolvimento. Os dados publicados pela International Energy Agency (IEA, 2009, p. 42), no World Energy Outlook (WEO) 2009, mostram que, o consumo de energia primária a nível mundial aumenta 1,5% ao ano entre 2007 e 2030, de 12.000 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) para 16.800 Mtep – um aumento global de 40% (figura 6).

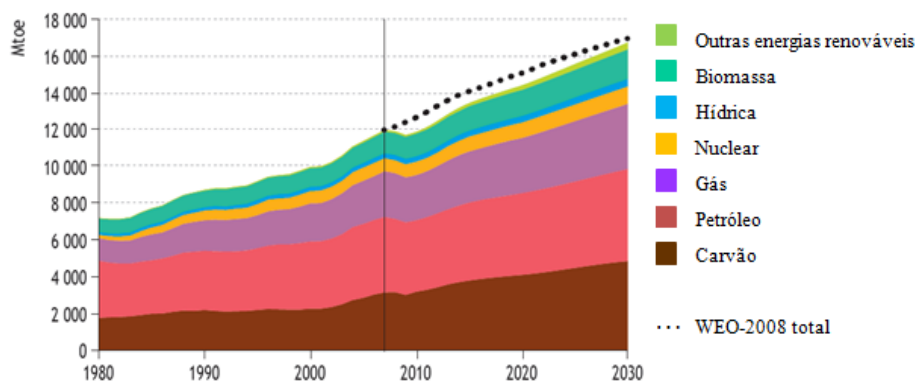


Figura 6: Consumo de Energia (Evolução Mundial);

Fonte: [adaptado de IEA (2009, p. 75)]

A evolução do consumo projetado neste relatório é mais lenta do que no WEO-2008, refletindo principalmente o impacto da crise na parte inicial do período de projeção, bem como as novas políticas governamentais introduzidas durante o ano de 2008. Os combustíveis fósseis permanecem as principais fontes de energia primária no mundo no cenário de referência, sendo responsável por mais de três quartos do aumento global do consumo de energia entre 2007 e 2030.

De acordo com o Diário Económico (2010), “até 2030, o consumo de energia a nível mundial vai sofrer um aumento “dramático” de 40%. O preço a pagar, garante a Agência Internacional de Energia (AIE) no “World Energy Outlook”, é que sem uma mudança nas atuais políticas energéticas irá registrar-se um aumento de seis graus nas temperaturas médias mundiais. O relatório da agência sublinha que os dois maiores países emergentes, China e Índia, serão responsáveis por mais de metade do aumento do consumo energético no mundo, já que é impossível dissociar o crescimento económico de uma maior procura de energia. Só em 2010, a China conseguiu ultrapassar o Japão e tornar-se na segunda maior economia mundial, atrás dos Estados Unidos. O Banco Mundial prevê que a China possa chegar a número um em 2025.”

Em 2009 a China consumiu 2.252 milhões de toneladas de petróleo e combustíveis equivalentes, enquanto os EUA ficaram 4% abaixo, com 2.170 milhões de toneladas, tal acontecimento só era esperado por volta de 2015. Tanto o diretor da Administração Nacional de Energia em Pequim, Zhou Xian, bem como o economista-chefe da AIE, Fatih Birol, estão cientes da problemática relacionada com o consumo de energia, sublinhando os esforços para redução desses consumos, optando por fontes renováveis (Diário Económico, 2010).

O problema é que ao tornar-se no maior consumidor mundial a China passará a ditar as regras do uso de energia a uma escala global. Neste momento, a China já é o maior consumidor mundial de carvão, tendo uma dependência de 70% desta fonte de energia. Apesar das enormes reservas internas, este ano a China poderá importar até 115 milhões de toneladas de carvão, sendo que há apenas três anos o país o exportava. A mesma tendência tem sido verificada em relação ao petróleo: em 2025 Pequim poderá ultrapassar Washington como o maior comprador de petróleo e gás natural, com a Índia bem posicionada para subir ao terceiro lugar e ultrapassar o Japão. Apesar de todos reconhecerem a importância das energias renováveis, o relatório da AIE diz que os combustíveis fósseis continuarão a ser as principais fontes de energia, ocupando 77% do aumento da procura até 2030 (Diário Económico, 2010).

Os países desenvolvidos dominam na soma total de emissões (figura 7):

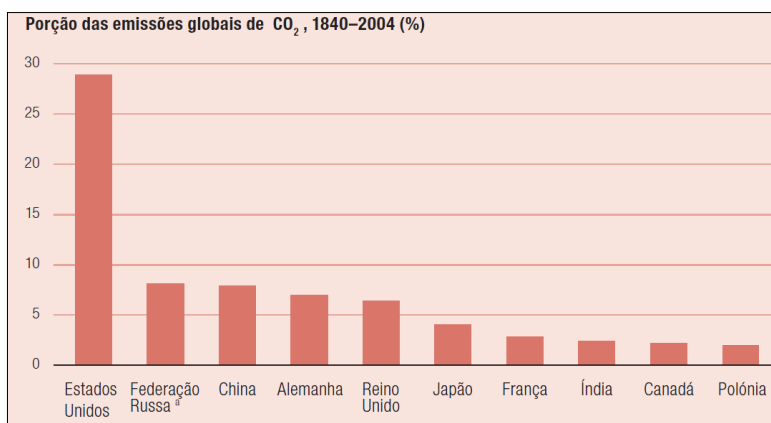


Figura 7: Predominância dos países desenvolvidos na estimativa das emissões cumulativas;

Fonte: CDIAC (2007) (*cit. in* PNUD, 2007, p. 40)

De acordo com PNUD (2007, p. 41) “sete em cada dez toneladas de CO₂ emitido desde o início da era industrial são da responsabilidade dos países desenvolvidos. O histórico de emissões revela que cerca de 1.100 toneladas de CO₂ *per capita* foram emitidas pela Grã-Bretanha e pela América, comparadas com 66 toneladas *per capita* emitidas pela China e 23 toneladas *per capita* pela Índia”.

Os mercados emergentes, como a Índia e a China, suscitam grande preocupação junto da comunidade mundial.

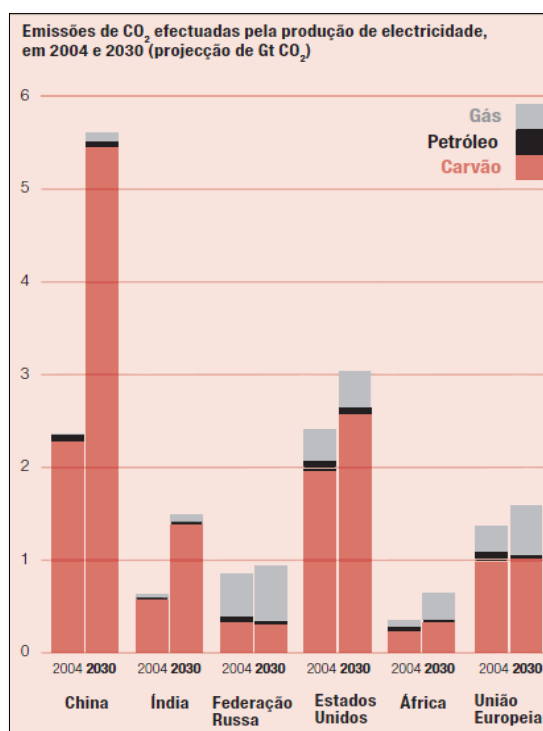


Figura 8: O carvão determina o aumento das missões de CO₂ no setor energético;

Fonte: AIE (2006) (*cit. in* PNUD, 2007, p. 133)

O crescimento económico destes países levará ao aumento da procura da água, criação de mais e maiores cidades, mais transportes, mais comunicações, ou seja, maior necessidade de energia.

Segundo, o Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008 (PNUD, 2007, p. 134 e 135):

O carvão é a figura com proeminência crescente no abastecimento planeado de energia. Os maiores aumentos de investimento são planeados na China, Índia e nos Estados Unidos da América – três das maiores fontes de emissão de CO₂ da atualidade. Em cada um destes países a rápida expansão da capacidade de produção eléctrica gerada a partir de carvão está já em produção ou a ser fornecida. As autoridades dos Estados Unidos estão a considerar propostas para construir para cima de 150 centrais eléctricas de carvão, com um investimento planeado de 145 mil milhões de dólares até 2030. Durante os próximos 10 anos a Índia está a planear aumentar a sua capacidade de produção de eletricidade gerada a partir de carvão em mais de 75%. Em cada caso a expansão da capacidade é um dos maiores impulsionadores para um projetável aumento irracional de emissão de CO₂ (figura 8).

Devido ao problema das emissões de CO₂, a comunidade mundial tem estabelecido acordos, um dos primeiros que ocorreu foi o Protocolo de Quioto, que tem como objetivo sensibilizar os países desenvolvidos tal como os países emergentes, a adotarem fontes de energia renováveis.

Este tipo de fontes permitiria a redução de emissões de CO₂, regulação do preço da energia e o desenvolvimento do *cluster* industrial⁴.

II.2 – Protocolo de Quioto

O Protocolo de Quioto têm como principal objetivo, a redução global de emissões de gases que provocam o efeito de estufa, que afeta de igual modo todo o mundo e pelo qual todos são responsáveis.

⁴ Concentração de empresas que se comunicam por possuírem características semelhantes e coabitarem no mesmo local. Colaborando entre si, tornam-se mais eficientes.

De acordo com Stern (2006) (*cit. in* Silva 2009), para se reduzir as emissões de gases do efeito estufa (GEE) é necessário apenas 1% da riqueza mundial anual, o que financeiramente equivale a cerca de 600 bilhões Dólares Norte Americanos (USD), no entanto ignorar tal caso custará à humanidade aproximadamente 20 vezes mais no longo prazo.

É perante este cenário que surge o Protocolo de Quioto.

Na década de 90, a Organização das Nações Unidas (ONU) iniciou medidas que visam alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, num nível que impeça a interferência antrópica perigosa ao sistema do clima. Para diminuir ao máximo as suas consequências, 36 países industrializados assinaram em 1997 o Protocolo de Quioto.

Para que o Protocolo de Quioto entrasse em vigor deveria ser assinado por um número suficiente de países que, em conjunto, fossem responsáveis por 55% das emissões dos países industrializados. Após a ratificação da Rússia em 2004, o protocolo entrou em vigor em fevereiro de 2005 e, para o período de 2008-2012, prevê a redução global acordada de 5,2%. A redução seria de 8% para o conjunto da UE comparativamente às emissões de 1990.

II.3 – Caracterização do consumo de energia em Portugal

De acordo com a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG, 2011):

Portugal é um país com escassos recursos energéticos endógenos, principalmente aqueles que asseguram a generalidade das necessidades energéticas da maioria dos países desenvolvidos (como o petróleo, o carvão e o gás). A escassez de recursos fósseis, conduz a uma elevada dependência energética do exterior (81,2% em 2009), nomeadamente das importações de fontes primárias de origem fóssil. A taxa de dependência energética tem vindo a decrescer desde 2005, apesar de ter sofrido um ligeiro agravamento no ano de 2008 relativamente a 2007 (figura 9).

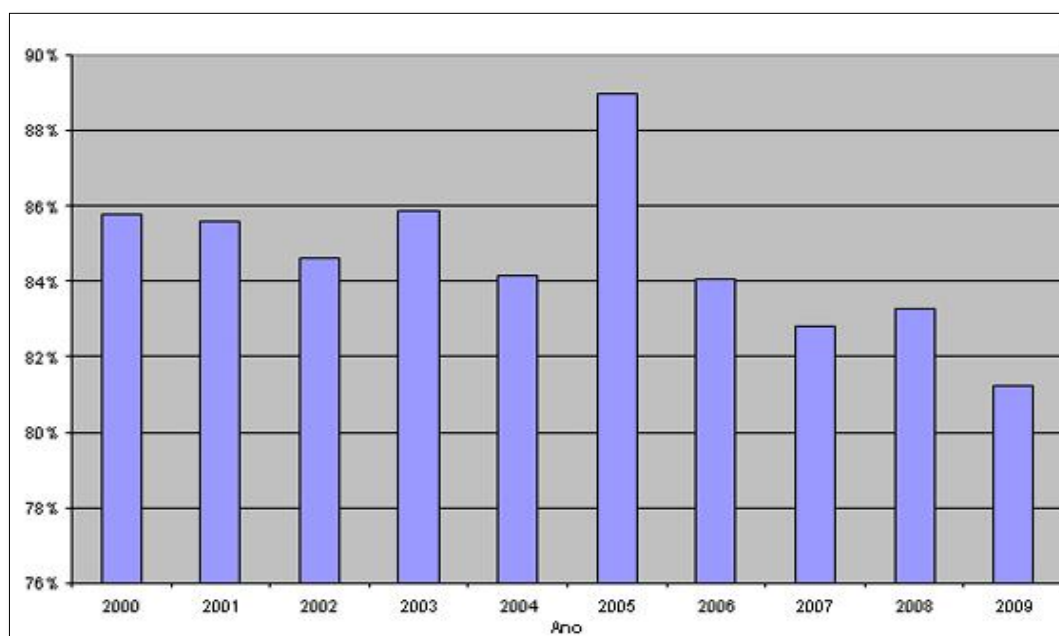


Figura 9: Taxa de Dependência Energética (%);

Fonte: DGEG (2011)

O gráfico seguinte mostra a evolução do consumo de Energia Primária em Portugal, no período 2000-2009⁵.

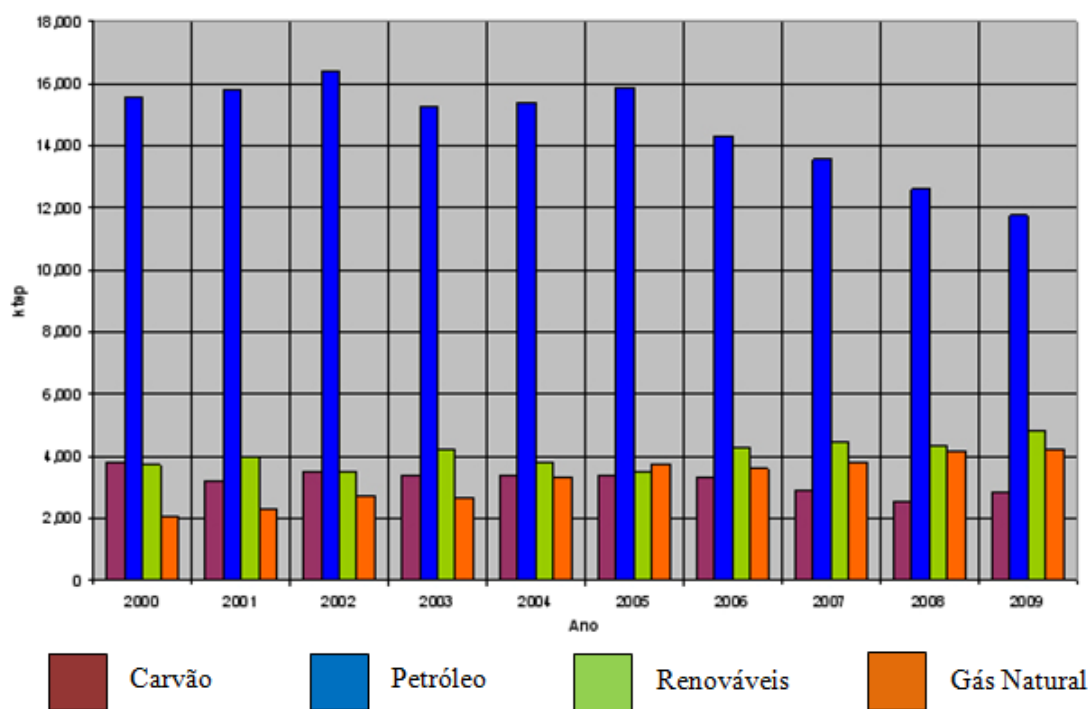


Figura 10: Evolução do Consumo de Energia Primária em Portugal;

Fonte: [adaptado de DGEG (2011)]

⁵ Segundo a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG, 2011) os valores de 2009 são provisórios.

Segundo a DGEG (*cit. in* ADENE 2010, p. 13) em 2008:

A dependência de Portugal em termos de importação de energia foi de 82%. A produção interna baseou-se, exclusivamente, em fontes de energia renováveis, fundamentalmente hídrica e eólica. Esta produção cresceu 45% desde 1990. O abastecimento de energia primária no nosso país também cresceu visivelmente desde 1990 em cerca de 55%. Este valor deve-se, principalmente, ao aumento do abastecimento de petróleo (29% desde 1990) e de combustíveis sólidos (31% desde 1990).

Em Portugal, o petróleo continua a ser a maior fatia, mantendo um papel essencial na estrutura de abastecimento (figura 10), segundo dados publicados pela (DGEG, 2011):

- O petróleo representa 48,7% do consumo total de energia primária em 2009, contra 51,6% em 2008;
- O gás natural contribuiu, para diversificar a estrutura da oferta de energia e reduzir a dependência exterior em relação ao petróleo, representando em 2009, 17,5% do total do consumo em energia primária, contra os 17% em 2008;
- Em 2009, o consumo de carvão, representou 11,8% do total do consumo de energia primária;
- O contributo das energias renováveis no consumo total de energia primária foi de 20% em 2009 contra 17,7% em 2008.

De acordo com a DGEG (*cit. in* ADENE 2010, p. 13):

Desde o início da década de noventa, o consumo de energia final cresceu 3,2% ao ano, cerca de sete décimas acima da taxa de crescimento média do PIB registada nesse período.

Os setores de Serviços e Transportes, foram os que mais coagiram o crescimento energético, crescendo consistentemente acima dos 5% ao ano. Destacando-se o setor de Serviços, que apresentou taxas de crescimento médias anuais de dois dígitos (11%), na segunda metade da década. Conforme é possível observar-se na (figura 11) no ano 2008, o setor dos transportes era responsável por 36,3% da energia consumida, a indústria por 29,5%, o setor doméstico por 16,8%, os serviços por 11,5% e os restantes 5,8% em outras atividades como a agricultura, pesca, construção e obras Públicas (DGEG *cit. in* ADENE, 2010).

	1990	2008
Indústria	35,4	29,5
Transportes	30,7	36,3
Setor Doméstico	20,8	16,8
Serviços	6,7	11,5
Agricultura	4,9	2,4
Construção e Obras Públicas	1,5	3,4
TOTAL	100,0	100,0

Figura 11: Peso dos Setores no Consumo de Energia %;

Fonte: [adaptado de DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia (*cit. in* ADENE, 2010, p. 13)]

II.4 – Energias Renováveis em Portugal: Perspetivas de Futuro

Portugal é um país rico em recursos energéticos. Temos sol, vento, água, biomassa e mesmo geotermia. É pois, importante que se aposte, decididamente, nas energias renováveis e na conservação de energia. Após um estudo pormenorizado a Associação de Energias Renováveis (APREN) desenvolve um documento intitulado de “Roteiro Nacional das Energias Renováveis - Aplicação da Diretiva 2009/28/CE”, desenvolvido no âmbito do projeto europeu REPAP 2020, pretendendo proporcionar uma base de trabalho para o desenvolvimento das políticas nacionais de energias renováveis dos próximos anos.

A Diretiva 2009/28/CE – estabelece o objetivo de aumentar a quota de fontes de energia renováveis no consumo final de energia Europeu para 20% em 2020, a partir de aproximadamente 8,5% em 2005, através da imposição de metas obrigatórias para os Estados Membros. A Diretiva inclui a contribuição de energias renováveis nos setores da produção de eletricidade, no setor de Aquecimento e Arrefecimento (A&A) e no setor dos Transportes. Para além das metas nacionais obrigatórias que foram acordadas por cada Estado Membro, sendo a de Portugal de 31%, todos os Países se comprometeram com uma meta mínima de 10% de energias renováveis nos transportes.

Da leitura do documento “Roteiro Nacional das Energias Renováveis – Aplicação da Diretiva 2009/28/CE”, adquire-se uma perspetiva geral do uso das Energias Renováveis nos mais variados campos de aplicação.

Conforme APREN (2010, p. 8) o consumo total de energia final em Portugal no período (1990 a 2008) aumentou 66%. O setor que revelou um maior aumento em matéria de incorporação de Fontes de Energias Renováveis (FER) na geração de energia foi o da eletricidade. Contrariamente à produção de eletricidade de origem fóssil que se tem mantido próxima dos 30TWh, a eletricidade de origem renovável praticamente duplicou nos últimos 10 anos.

Relativamente “à produção de energia para Aquecimento e Arrefecimento (A&A) a partir de FER têm-se mantido constante até 2008.” Devido às obrigações previstas no RCCTE (2006), bem como a implementação da Medida Solar Térmico, a energia solar térmica tem aumentado nos últimos anos, “atualmente estão instalados mais de 600.000 m² de painéis, 250.000 dos quais em 2009” (APREN, 2010, p. 8).

A APREN (2010, p. 8) alega que no conjunto setorial, o setor doméstico e o setor industrial são os que mais se destacaram, relativamente à utilização de biomassa para produção de energia para A&A. Verificando-se no período (1990 a 2008) uma diminuição de 10% no consumo de biomassa no setor doméstico, contrariamente ao aumento de 30 % no mesmo período, verificado no setor industrial. Já no setor dos transportes, a contribuição de FER é ainda muito pouco significativa.

“Segundo o Eurostat, a quota de energias renováveis no consumo interno bruto de energia em Portugal (1996-2007) variou entre um máximo de 18,6% em 1996 e um mínimo de 13,2% em 2005.” No entanto a diretiva considera que em 2005 o valor foi de 20,5% em vez de 13,2%, o que em parte é explicado pelas diferenças na metodologia aplicada. Para além deste fator dificultar o ambicioso objetivo a que Portugal se comprometeu de atingir uma quota de 31% de FER no consumo final de energia, tem ainda uma dificuldade acrescida, pois parte de um valor mais baixo do que o referido na Diretiva (APREN, 2010, p. 9).

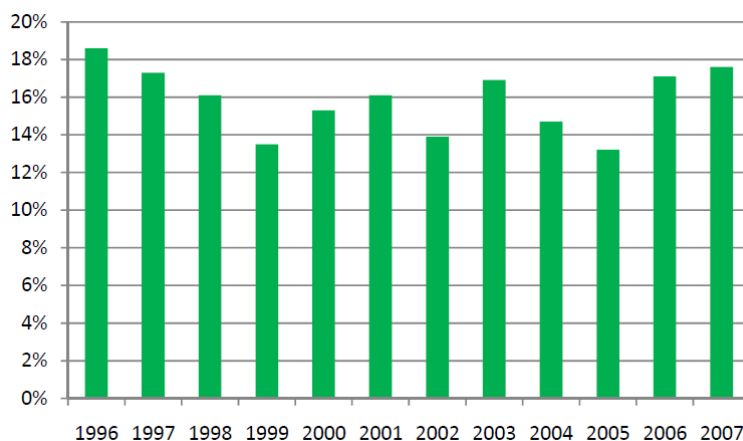


Figura 12: Quota de energias renováveis no consumo interno bruto de energia em Portugal (1996 – 2007);
 Fonte: APREN (2010, p. 9)

Segundo, APREN (2010, p. 9 e 10), as previsões apontam para um aumento do consumo de energia final entre 2010 e 2020. È realçada a necessidade da existência de um esforço muito maior de investimento na eficiência energética para que seja possível cumprir com a meta de 1% de poupança de energia por ano até 2016 estabelecida pela Diretiva 2006/32/CE relativa a eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos, e para que seja possível cumprir o compromisso de diminuir o consumo de eletricidade 3% em 2012 e 10% em 2015 proposto no Programa do Governo relativo ao ano 2010. “A evolução prevista da contribuição de FER para a produção de eletricidade permite prever que se atinja uma percentagem de 82% de eletricidade renovável em 2020, 33% proveniente da energia hídrica e 30% da eólica” (figura 13).

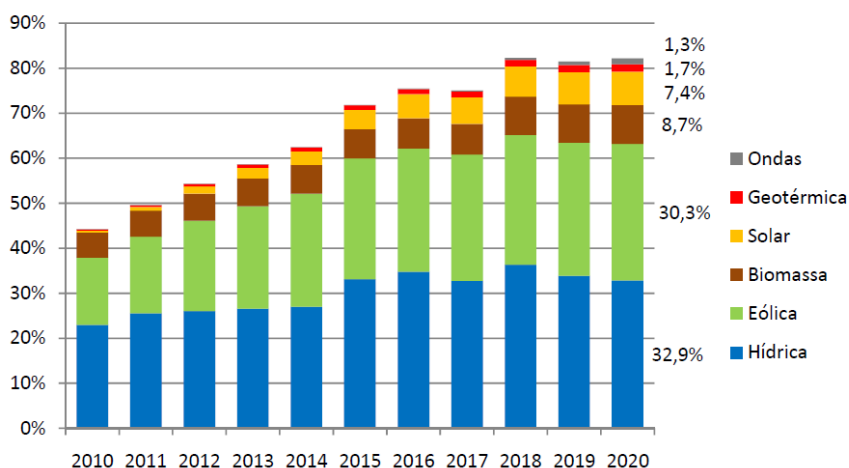


Figura 13: Quota de eletricidade gerada por cada tecnologia de FER em relação ao consumo total de eletricidade em Portugal (2010 – 2020);
 Fonte: APREN (2010, p. 10)

A incorporação de Fontes Energia Renováveis, no consumo de energia para Aquecimento e Arrefecimento, permitirá segundo APREN (2010, p. 11), “evoluir de uma quota de 28% em 2010 para 31,5% em 2020” (figura 14).

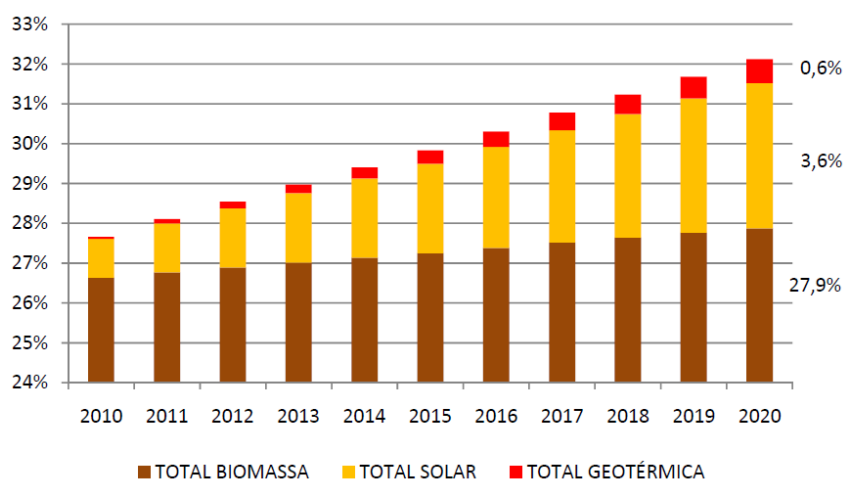


Figura 14: Quota de energia para A&A gerada por cada tecnologia de FER em relação ao consumo total de energia para A&A em Portugal (2010 – 2020);

Fonte: APREN (2010, p. 11)

A APREN (2010, p. 11) destaca ainda que:

O maior crescimento deverá registar-se ao nível da energia solar devido à instalação generalizada de painéis solares para Águas Quentes Sanitárias (AQS) e para produção de vapor de processo na indústria. Relativamente ao setor de transportes, as previsões indicam que será possível ultrapassar a meta específica de 10% do setor dos transportes para 2020, chegando aos 13,7%, apesar de em 2010 não se cumprir com a meta de 10% (figura 15).

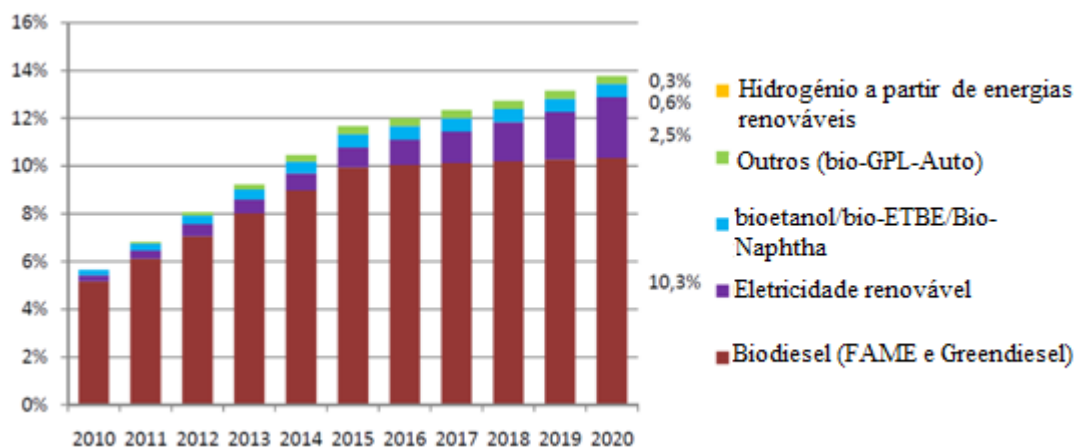


Figura 15: Quota de energia gerada por cada tecnologia de FER em relação ao consumo total de energia nos transportes em Portugal (2010 – 2020);

Fonte: [adaptado de APREN (2010, p. 12)]

Na globalidade e para o cenário apresentado, conclui-se que Portugal poderá ultrapassar a meta nacional de 31% de incorporação de FER no consumo total de energia final, chegando a 34,8% em 2020 (figura 16).

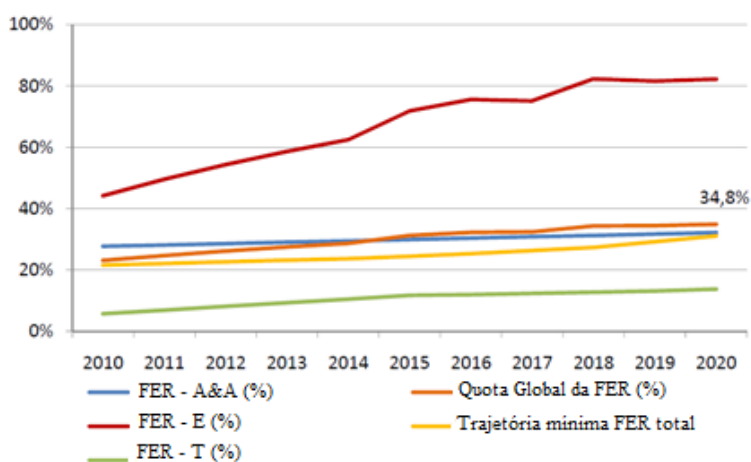


Figura 16: Trajetória das quotas de incorporação de FER nos diferentes setores e da quota global de FER para Portugal (2010 – 2020);

Fonte: [adaptado de APREN (2010, p. 13)]

Relativamente à quota de FER na eletricidade, esta atinge o valor mais elevado, alcançando os 82% em 2020. Já no setor dos transportes a quota de FER apesar de ser superior à exigida pela Comissão (10%) é muito inferior ao objetivo global de 31%. A quota da FER em Aquecimento e Arrefecimento (A&A) sobe de uma forma linear, mantendo-se na mesma ordem de valores que a quota global conforme é possível observar-se na figura 16 (APREN, 2010, p. 12).

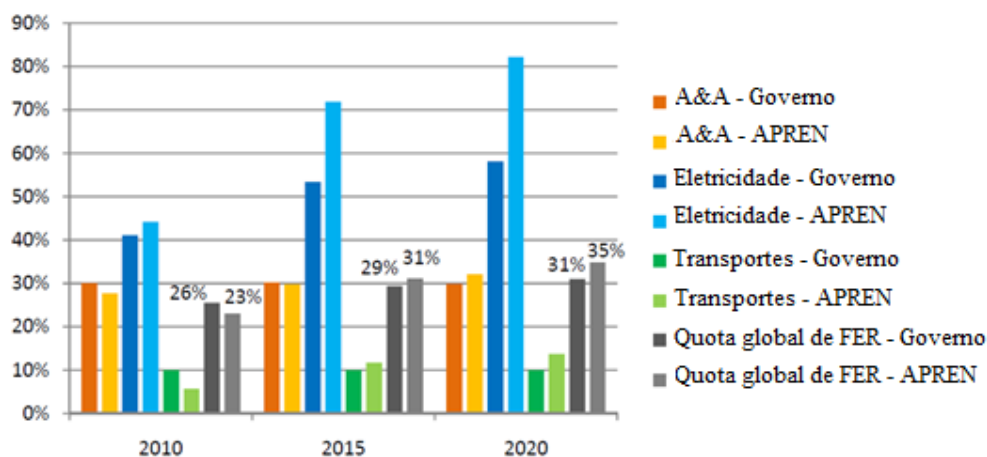


Figura 17: Comparação da previsão do Governo e da APREN das quotas setoriais e global de energia de FER para Portugal em 2010, 2015 e 2020;

Fonte: [adaptado de APREN (2010, p. 14)]

Capítulo III

Regulamentação térmica de edifícios em Portugal

Desde meados do século XX, que as preocupações ambientais têm vindo a adquirir uma importância crescente nos países desenvolvidos, criando na opinião pública maior consciência relativamente à problemática da sustentabilidade ambiental. O aumento significativo da fatura energética e os efeitos, cada vez mais evidentes, das alterações climáticas têm reforçado este fenómeno.

Conforme, Gouveia (2008, p. 2) advoga:

A importância dada ao domínio da térmica de edifícios, não se restringe hoje apenas à necessidade de aplicação das exigências regulamentares mas, acima de tudo, prende-se com o objetivo comum à arquitetura e às outras especialidades da engenharia civil, de garantir a sustentabilidade da indústria da construção do ponto de vista económico e ambiental.

III.1 – Evolução da regulamentação e aspetos gerais

Antes de 1990 não existiam quaisquer requisitos térmicos na edificação. Na procura de obter garantias de sustentabilidade económica e ambiental, e de maximizar a eficiência energética, surge a criação de regulamentos nas mais diversas áreas.

- A 6 de fevereiro de 1990, surge a primeira legislação que impôs requisitos térmicos na edificação, o Decreto-lei 40/90, em que se estabelece o primeiro Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Foi nesta fase, que se introduziu pela primeira vez em Portugal, no projeto de edifícios e de grandes remodelações, os aspetos térmicos e energéticos, através da definição de requisitos mínimos para a envolvente. Este Regulamento introduziu requisitos que tiveram em conta o conforto térmico, o consumo de energia e a ocorrência de condensações nas zonas de pontes térmicas. Incluindo exigências e limites para necessidades de aquecimento no inverno e necessidades de arrefecimento no verão.

Ficavam abrangidos pelo Regulamento todo o edifício ou zona de um edifício que tivessem um contador individual de consumo de energia (zona independente) e que estivesse sujeito a um licenciamento municipal. Excluídos ficavam “os edifícios a construir que, pelas suas características de utilização, se destinam a permanecer frequentemente abertos ao contacto com o exterior, bem como as remodelações e recuperações de edifícios em zonas históricas ou edifícios classificados.” O foco da avaliação do Regulamento referido estava na envolvente do edifício (artigo 2º do RCCTE N.º 31 – 6 de Fevereiro de 1990).

- Posteriormente ao primeiro RCCTE, em 1992 surge publicação no DL 173/92 o Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios (RQSCE). Contudo este Regulamento esteve em vigor durante um curto período de tempo, tendo sido suspenso pela Comunidade Europeia (CE) por razões de formalidade na sua promulgação, devido a incompatibilidades com o direito comunitário.
- A 7 de maio de 1998, surge um segundo Regulamento publicado no DL 118/98, englobando sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC). Este segundo Regulamento designa-se por Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), sendo uma revisão e atualização do RQSCE. Este estabelece as regras a ter em conta no dimensionamento e instalação dos sistemas energéticos de climatização em edifícios, impondo limites na potência instalada. Sendo aplicável a todo o edifício ou zona independente com equipamentos térmicos que apresentassem uma das seguintes condições: a potência térmica nominal de aquecimento ou arrefecimento fosse superior a 25 kW ou a soma das potências térmicas nominais para aquecimento e arrefecimento fosse superior a 40 kW, excluídos ficavam os edifícios para fins industriais (artigo 2º do RSECE N.º 105 – 7 de Maio de 1998).

No início do século XXI, a legislação para o setor energético revelou-se insuficiente face ao crescimento do consumo, aos compromissos para reduzir as emissões de dióxido de carbono relacionados com o Protocolo de Quioto e à necessidade de garantir que as fontes de energia continuariam a ser suficientes para manter o nível de conforto atingido. Estes fatores levaram a União Europeia a apostar na eficiência energética dos edifícios.

Assim, em 16 dezembro de 2002 foi aprovada uma Diretiva (n.º 2002/91/CE), relativa ao desempenho energético dos edifícios, estabelecendo a obrigatoriedade dos Estados Membros a criar mecanismos que permitissem (artigo 1º – EPBD de 16 de Dezembro de 2002):

- Uma metodologia de cálculo de desempenho energético integrado dos edifícios, a aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios e edifícios existentes, que sejam sujeitos a importantes obras de renovação. Criando um sistema de certificação energética dos edifícios, bem como a inspeção regular de caldeiras e equipamentos e sistemas de ar-condicionado e, complementarmente, avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos.

Em suma, esta diretiva designa que os Estados membros da União Europeia devem implementar um sistema de certificação energética. Informando o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, possibilitando aos futuros utilizadores a obtenção de informações sobre os consumos de energia potenciais (para edifícios novos), reais ou estimados para padrões de utilização típicos (para edifícios existentes) (EcoEdp, 2011).

A Diretiva 2002/91/CE (EPBD)⁶, impõe aos Estados Membros da União Europeia a emissão de Certificados Energéticos nos seguintes casos:

- Para obter licença de utilização em edifícios novos;
- Aquando de uma reabilitação importante de edifícios existentes;
- Aquando da locação ou venda de edifícios de habitação e de serviços existentes (validade do certificado: máx. de 10 anos);
- Edifícios públicos (de serviços) com mais de 1000 m².

⁶ O EPBD (Energy Performance Building Directive), Diretiva Europeia nº 2002/91/CE, tem como objetivo principal a promoção do melhoramento do desempenho energético dos edifícios na Comunidade Europeia, tendo em conta as condições climáticas exteriores e das particularidades locais, assim como as exigências em matéria do clima interior e da relação compra/eficácia (rentabilidade económica) (artigo 1º – EPBD de 16 de Dezembro de 2002).

A 4 de abril de 2006 é transposta a Diretiva 2002/91/CE para o Direito Nacional, iniciando-se a aplicação dos novos regulamentos (RSECE e RCCTE e SCE).

Surgindo então os seguintes diplomas:

- **DL 80/2006 de 4 de abril** - Decreto que aprova o Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), que trata os aspetos técnicos relacionados com a solução construtiva.

O RCCTE estabelece um conjunto de características de qualidade para os novos edifícios de habitação e de serviços sem sistemas de climatização (potências térmicas até 25Kw), como é exemplo relevante ao nível das características da envolvente (paredes, coberturas, pavimentos, etc.), limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos (ADENE, 2011).

Segundo, o artigo 4º do RCCTE (N.º 67 – 4 de Abril de 2006), o comportamento térmico dos edifícios é caracterizado através da quantificação dos seguintes índices e parâmetros:

- Necessidades nominais anuais de energia útil⁷ para aquecimento (Nic);
- Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc);
- Necessidades nominais anuais de energia para a produção de águas quentes sanitárias (Nac);
- Necessidades globais de energia primária⁸ (Ntc).

O regulamento impõe limites aos consumos energéticos da habitação para climatização e produção de águas quentes, num claro incentivo à utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacte em termos de consumo de energia primária. Esta legislação determina ainda a obrigatoriedade da instalação de coletores solares e valoriza a utilização de outras fontes de energia renovável na determinação do desempenho energético do edifício (ADENE, 2011).

⁷ Energia útil de aquecimento ou de arrefecimento é a energia-calor fornecida ou retirada de um espaço interior. É independente da forma da energia final (eletricidade, gás, solar, lenha, etc.).

⁸ Energia primária é o recurso energético que se encontra disponível na Natureza (petróleo, gás natural, energia hídrica, energia eólica, biomassa, solar). RCCTE (N.º 67 – 4 de Abril de 2006), ANEXO II - Definições).

Para o cálculo das necessidades de energia é necessário ter em conta inúmeros parâmetros complementares para os quais é necessário quantificar sob condições específicas (artigo 4º do RCCTE, N.º 67 – 4 de Abril de 2006), tais como:

- Os coeficientes de transmissão térmica, superficiais e lineares, dos elementos da envolvente (valor U);
 - A classe de inércia térmica do edifício ou fração autónoma (It);
 - O fator solar dos vãos envidraçados (g_{\perp});
 - A taxa de renovação de ar (Rph).
- **DL 79/2006 de 4 de abril** – Decreto que aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE);

O RSECE atualmente em vigor que revoga o RSECE de 1998 define um conjunto de requisitos para edifícios de habitação e de serviços dotados de sistemas de climatização (com potências térmicas superiores a 25 kw) que, entre outros, tomam em consideração a qualidade da envolvente, a limitação dos consumos energéticos e a manutenção e eficiência dos próprios sistemas de climatização, obrigando a realização de auditorias periódicas aos edifícios de serviços (ADENE, 2011a).

Neste regulamento, a qualidade do ar interior surge também com requisitos que abrangem as taxas de renovação do ar interior nos espaços e a concentração máxima dos principais poluentes nocivos à saúde (edifícios existentes) (ADENE, 2011a).

- **DL 78/2006 de 4 de abril** – Decreto que aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade de Ar Interior dos Edifícios (SCE), estabelecendo um conjunto de regras e metodologias de forma a assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no RCCTE e no RSECE.

O SCE é um dos três pilares sobre os quais assenta a nova legislação relativa a qualidade térmica dos edifícios em Portugal e que tem como objetivo principal, proporcionar economias significativas de energia para o país, em geral, e para os utilizadores dos edifícios, em particular (ADENE, 2011b).

O SCE tem como finalidade:

- Assegurar a aplicabilidade regulamentar definida nos também recém publicados Regulamentos para edifícios DL 79/2006 (RSECE), DL 80/2006 (RCCTE);
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;
- Identificar as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior.

Segundo, ADENE (2011b) “em conjunto com os regulamentos técnicos aplicáveis aos edifícios de habitação (RCCTE, DL 80/2006) e aos edifícios de serviços (RSECE, DL 79/2006), o SCE define regras e métodos para verificação da aplicação efetiva destes regulamentos às novas edificações, bem como, numa fase posterior aos imóveis já construídos”, o processo de certificação é efetuado por peritos qualificados. Relativamente à supervisão do SCE, esta é efetuada pela DGEG (funcionamento da vertente energética) e pelo Instituto do Ambiente (vertente qualidade do ar interior), sendo que a entidade gestora do SCE é a ADENE.

Houve ainda a nível nacional um conjunto de incentivos no âmbito de programas nacionais e/ou com participação comunitária com o intuito de apoiar o desenvolvimento dos domínios da eficiência energética e energias renováveis, como por exemplo o programa Energia, resultado da decisão do PE e da CE (2003/1230/CE), com um subdomínio dedicado ao setor dos edifícios (SAVE).

- Mais recentemente surge uma nova Diretiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD 2010), o seu texto foi aprovado e publicado pelo Jornal Oficial da União Europeia como Diretiva 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, reforçando as exigências mínimas para os edifícios, no âmbito da eficiência energética.

Esta nova diretiva revoga e substitui a Diretiva 2002/91/CE, a partir de 1 de fevereiro de 2012 e deve ser transposta para a legislação nacional até 2013.

De acordo com o Conselho Europeu para uma Economia Energeticamente Eficiente (ECEEE, 2010) a nova versão traz alterações significativas, sendo que as principais disposições da reformulação EPBD 2010 incluem:

- A abolição do limite de 1000 m² na aplicação dos requisitos em casos de grandes reabilitações, bem como uma intensificação dos processos de inspeção e da qualidade dos certificados energéticos emitidos;
- A introdução do conceito "edifícios com necessidades quase nulas de energia", obrigando a que, o mais tardar em 31 de dezembro de 2020, todos os novos edifícios apresentem um balanço energético próximo do zero, sendo que o consumo deve ser coberto por fontes de energia renováveis. E após 31 de dezembro de 2018, essa obrigação passa a abranger os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas (artigo 9º – EPBD de 19 de Maio de 2010);
- A atribuição de uma maior responsabilidade ao setor público, que deve servir de exemplo na aplicação dos regulamentos. Os Estados-Membros devem estabelecer requisitos mínimos de desempenho energético para edifícios novos e edifícios existentes que sejam submetidos a grande renovação e devem elaborar seus próprios planos para aumentar o número de "quase zero de energia", incluindo as políticas de adaptação de edifícios existentes;
- Certificados de desempenho energético deve ser afixado na entrada de edifícios:
 - Nos edifícios com uma área útil total ocupada por autoridades públicas superior a 500 m², o certificado de desempenho energético tem de ser afixado, de modo a ser claramente visível para o público em geral.
 - Em 9 de julho de 2015, este limiar de 500 m² é reduzido para 250 m².

Capítulo IV

Mecanismos de Transferência de Calor

IV.1 – Generalidades

A envolvente geométrica e construtiva dos edifícios desempenha um papel preponderante no seu comportamento térmico. A envolvente do edifício delimita a fronteira com o exterior, e é através dos materiais que a constituem que ocorre a maioria das trocas de energia com o ambiente que a rodeia no entanto, a existência de compartimentos com diferentes temperaturas, origina igualmente trocas de calor no interior dos edifícios.

As trocas de calor realizam-se segundo três modos fundamentais: condução, convecção e radiação (figura 18).

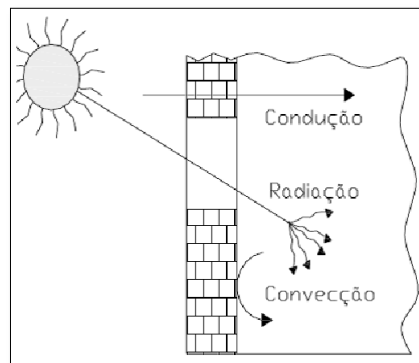


Figura 18: Mecanismos de transmissão de calor em edifícios;

Fonte: Valério (2007, p. 7)

IV.1.1 – Condução

A transmissão de calor por condução ocorre de um ponto de um corpo para outro, ou de um corpo para outro em contacto com ele. Esta forma de transmissão de calor está intimamente associada à energia interna da matéria, isto é, à energia correspondente ao estado físico-químico do corpo, e a movimentos das moléculas ou átomos dentro do corpo (Matias, 2001, p. 18).

Para Afonso (2009, p. 9) “é necessário que as partículas que formam esse corpo se encontrem muito próximas umas das outras, permitindo a transmissão de energia das partículas com maior temperatura às que apresentam temperatura inferior.”

Barros (2009, p. 13) alega que “essa transferência de energia é feita através da interação de partícula a partícula e o seu fluxo difere de material para material”.

A transmissão de calor por condução depende de dois dados cruciais, a condutividade térmica dos materiais (λ) [W/m.°C] e espessura do elemento envolvente (e) [m] (Barros, 2009, p. 13).

De acordo com o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC, 2006, p. 2):

A condutibilidade térmica (λ , expressa em [W/(m.K)] ou [W/(m.°C)]) é uma propriedade que caracteriza os materiais ou produtos termicamente homogêneos, e que representa a quantidade de calor (expressa em [w] por unidade de área [m²]) que atravessa uma espessura unitária ([m]) de um material, quando entre duas faces planas e paralelas se estabelece uma diferença unitária de temperatura (1°C ou 1k).

No âmbito da marcação CE dos produtos de construção, em particular no que respeita aos isolantes térmicos, os fabricantes declaram um valor de condutibilidade térmica ou da resistência térmica⁹, que se denominam valores declarados (λ_D ou R_D). De acordo com (LNEC, 2006, p. 2) o valor declarado λ_D (ou R_D) representa um valor expeável da condutibilidade (ou da resistência) térmica de um material ou produto, nas seguintes condições convencionais:

- Determinado com base em resultados de ensaios realizados em condições definidas de referência (temperatura média e teor de água de equilíbrio em ambiente normalizado);
- Correspondente a um percentil e nível de confiança definidos;
- Representativo de uma vida aceitável, em condições normais de utilização.

Com a condutividade térmica dos materiais (λ) e espessura do elemento envolvente (e), obtêm-se o coeficiente global de transmissão de calor (U) [W/m².°C], parâmetro utilizado no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), e que é inversamente proporcional à resistência térmica (R_{cond}) [1] [m².°C/W] do material, expresso na equação [2].

⁹ Na realidade, os fabricantes devem, obrigatoriamente, declarar o valor da resistência térmica (R_D) correspondente a cada uma das espessuras dos produtos colocado no mercado (LNEC, 2006, p. 2).

$$R_{cond} = \frac{e}{\lambda} \text{ [m}^2 \cdot \text{°C/W]} \quad [1]$$

$$U = \frac{1}{R_{cond}} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{°C]} \quad [2]$$

Estas considerações podem ser sintetizadas na Lei de Fourier [3], esta lei rege os fenómenos de transferência de calor por condução, e permite determinar o fluxo de calor transportado por condução entre duas superfícies:

$$Q_{cond} = -U \cdot A \cdot \Delta t \quad [3]$$

em que:

Q_{cond} – a quantidade de calor transferido por condução (W)

U – coeficiente global de transmissão de calor ($\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$)

A – a área da superfície (m^2)

Δt – representa a variação da temperatura

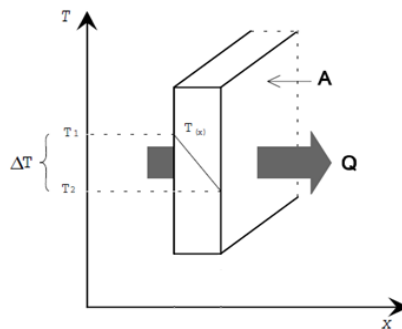


Figura 19: Transmissão de calor por condução: “Lei de Fourier”;

Fonte: Matias (2001, p.19)

È de salientar que o fluxo térmico é proporcional à área e ao gradiente de temperatura (variação da temperatura com a distância).

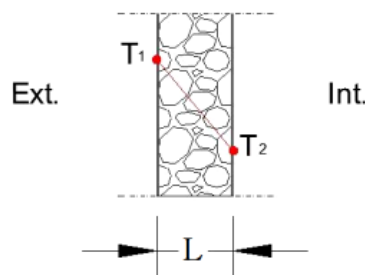


Figura 20: Fluxo de calor, em que $T_1 > T_2$;

Fonte: Barros (2009, p.14)

Uma vez que o fluxo ocorre da superfície de maior para a de menor temperatura, o sinal negativo na Lei de Fourier explica-se por a variação de temperatura ser igual a:

$$\Delta t = T_2 - T_1 \text{ [K] ou } [^{\circ}\text{C}] \quad [4]$$

Substituindo a equação [4], na [3], usando a Lei de Fourier, obtemos a equação da transmissão de calor em função do coeficiente global de transmissão de calor.

$$Q_{\text{cond}} = -U \cdot A \cdot (T_2 - T_1)$$
$$Q_{\text{cond}} = U \cdot A \cdot (T_1 - T_2) \quad [5]$$

ou em função da resistência,

$$Q_{\text{cond}} = \frac{1}{R_{\text{cond}}} \cdot A \cdot (T_1 - T_2) \quad [6]$$

Em que o fluxo de calor (por condução) pode ser deduzido pela equação [7]:

$$\frac{Q}{A} = q_x \quad [7]$$

Substituindo a equação [2] e [7] na equação [5], obtém-se a fórmula que dá o fluxo de calor

$$q_x = \lambda \cdot \frac{T_1 - T_2}{e} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad [8]$$

IV.1.2 – Convecção

A convecção térmica é um processo de transmissão em que a energia térmica é propagada mediante o transporte de matéria, havendo portanto, deslocamento de partículas.

Ao contrário do que sucede na condução, a convecção é um fenómeno que só se processa em meios fluidos, ou seja, em líquidos e gases. O fluido com uma temperatura mais elevada, tende a subir (menos denso), o fluido com uma temperatura mais baixa, tende a descer (mais denso), este deslocamento, por diferenças de temperatura, deve-se às forças de impulsão (Afonso, 2009, p.10).

Matias (2001, p. 21) diferencia dois tipos de convecção:

No caso, em que os únicos movimentos no fluido são provocados pela diminuição de densidade ao ser aquecido, diz-se que a convecção é natural. Se o movimento do fluido for reforçado por um meio externo (vento, ventilador mecânico, etc...), a convecção dir-se-á forçada.

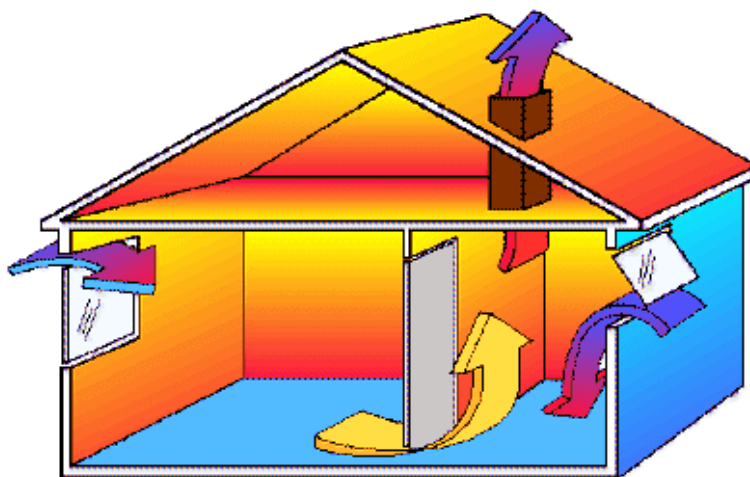


Figura 21: Mecanismo de transferência de calor por convecção;

Fonte: Afonso (2009, p. 10)

Após um estudo aprofundado sobre esta matéria, Labrincha (2006, p. 3) argumenta que:

No interior dos materiais de construção e nos isolamentos térmicos, em particular, a transmissão de calor por convecção não é relevante, em virtude de as respetivas características de porosidade e de permeabilidade ao ar não favorecerem aquele fenómeno. Os fenómenos convectivos (naturais ou forçados) têm alguma importância apenas nos materiais com uma significativa porosidade aberta, designadamente produtos de fibras minerais de massa volúmica muito baixa e materiais soltos com elevada permeabilidade ao ar (grânulos ou fibras). Todavia, a convecção natural e forçada adquirem

uma importância significativa, em conjunto com a transferência de calor por radiação, nas trocas térmicas que ocorrem, quer nas superfícies de separação entre os elementos de construção e os ambientes exterior ou interior, quer através de camadas de ar (espaços de ar) integrados no interior dos elementos de construção.

A lei que rege os fenómenos de transferência de calor por convecção, é designada como Lei do Arrefecimento de Newton, esta permite determinar o fluxo de calor, entre uma superfície sólida e um fluido. Conforme, Afonso (2009, p. 11), no caso de um edifício, a superfície sólida corresponde à envolvente e o fluido ao ar que se encontra em contacto com ela.

A Lei do Arrefecimento de Newton é traduzida pela seguinte expressão matemática [9]:

$$Q_{\text{conv}} = h_c \cdot A_s \cdot (T_s - T_{\infty}) \quad [9]$$

em que:

Q_{conv} – quantidade de calor transmitida (W)

h_c – coeficiente de transmissão térmica superficial por convecção ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

A_s – área superficial de contacto entre o elemento sólido e o fluido (m^2)

T_s – temperatura superficial do sólido ($^\circ\text{C}$)

T_{∞} – temperatura do fluido ($^\circ\text{C}$)

IV.1.3 – Radiação

São vários os autores que alegam de forma análoga, o significado de transmissão de calor por radiação. Todos argumentam que para que haja transferência de calor por condução e convecção, é necessário um suporte material, ao contrário da radiação térmica.

De acordo com Labrincha (2006, p. 5): “a radiação térmica emitida não necessita de um suporte físico para se transmitir (pode, portanto, transmitir-se no vácuo)”, para além de tal argumento Matias (2001, p. 22) refere que “enquanto as transmissões de calor por condução e convecção envolvem o transporte energia térmica, em sólidos e fluidos, por intermédio de movimentações atómicas e moleculares, a transmissão de calor por radiação consiste no transporte de energia térmica por meio de ondas eletromagnéticas, ou partículas (fotões), não necessitando de um suporte material para se realizar”.

Para Barros (2009, p. 22) “de uma forma geral, todos os corpos sólidos ou gasosos emitem, absorvem e transmitem radiação.” A emissividade expressa a capacidade de uma superfície de emitir calor. Os valores de emissividade podem variar entre 0 e 1, sendo que para $\epsilon=1$ o corpo emite toda a energia e para $\epsilon=0$ não emite nenhuma. Estes valores extremos são meramente teóricos, pois na realidade tal não se verifica.

A um corpo que apresenta uma emissividade igual a 1 dá-se o nome de corpo negro (corpo ideal), conforme alega Labrincha (2006, p. 6) estes corpos “são bons absorventes”, não se verifica reflexões, pelo que toda a energia incidente é absorvida e posteriormente emitida. Num corpo com emissividade 0 (corpos claros), Labrincha (2006, p. 6) nomeia-os como “bons refletores de calor”, toda a energia incidente é refletida.

A lei de Stefan-Boltzmann estabelece que a energia total radiada por segundo e por unidade de área de uma superfície é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta da sua superfície, de acordo com o local de propagação de energia por parte do emissor, a expressão pode-se apresentar de duas maneiras distintas:

- Considerando-se uma superfície a emitir livremente para o espaço [10]:

$$q_{\text{rad}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot S \cdot T^4 \quad [10]$$

- Considerando-se uma superfície à temperatura T_1 , emitindo para um meio à temperatura T_2 [11]:

$$q_{\text{rad}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot S \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad [11]$$

em que:

q – calor transmitido por radiação (W)

ϵ – emissividade da superfície (m^2)

σ – constante de Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$)

S – área da superfície emissora

T – temperatura absoluta (K)

T_1 e T_2 – temperaturas superficiais (K)

Capítulo V

Isolamentos térmicos tradicionais de edifícios

V.1 – Generalidades

“A par do capital humano, a energia representa em qualquer sociedade um papel fundamental, motor do seu desenvolvimento” (Silva, 2009, p. 2).

Para se assegurar a existência das condições favoráveis à vida é obrigatório viver de acordo com a capacidade de carga do planeta, ou seja, de acordo com o que a Terra pode fornecer e não o que se gostaria que fornecesse...

Segundo, Matias (2001, p. 1): “Até meados dos anos 70, o conforto térmico em edifícios conseguiu-se principalmente à custa de um desperdício acentuado da energia.” Com o decorrer do tempo, a consciencialização da limitação dos recursos energéticos, tornou-se mais evidente aos olhos do Homem. O encarecimento do petróleo e posterior desequilíbrio das economias conduzem a uma maior racionalização na utilização de energia.

A procura cada vez mais acentuada de conforto térmico, conduziu à implementação de códigos que especificam níveis mínimos de isolamento térmico em paredes, telhados e vãos envidraçados.

Labrincha (2006, p. 25) defende que, “os materiais isolantes são caracterizados por apresentarem densidades inferiores a 150 kg/m^3 e uma condutibilidade térmica abaixo dos $0.05 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ ”. Já, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC, 2006, p. 3) considera como isolantes térmicos os materiais e produtos que apresentam uma condutibilidade térmica inferior a $0.065 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ e uma resistência térmica superior a $0.030 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$.

De acordo com ASHRAE (2001) (*cit. in* Al-Homoud, 2005, p. 354) o isolamento térmico é um material ou combinação de materiais, que, quando corretamente aplicado, retarda a taxa de fluxo de calor por condução, convecção e radiação.

Segundo, ADENE na plataforma Casa Certificada:

Em Portugal o isolamento térmico é utilizado na construção de edifícios desde a década de 1950 e é uma componente essencial para o bom desempenho energético dos edifícios. Com a entrada em vigor do primeiro Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) o isolamento térmico tanto pode ser aplicado pelo interior das paredes da envolvente de um edifício, como colocado na caixa de ar entre paredes duplas, como ainda ser assente pelo exterior de um edifício. Tem utilidade em qualquer destas aplicações, mas é sobretudo numa, aquela pelo exterior do edifício, que o isolamento térmico tem a maior eficácia.

De seguida é apresentado uma tabela, onde se expõe o coeficiente de transmissão térmica, peso específico e energia incorporada para 5 cm de espessura de vários tipos de materiais de isolamento.

Tabela 1: Propriedades específicas para 5cm de materiais de isolamento térmico;

Fonte: Mendonça (2005, p. 57)

Isolante espessura = 5cm		Coeficiente de transferência de calor (w/m ² °C)	Peso especifico (Kg/m ³)	Energia incorporada (kwh/m ²)
Lã de Rocha	20 a 35 Kg/m ³	0,00225	1,4	22
	35 a 180 Kg/m ³	0,00200	5,4	86
Lã de Vidro	8 a 12 Kg/m ³	0,00225	0,5	9
	12 a 80 Kg/m ³	0,00200	2,3	41
Aglomerado negro de cortiça		0,00225	6,3	25
Poliestireno expandido		0,00200	1,3	140
Poliestireno expandido extrudido		0,00175	1,6	163
Espuma de poliuretano		0,00150	1,8	123
Fibra de Côco		0,00220	5,8	29

Analisando-se as propriedades dos materiais expostos na tabela 1, provavelmente o simples leitor optaria por considerar a fibra de vidro de baixa densidade (8 a 12Kg/m³) como o material mais favorável, contudo não se pode concluir imediatamente tal pressuposto, pois este material tem as suas próprias limitações e problemas. Para além dos solventes e das resinas utilizadas no seu processo de fabricação serem extremamente tóxicos, este apresenta perigosidade a nível de manuseamento, não sendo indicado para todo o tipo de situações. Por exemplo, a sua aplicação não é recomendável para paredes exteriores com caixas de ar totalmente preenchidas com lã de vidro ou parcialmente quando o isolamento se encontra encostado ao pano exterior, sendo na maioria das vezes necessário a sua fixação a um suporte rígido, o que altera os seus custos e incrementa a vulnerabilidade a alterações da sua condutibilidade por influência da humidade, contrariamente às espumas poliméricas e da cortiça que têm células fechadas (Mendonça, 2005, p. 56 e 57).

Para se poder fazer uma seleção criteriosa do ponto de vista ambiental e higrotérmico apresenta-se na tabela 2 valores da condutibilidade térmica de vários isolantes térmicos de diferentes autores.

Tabela 2: Densidade e condutibilidade térmica de diversos materiais de isolamento térmico;

Fonte: [adaptado de Mendonça (2005, p. 57) e LNEC (2006)]

Material	(Pina dos Santos, 1990) **		Catálogo (Isover/Roclaine) *		(LNEC, 2006) - ITE 50 ***	
	Densidade [Kg/m ³]	Condutibilidade Térmica λ [W/m.°C]	Densidade [Kg/m ³]	Condutibilidade Térmica λ [W/m.°C]	Densidade [Kg/m ³]	Condutibilidade Térmica λ [W/m.°C]
Aglomerado negro de cortiça	100-150	0.045	110	0.039		
Aglomerado de cortiça expandida (ICB)					90 - 140	0.045
Aglomerado cortiça natural com ligantes betuminosos ou sintéticos					100-150	0.050
					150-250	0.055
Espuma elastomérica			60	0.034		
Espuma elastomérica flexível (FEF)					60-80	0.050
Lã de Rocha	25-35	0.045	30-50	0.042	20-35	0.045
	35-180	0.040	51-70	0.040	35-100	0.040
			71-90	0.038	100-180	0.042
			91-120	0.038		
			121-150	0.038		
Lã de Vidro	8-12	0.045	10-18	0.044	8-15	0.045
	12-80	0.040	19-30	0.037	15-100	0.040
			31-45	0.034		
			46-65	0.033		
			66-90	0.033		
		91	0.036			
Perlite expandida			130	0.047		
Vermiculite expandida			120	0.035		
Grânulos leves ou fibras soltas (sem ligante)						
Grânulos de argila, de vermiculite ou de perlite expandidas outro tipo de grânulos leves ou de fibras soltas					<400	0.16
					20-100	0.060
Poliestireno Expandido Moldado (EPS)	15-35	0.040	10	0.057	<11	0.055
			12	0.044	11-13	0.045
			15	0.037	13-15	0.042
			20	0.034	15-20	0.040
			25	0.033	>20	0.037
Poliestireno Expandido Extrudido (XPS)	25-40	0.035	33	0.033	25-40	0.037
Poliuretano (PUR), moldado			32	0.023		
			35	0.023		
			40	0.023		
			80	0.040		
Poliuretano (PUR), projetado	30-40	0.030	35	0.023		
			40	0.023		
Espuma rígida poliuretano (PUR) ou de poli-isocianurato (PIR) em placas projetado ou injetado em situ entre parâmetros metálicos (painéis sanduiche)					20-50	0.040
					20-50	0.042
					35-50	0.037
Vidro celular	110-140	0.050	160	0.044		

Na tabela 3 realiza-se uma comparação entre os valores das condutibilidades térmicas especificadas pelo LNEC e por dois fabricantes. A empresa Amorim, para o aglomerado de cortiça expandida (ICB) e a empresa Fibrosom para a lã de rocha e grânulos de argila, valores que foram utilizados posteriormente no caso de estudo.

Tabela 3: Quadro comparativo com valores LNEC e respetivos fabricantes;

Fonte: [adaptado de BCORK (2011), BCORK (2011a), Fibrosom e LNEC (2006)]¹⁰

MATERIAL	(LNEC, 2006) ITE 50		AMORIM		FIBROSOM	
	Densidade [Kg/m ³]	λ [W/m.°C]	Densidade [Kg/m ³]	λ [W/m.°C]	Densidade [Kg/m ³]	λ [W/m.°C]
Aglomerado de cortiça expandida (ICB)	90 - 140	0.045	≤130	0.040		
Aglomerado de cortiça natural com ligantes betuminosos ou sintéticos	100 - 150	0.050				
	150 - 250	0.055				
Especial MDFachada (Expandido)			140	0.040		
			160	0.042		
Lã de Rocha	20 - 35	0.045				
	35 - 100	0.040				
	100 - 180	0.042				
Lã de Rocha (Rolos Flexíveis)					MK 230 25 - 30 Kg/m ³	0.038
					MN 230 25 - 30 Kg/m ³	0.038
					MA 230 25 - 30 Kg/m ³	0.038
Lã de Rocha (Painéis semirrígidos)					PN 30 30 Kg/m ³	0.038
					PN 40 40 Kg/m ³	0.036
					PN 55 55 Kg/m ³	0.035
					PN 70 70 Kg/m ³	0.034
<u>Grânulos leves ou fibras soltas</u> (sem ligante)	<400	0.16				
Grânulos de argila, de vermiculite ou de perlite expandida ou outro tipo de grânulos leves ou de fibras soltas	20 - 100	0.060				
<u>Grânulos de argila</u> Classe Nominal Granulométrica: 2 - 4 Classe de Granulométrica (mm): 1,6 - 5,5					360 Kg/m ³	0.13 (mm)
Classe Nominal Granulométrica: 3 - 8F* Classe de Granulométrica (mm): 5,5 - 9,5					380 Kg/m ³	0.11 (mm)
Classe Nominal Granulométrica: 3 - 8 Classe Granulométrica (mm): 9,5 - 12,5					370 Kg/m ³	0.11 (mm)
Classe Nominal Granulométrica: 8 - 16 Classe Granulométrica (mm): 12,5 - 22					340 Kg/m ³	0.10 (mm)

¹⁰ Nota: Os documentos de homologação (marcação CE) dos isolantes térmicos dos fabricantes, referenciados na Tabela 3 encontram-se no (ANEXO IV, p. 24 à 48).

Na tabela 4 realiza-se uma comparação entre os valores das condutibilidades térmicas especificadas pelo LNEC e por dois fabricantes para o Poliestireno Expandido Extrudido (XPS), respetivamente a empresa Dow e a empresa Ediltec, os valores expostos da empresa Ediltec foram utilizados posteriormente no caso de estudo.

Tabela 4: Quadro comparativo com os valores LNEC e respetivos fabricantes;

Fonte: [adaptado de Dow (2006), Ediltec (2010), Ediltec (2010a) e LNEC (2006)]¹¹

MATERIAL	(LNEC, 2006) ITE 50		DOW		EDILTEC	
	Densidade [Kg/m ³]	λ [W/m.°C]	Densidade [Kg/m ³]	λ [W/m.°C]	Densidade [Kg/m ³]	λ [W/m.°C]
Poliestireno Expandido Extrudido (XPS)	25 - 40	0.037				
Poliestireno Expandido Extrudido (XPS) ROOFMATE SL-A			35	0.035		
ROOFMATE LG-X			32	0.029		
ROOFMATE PT-A			35	0.035		
WALLMATE CW-A			30	0.035		
STYROFOAM IB-A			30	0.035		
Poliestireno Expandido Extrudido (XPS)	25 - 40	0.037				
Poliestireno Expandido Extrudido (XPS) X-FOAM® HBD						
Para espessuras de 30 a 40 mm					33	0.033
Para espessuras de 50 a 60 mm					33	0.034
Para espessuras de 70 a 140mm					33	0.036
X-FOAM® HBD PLUS, X-FOAM® HBT PLUS e X-FOAM® LMF PLUS						
Para espessuras de 20 a 80 mm					35	0.031
Para espessuras de 88 a 133mm					35	0.032

Na tabela 5 realiza-se uma comparação entre os valores das condutibilidades térmicas especificadas pelo LNEC e por dois fabricantes. A empresa Plastimar para o Poliestireno Expandido Moldado (EPS) e KnaufInsulation para a Lã de Vidro, valores que foram utilizados posteriormente no caso de estudo.

¹¹ Nota: Os documentos de homologação (marcação CE) dos isolantes térmicos dos fabricantes, referenciados na Tabela 4 encontram-se no (ANEXO IV, p. 49 à 58).

Tabela 5: Quadro comparativo com os valores LNEC e respetivos fabricantes;

Fonte: [adaptado de Plastimar (2011), Plastimar (2011a), Plastimar (2011b), Knauf Insulation (2009), Knauf Insulation (2009a), Knauf Insulation (2009b) e LNEC (2006)]¹²

MATERIAL	(LNEC, 2006) ITE 50		PLASTIMAR		KNAUF INSULATION	
	Densidade [Kg/m ³]	λ [W/m.°C]	Densidade [Kg/m ³]	λ [W/m.°C]	Densidade [Kg/m ³]	λ [W/m.°C]
Poliestireno Expandido Moldado (EPS)	<11	0.055	EPS 30 12 Kg/m ³	0.042		
	11 - 13	0.045	EPS 60 15 Kg/m ³	0.038		
	13 - 15	0.042	ESPS 100 20 Kg/m ³	0.036		
	15 - 20	0.040	EPS 150 25 Kg/m ³	0.034		
	>20	0.037	EPS X 30 Kg/m ³	0.034		
Poliestireno Expandido Moldado (EPS) O NEOPLAS é um EPS (poliestireno expandido) com adição de partículas de grafite que reduzem o efeito da transmissão de calor por radiação			NEOPLAS 60 15 Kg/m ³	0.032		
			NEOPLAS 100 20 Kg/m ³	0.031		
Lã de Vidro	8 - 15	0.045				
	15 - 100	0.040				
Lã de Vidro Painel Sem Revestimento (TP 116) (30 - 200 mm) Ultracoustic P (20 - 25 mm) Ultracoustic P (30 - 220 mm) Painel Plus (TP138) (30 - 160 mm)						
					15	0.037
					55	0.032
					17	0.037
					32	0.032

¹² Nota: Os documentos de homologação (marcação CE) dos isolantes térmicos dos fabricantes, referenciados na Tabela 5 encontram-se no (ANEXO IV, p. 59 à 71).

A temperatura máxima de utilização dos isolamentos não se encontra normalizada, contudo Mendonça (2005) refere que o critério utilizado na Europa segue os valores apresentados na tabela 6.

Tabela 6: Temperatura máxima de utilização para alguns isolamentos;
Fonte: Isover / Roclaine (*cit. in* Mendonça, 2005, p. 58)

Tipo de Isolante		Temperatura máxima de utilização [°C]
Espuma de poliuretano		100°C
Lã de Vidro	Com resina	250°C
	Sem resina	500°C
Lã de Rocha		até 1.750°C
Poliestireno expandido		70°C
Poliestireno expandido extrudido		85°C

Da análise dos valores das tabelas anteriores, observa-se que os materiais mais usados em isolamento térmico correspondem a três grupos distintos: vegetais, sintéticos e minerais.

Os isolantes térmicos podem apresentar-se das mais variadas formas, dependendo da constituição e da finalidade à qual se destinam. Para Labrincha (2006, p. 27), os isolantes térmicos podem apresentar-se nas seguintes formas:

- Placas rígidas, semirrígidas e flexíveis;
- Mantas rígidas, semirrígidas e flexíveis;
- Rolos de mantas semirrígidas ou flexíveis ou formados pela associação (por colagem) de tiras de placas rígidas a um suporte flexível;
- Grânulos soltos, eventualmente estabilizados com um ligante, durante ou após a respetiva aplicação;
- Fibras soltas, eventualmente estabilizadas com um ligante, durante ou após a respetiva aplicação;
- Nódulos, flocos ou “rama” de fibras, eventualmente estabilizados com um ligante, durante ou após a respetiva aplicação;
- Camadas isolantes realizadas em obra.

V.2 – A marcação “CE” nos produtos da construção

Segundo, LNEC (2007) “a marcação CE nos produtos da construção é o passaporte para a livre circulação dos produtos no mercado único europeu”. A aposição da marcação CE nos produtos simboliza a conformidade do produto com os requisitos comunitários que lhe são

aplicáveis e é sempre da responsabilidade do fabricante ou do seu representante na União Europeia.

Esta marcação aplica-se unicamente a produtos abrangidos pelas Diretivas da Nova Abordagem que, definindo as exigências essenciais a satisfazer pelos produtos, visam essencialmente a segurança, a saúde e a proteção do ambiente, encaminhando para especificações técnicas as características e requisitos a assegurar, evidenciando-se desta forma de que o produto foi objeto dos procedimentos de comprovação da conformidade apropriados e está adequado para o fim a que se destina. A Diretiva Comunitária dos Produtos de Construção (DPC) – Diretiva 89/106/CEE, de 21 de dezembro de 1988, alterada pela Diretiva 93/68/CEE, de 22 de julho de 1993 – é uma das mais importantes das Diretivas da Nova Abordagem, e foi criada com o objetivo de eliminar as barreiras técnicas à livre circulação dos produtos de construção que circulam no Espaço Económico Europeu (EEE) e que se destinam a ser utilizados em obras de construção e de engenharia civil.

A DPC estabelece que, para serem colocados no mercado, os produtos de construção - definidos, de acordo com o artigo 1.º da DPC, como *todos os produtos destinados a ser permanentemente incorporados numa obra de construção, incluindo as obras de construção civil e de engenharia civil* devem estar aptos ao uso a que se destinam, devendo por isso apresentar características tais que as obras onde venham a ser incorporados satisfaçam às seguintes exigências essenciais:

- resistência mecânica e estabilidade;
- segurança em caso de incêndio;
- higiene, saúde e proteção do ambiente;
- segurança na utilização;
- proteção contra o ruído;
- economia de energia e isolamento térmico.

De acordo com Aipex (p. 23), “desde maio de 2003, os fabricantes e aplicadores de isolamentos térmicos são obrigados a usar a Marcação CE, a partir da conformidade às normas harmonizadas EN, elaboradas pelo CEN (Comité Europeu de Normalização), por indicação da Comissão Europeia são um desenvolvimento dos Requisitos Essenciais na Diretiva de Produtos da Construção 89/106/CE”.

Graficamente, a marcação CE deverá ter as dimensões regulamentares e conter as informações técnicas do produto referidas nas respetivas especificações técnicas harmonizadas (figura 22).

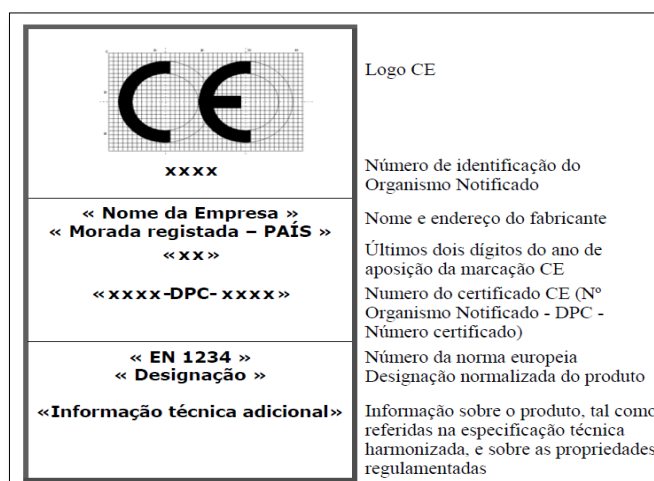


Figura 22: Exemplo de marcação CE;

Fonte: Camões e Ferreira (2006, p. 13)

Quando um dado produto de construção é inovador, e caso não existam normas harmonizadas aplicáveis ou não possa ser elaborada uma norma europeia para esse produto, o fabricante deve solicitar a elaboração de uma aprovação técnica europeia (ETA – European Technical Approval) a um organismo aprovado, (no caso de Portugal, ao LNEC). Tal documento técnico visa avaliar o provável desempenho do produto face às suas condições de utilização (Camões e Ferreira, 2006, p. 9).

A elaboração da ETA segue os princípios estabelecidos em Guias de orientação preparados para famílias de produtos (ETAG) pela European Organization for Technical Approval – EOTA. Quando não se justifica a elaboração de um Guia ETAG para uma família de produtos então a EOTA elabora um CUAP – Common Understanding of Approval Process, documento específico para o produto em causa (Camões e Ferreira, 2006, p. 9).

V.3 – Levantamento das soluções existentes

Neste subcapítulo apresenta-se uma classificação geral, quanto à origem e forma de obtenção dos principais materiais com utilização no isolamento térmico de edifícios, descrevem-se as características mais importantes desses materiais, mencionando ainda as

normas aplicadas a cada material e se este possui a marcação CE. Segundo, Santos e Paiva (1990), Santos (1993) e Lopes (1994) os materiais isolantes térmicos podem ser classificados de acordo com a sua natureza, como isolantes vegetais, isolantes sintéticos, isolantes minerais e isolantes mistos. De seguida em cada uma das classificações atrás mencionadas são enunciados alguns materiais isolantes existentes no mercado.

Isolantes vegetais:

- Aglomerado expandido de cortiça;
- Aglomerado de fibras de madeira;
- Aglomerado de partículas de madeira;
- Aglomerado de aparas de madeira;
- Aglomerado de fibras de linho;
- Fibras celulósicas.

Isolantes sintéticos:

- Poliestireno expandido moldado;
- Poliestireno expandido extrudido;
- Espumas rígidas de poliuretano e de poli-isocianurato;
- Espumas de ureia-formaldeído;
- Espuma rígida fenólica;
- Espuma rígida de cloreto de polivinilo.

Isolantes minerais:

- Fibras minerais (lã de rocha e vidro);
- Argila expandida;
- Betões leves (Betão celular autoclavado);
- Vermiculite expandida;
- Perlite expandida;
- Espuma de vidro.

Isolantes mistos:

- Grânulos de cortiça envolvidos em argamassa de cimento;
- Grânulos de argila expandida envolvidos em betume;
- Perlite expandida + poliuretano;
- Perlite expandida + lã de rocha;
- Fibras e partículas de madeira aglutinadas com cimento;
- Betões e argamassas de inertes leves.

V.3.1 – Isolantes vegetais

As fibras orgânicas de maior utilização em Portugal no setor da construção são: o aglomerado de cortiça expandida e a fibra de côco (Mendonça, 2005, p. 61).

V.3.1.1 – Produtos de Cortiça

Eires (et al.), (2005) alega que “a cortiça, casca da planta *Quercus Suber L*, vulgo sobreiro, é secularmente conhecida pela sua reduzida densidade, elasticidade, compressibilidade, impermeabilidade e eficiência como isolante térmico, acústico e vibrátil.”

“A estrutura celular da cortiça é constituída por diminutas células prismáticas fechadas, que encerram no seu interior uma mistura de ar e de azoto” (Labrincha, 2006, p. 31).

Realçando esse facto, Gil (1998) (*cit. in* Gil, 2007, p. 18) defende que:

As paredes celulares são constituídas por uma base estrutural de lenhina e celulose com suberina e polifenóis e ainda com ceras extratáveis. A parede celular das células de cortiça apresenta cinco camadas: duas de natureza celulósica que forram as cavidades celulares; duas mais interiores suberificadas (com suberina e ceras; conferem impermeabilidade) e uma camada média lenhificada (que confere rigidez e estrutura).

O aglomerado de cortiça expandida resulta da aglutinação de granulados compactados e ligados sem utilização de quaisquer produtos químicos, apenas com a sua própria resina, sob o efeito de pressão e temperatura (figura 23).



Figura 23: Processo Industrial Natural;

Fonte: [adaptado de Amorim Isolamentos (2011, p.8)]

A nível do isolamento, as possibilidades de emprego do aglomerado de cortiça expandido na construção civil são, segundo Gil (1998) (*cit. in Gil, 2007, p. 43*):

- a) Açoteias e terraços - isolamentos térmicos, de vibrações, de condensação de humidade, impermeabilização;
- b) Muros e telhados - isolamento térmico, prevenção de condensações;
- c) Tabiques e portas - isolamento térmico e acústico;
- d) Paredes e tetos - correção acústica, isolamento térmico, conforto ambiental, decoração;
- e) Solos - isolamento vibrátil e térmico;
- f) Pontes - isolamento térmico, juntas de descontinuidade/dilatação.

È de salientar que mais recentemente, o aglomerado de cortiça expandido é utilizado para isolamento e revestimento de fachadas exteriores (para mais informações ver V.3.1.1.1).

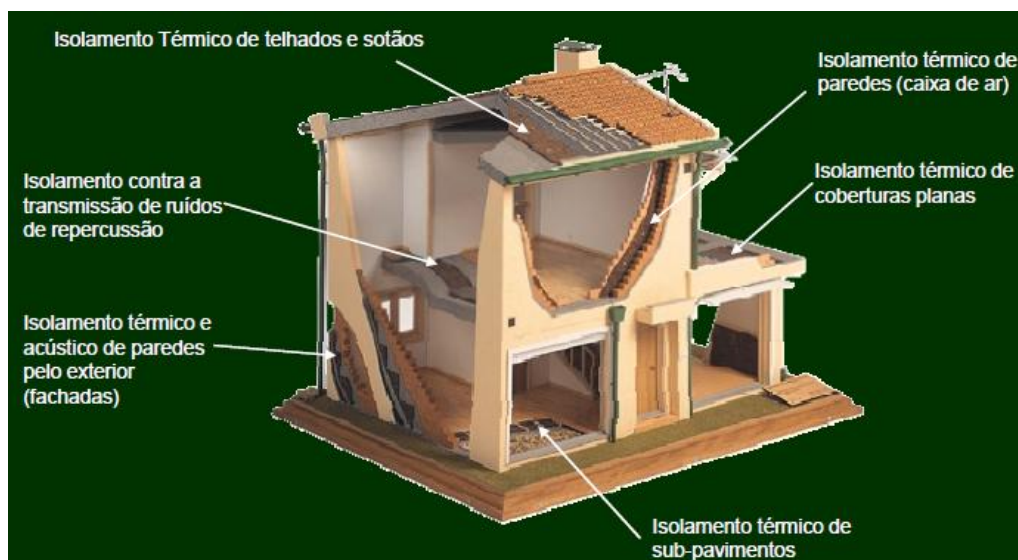


Figura 24: Isolamento Térmico | Acústico | Antivibrático - Principais Aplicações;

Fonte: Amorim Isolamentos (2011, p.13)

Segundo, Apcor (2010, p. 8) as **vantagens do aglomerado de cortiça expandido** são:

- Matéria-prima renovável e 100% natural;
- Durabilidade ilimitada, sem perda das suas características;
- Totalmente reciclável;
- Excelente estabilidade dimensional (mesmo quando sujeita a elevadas variações térmicas);
- Baixo consumo energético (93% de cortiça, 7% de eletricidade).

Para além das vantagens atrás enunciadas, Labrincha (2006, p. 32) descreve mais duas:

- Imputrescível;
- Resistente á compressão.

Seguidamente são enumeradas algumas desvantagens do aglomerado de cortiça expandido, em que um dos inconvenientes do seu uso é a inexistência de encaixes nas placas, quando a caixa de ar não é preenchida totalmente na sua colocação, pode trazer problemas ao nível de pontes térmicas e acústicas. Quando comparado com outros materiais de isolamento, o peso das placas torna-se um inconveniente, sendo relativamente mais pesado face aos demais. Sendo um material combustível, é necessário salvaguardar a sua proteção ao fogo em caixas de ar, nomeadamente em edifícios de vários pisos, para impedir a propagação de incêndios entre pisos (Labrincha, 2006, p. 32).

V.3.1.1.1 – Aglomerado de cortiça expandido (aplicado pelo exterior)

No Dossier Eficiência Energética, a Associação Portuguesa dos Comerciantes de Materiais de Construção (APCMC, 2010, p. 70) alega que:

O aglomerado de cortiça produzido por Amorim Isolamentos, S.A. está em fase de enorme evolução em termos técnicos e mesmo de adaptação aos projetos de rigor Arquitetónico, bem como resposta às exigências de sustentabilidade. Graças à evolução do processo produtivo, este aglomerado produzido por Amorim Isolamentos, S.A. teve uma evolução em termos qualitativos, garantindo um valor lambda bastante melhor do que há alguns anos, ou seja melhor isolante e mantendo naturalmente intactas as suas propriedades de material 100% natural e de durabilidade praticamente ilimitada, mantendo todas as suas características técnicas.

A APCMC (2010, p. 70) destaca ainda que devido à evolução das propriedades deste material, a sua utilização para isolamento e revestimento de fachadas exteriores é agora possível. Este tipo de aplicação, já é visível em projetos da autoria de Arquitetos conceituados e também em obras emblemáticas, sendo a mais recente o Pavilhão de Portugal na EXPO2010 em Shanghai (China).

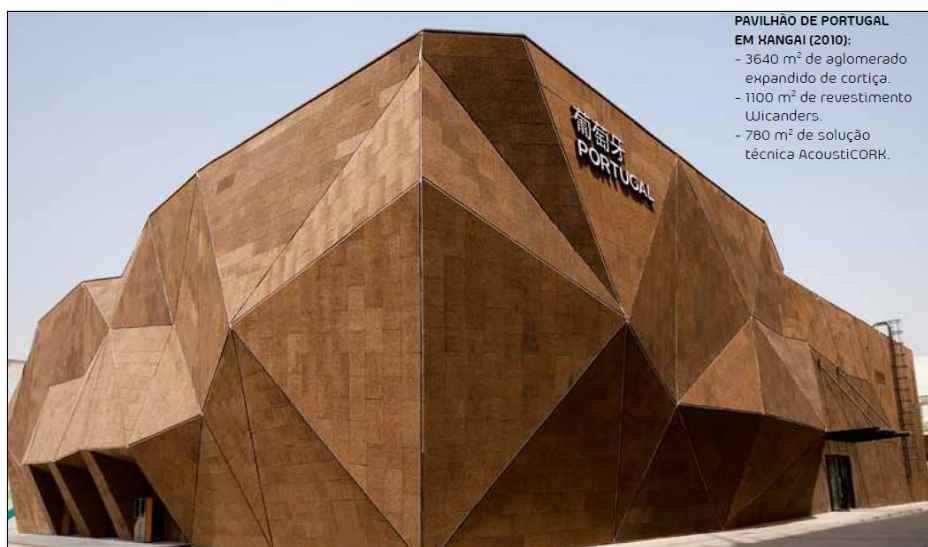


Figura 25: Pavilhão de Portugal em Shanghai (2010);

Fonte: AA (2011, p. 43)

Segundo, BCORK (2011b) soluções sustentáveis de cortiça para a construção:

O Pavilhão de Portugal da Expo Shanghai 2010 foi distinguido com o “Prémio de Design”, atribuído pelo Bureau International des Exhibitions, um prémio que avalia a fachada e decoração exterior do pavilhão, o desenho arquitetónico, as técnicas de construção usadas e a sua relação com o tema da Expo2010, “Better City, Better Life” (Melhores Cidades, Melhor Qualidade). Inteiramente revestido de cortiça, cedida pela Corticeira Amorim, o Pavilhão de Portugal foi distinguido na categoria de pavilhões com áreas inferiores a 2000 m², a par de países como a Finlândia (entre 2000 e 4000 m²) e o Reino Unido (mais de 4000 m²).

De acordo com BCORK (2011c), o produto aplicado no Pavilhão de Portugal 2010 (Shanghai/China) foi o “MDFachada” (figura 26).

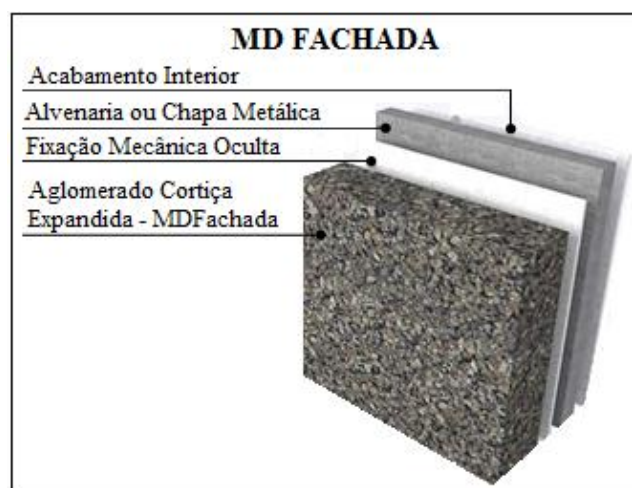


Figura 26: Paredes Exteriores: Revestimento;

Fonte: [adaptado de BCORK (2011d)]

De acordo com Aipex (p. 23), desde maio de 2003, os fabricantes e aplicadores de isolamentos térmicos são obrigados a usar a Marcação CE, a partir da conformidade às normas harmonizadas EN. A cortiça expandida (ICB) é um produto de isolamento térmico que se encontra abrangido por tais normas, de acordo com o LNEC (2011), a Norma Europeia referente a este produto é a EN 13170.

V.3.1.2 – Fibra de Côco

“A fibra de côco é oriunda da Índia e Sri Lanka, e começou a ser introduzida na Europa após a chegada dos portugueses à Índia” (Mendonça, 2005, p. 62).

Pertencente à família das fibras duras, tem como principais componentes a celulose e o lenho que lhe conferem elevados índices de rigidez e dureza, esta pode ser utilizada como isolamento térmico e acústico, conseguindo-se um produto com elevada eficácia, quando agregado ao aglomerado de cortiça expandida (Mendonça, 2005, p. 62).



Figura 27: Amostra de fibra de côco e aglomerado de cortiça expandida;

Fonte: Samagaio (2006, p. 28)

Para Labrincha (2006, p. 31) as **vantagens da fibra de côco** são:

- Ecológico e facilmente reciclável;
- Rígido e duro, devido aos componentes: celulose e lenhina;
- Versátil, devido à sua resistência, durabilidade e resiliência;
- Reduz substancialmente os níveis sonoros, quer de impacto, quer aéreos.

Para além das vantagens referidas anteriormente, Samagaio (2006, p. 28), alega que:

A fibra de côco tem origem parcialmente nacional; é um recurso natural e sustentável; é resistente à humidade; pode ser manuseado sem perigo para a saúde; tem um tempo de vida grande; é ambientalmente seguro e biodegradável.

Já no que diz respeito às desvantagens, tal como o aglomerado de cortiça expandido a inexistência de encaixes nas placas, requer cuidados especiais aquando a sua colocação. Devido à sua rigidez e dureza, torna-se difícil o corte das mantas, causando forte desgaste das lâminas de corte e brocas convencionais, outro dos inconvenientes é de ser um material combustível (Labrincha, 2006, p. 31).

V.3.1.3 – Fibras e partículas de madeira aglutinadas

Outro produto usado a nível de isolamento térmico de edifícios, são as designadas placas de fibra linho-celulósicas, no entanto em Portugal a sua utilização é desconhecida. O processo de fabrico das placas de fibra linho-celulósicas baseia-se numa primeira fase em partículas de madeira submetidas a um processo de fibragem mecânica sob a ação de vapor, misturadas à posteriori com água e, eventualmente, ligantes e aditivos, sendo submetidas a um processo industrial de transformação que lhes dará o acabamento final e apresentação do respetivo produto (placas rígidas ou semirrígidas) (Labrincha, 2006, p. 32).

Segundo, Labrincha (2006, p. 32) a massa volúmica deste tipo de produtos é da ordem de 200Kg/m^3 e a condutibilidade térmica da ordem de $0.050\text{ W/m}^\circ\text{C}$. A absorção de água e o comportamento ao fogo dos produtos não aditivados, não é muito satisfatória, obrigando à sua proteção face à ação daqueles agentes.

As placas de fibras de madeira mineralizadas e aglomeradas (WW), ou conforme denominação noutros países como “lã de madeira” (wood wood) ou “betão de fibras de madeira” (béton de fibres de bois), tem diversas aplicabilidades a nível de isolamento térmico de edifícios, quer pelo interior e exterior, desempenhando ainda a função de cofragem perdida isolante (em pavimentos e outros elementos de betão moldado). O processo de fabrico deste tipo de placas, passa numa primeira fase pela mistura de fibras de madeira selecionadas com um ligante hidráulico, geralmente magnesite, cimento ou uma mistura de cimento e de cal. Seguidamente à preparação e mineralização das fibras, advém a sua mistura com o ligante, moldagem e compressão até à espessura final pretendida. Com vista ao aumento da competitividade do ponto vista do isolamento térmico, diversos fabricantes oferecem soluções de painéis compostos, constituídos por

placas de WW (associadas por colagem) a placas de poliestireno expandido moldado (EPS), de lã mineral (MW) ou de outros isolantes térmicos (Labrincha, 2006, p. 33).

A fibra de madeira (WF) e lã de madeira (WW) são produtos de isolamento térmico que se encontram abrangidos pelas normas harmonizadas EN, de acordo com o LNEC (2011), a Norma Europeia relativa à fibra de madeira (WF) é a EN 13171, já para a lã de madeira (WW) é a EN 13168.

V.3.1.4 – Fibras celulósicas

As fibras celulósicas são obtidas a partir da reciclagem de produtos celulósicos, especialmente papel de jornal não vendido ou usado, é um material utilizado em diversos países no isolamento térmico de edifícios. A empresa Biohabitat é um exemplo vivo do uso deste tipo de isolamento térmico, em Portugal (Labrincha, 2006, p. 33).

De acordo com Rocha (2000) (*cit. in* Eires, 2006, p. 35) a celulose é um composto orgânico complexo, de carbono, oxigénio e hidrogénio. As fibras celulósicas apresentam estrutura tubular que incha quando impregnada de água, formando uma polpa flutuante. Separada e espremida essa pasta, as suas fibras auto aderem, constituindo o seu próprio aglutinador.

O processo de fabrico das fibras celulósicas baseia-se na trituração do papel, transformando-o em partículas fibrosas mais pequenas. Durante este processo de trituração, são adicionados aditivos, com vista a um melhoramento do comportamento das fibras face às ações do fogo, e eventualmente, dos agentes biológicos. São vários os processos de aplicação dos aditivos, um deles é por via húmida e outra correntemente mais utilizada, sob a forma de pó (Labrincha, 2006, p. 33).

O produto Isofloc é líder europeu em isolamento de celulose e líder mundial em qualidade, sendo uma mais valia evidenciar as vantagens do uso da celulose como material isolante, quer a nível térmico como acústico.

Segundo, Biohabitat (2009, p.2) “o Isofloc é um material de isolamento térmico e acústico, à base de celulose (91%) e sais de boro (9%), semelhante ao algodão e à lã. Este tipo de isolamento à base de celulose, tem a capacidade de absorver e regular a humidade no interior das habitações, proporcionando um ambiente agradável”, podendo ser aplicado tanto na reabilitação de construções antigas,

como no isolamento de novas construções, as possibilidades de emprego do Isofloc, a nível do isolamento são respetivamente: Paredes, pavimentos, coberturas e isolamento exterior e interior, podendo ser projetado ou injetado, adaptando-se à especificidade de cada estrutura.

Relativamente às **vantagens do uso da celulose** como material isolante (ex: Isofloc) a Biohabitat (2009, p. 3) enuncia que este é:

- Recurso natural de origem vegetal;
- Material sustentável: O Isofloc é fabricado com o papel de jornal das sobras das tiragens, procedendo-se à sua reciclagem, a fibra de celulose de que são feitos os jornais, é uma das matérias-primas clássicas e renováveis.
- Pode ser manuseado sem perigo para a saúde: O ministério da Saúde Alemão classifica o material Isofloc como sendo não venenoso (ou livre de qualquer tipo de veneno).
- Baixo conteúdo energético: O balanço energético do Isofloc é 36 vezes inferior ao de outros isolantes, e eleva-se a 4940MJ/ 1000Kg.

Tabela 7: Conteúdo energético Isofloc;

Fonte: Biohabitat (2009, p. 3)

Despesas de energia para o fabrico de vários materiais de isolamento:	Energia (kWh/kg)	Energia (kWh/m³)	Densidade Insuflação (kWh/m³)
ISOFLOC	1,2	58	50
Lã Mineral	4,7	128	27
Lã de Vidro	8,9	178	20
Painéis Isolantes em Fibra de Madeira	4,2	709	170
Poliestireno Expandido	26,4	396	15
Poliuretano Expandido	27,8	834	30

- Comportamento térmico: Devido aplicação por insuflação com recurso a ar comprimido, a lã de celulose adapta-se às formas dos espaços, vedando todas as fendas, orifícios ou quaisquer pontos de descontinuidade. Proporcionando uma alta proteção contra o frio no inverno e uma eficaz vedação ao vento, devido à sua elevada densidade. Devido à sua estrutura celular, pelo valor elevado da relação peso/volume, e capacidade de armazenamento calor (elevado calor específico), este material distingue-se dos outros isolamentos térmicos (Biohabitat, 2009, p. 5).
- Comportamento acústico: A alta densidade após insuflação, a capacidade de preenchimento de todas as fendas e furos (originados por tubos, cabos, tomadas...) e

a continuidade do material faz da celulose um ótimo isolante a sons aéreos. Envolvendo tubos, fios, e todo o tipo de “acidentes” no interior da parede, o isolamento de celulose assegura uma elevada performance, sendo muito vocacionado para projetos de isolamento e correção acústica em habitações, entre apartamentos em edifícios, bem como em espaços públicos (Biohabitat, 2009, p. 6).

Segundo, Labrincha (2006, p. 34) nos Estados Unidos da América, Reino Unido e Países Nórdicos, as fibras celulósicas conhecem uma grande divulgação na reabilitação térmica de desvãos não-acessíveis de coberturas inclinadas, constituindo em conjunto com as fibras minerais a solução mais utilizada. Quanto à aplicação, esta pode ser feita manual ou mecanicamente, por insuflação pneumática com equipamentos apropriados.

V.3.2 – Isolantes sintéticos

V.3.2.1 – Poliestireno expandido (EPS)

Mendonça (2005, p. 59) refere que “o Poliestireno é um termoplástico, o que significa que se molda através de calor e que teoricamente poderá ser novamente sintetizado e portanto é um material reciclável. Mas só será possível reciclar se este for puro e não tiver outros componentes aditivados, o que só acontece geralmente no caso do Poliestireno expandido.”

O Poliestireno Expandido tem como sigla internacional o EPS (Expanded Polystyrene), sendo conhecido em Portugal, sob o nome de Esferovite e mais conhecido no Brasil pelos nomes comerciais Isopor e Estiropor. A matéria-prima do EPS é o poliestireno (PS) expansível. O PS expansível, um polímero de estireno que contém um agente expensor e é obtido, a partir do petróleo, por meio de diversas transformações químicas. Nas instalações dos produtores de EPS, a matéria-prima é sujeita a um processo de transformação física, já não alterando as suas propriedades químicas. De acordo com ACEPE (2005, p. 6 a 12) essa transformação processa-se em três etapas:

- A pré-expansão: Os grânulos de poliestireno expansível são submetidos a um processo inicial de pré-expansão através de aquecimento por contacto com vapor de água. O agente expensor incha o PS para um volume cerca de 50 vezes maior do original. Resultando um granulado de partículas de EPS constituídas por pequenas células fechadas, que é armazenado para estabilização.

- Armazenamento intermediário: Durante esta fase de estabilização, o granulado de EPS arrefece o que cria uma depressão no interior das células. Ao longo deste processo o espaço dentro das células é preenchido pelo ar circundante.
- Moldagem: O granulado estabilizado é introduzido em moldes e novamente exposto a vapor de água, o que provoca a soldadura do mesmo, obtendo-se assim um material expandido, que é rijo e contém uma grande quantidade de ar.

Seguidamente são referenciadas algumas das vantagens e inconvenientes do Poliestireno expandido (EPS):

Uma das características do EPS é a sua excepcional leveza, devido ao avanço da tecnologia de fabricação deste produto, o EPS é efetivamente 98% de ar capturado, em 2% de uma matriz celular (EUMEPS, 2009) e (BPF, 2008). A estrutura de células fechadas, cheia de ar, dificulta a passagem de calor, o que confere ao EPS um grande poder isolante, apresentando uma baixa condutibilidade térmica. Outra das vantagens inerentes a este produto é a sua elevada resistência mecânica e estabilidade estrutural, o EPS apresenta baixa absorção de água e menos sensível à humidade face aos demais materiais, este é um material não higroscópico, mesmo quando imerso em água, o EPS absorve apenas pequenas quantidades de água, mantendo as suas características térmicas e mecânicas mesmo sob a ação da humidade (ACEPE).

Segundo, European Manufacturers of Expanded Polystyrene (EUMEPS, 2009, p. 20) “o poliestireno expandido é um dos produtos mais resistentes aos efeitos adversos devido à humidade de todos os materiais utilizados para aplicações de isolamento (figura 28) ”.

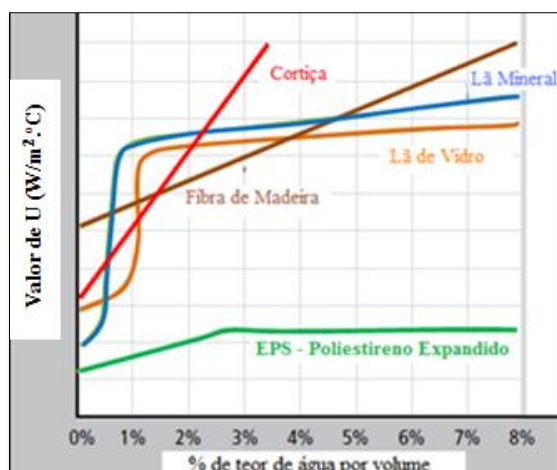


Figura 28: O efeito da humidade em materiais isolantes;

Fonte: [adaptado de ASHRAE e Instituto Internacional Refrigeração (cit. in EUMEPS, 2009, p. 20)]

Outra das características deste produto é a resistência ao envelhecimento, segundo (ACEPE) e (BPF, 2008) o EPS não apodrece nem ganha bolor, não constituindo substrato ou alimento para o desenvolvimento de animais ou microrganismos. A (EUMEPS, 2009, p. 21) refere-se a um programa teste patrocinado pela European Power Supply Manufacturers Association (EPSMA), em janeiro de 2004 nos EUA, avaliando a prestação do EPS à resistência ao mofo. O teste foi realizado pela Empresa SGS Testing U.S, aplicando a ASTM C1338 "Método padrão para determinar a resistência dos fungos de materiais de isolamento e revestimentos. O teste submeteu o EPS a cinco fungos específicos para verificar se existia crescimento, os resultados mostraram que, em um laboratório sob condições ideais, os fungos não cresceram. Outra das características do EPS é a compatibilidade deste produto com a maioria dos materiais correntemente utilizados na construção de edifícios, tais como cimento, gesso, cal e água, sem existência de alterações "resistente quimicamente", no entanto o EPS é um material facilmente inflamável e tem uma má prestação como isolante acústico. (ACEPE) e (EUMEPS, 2009).

– Seguidamente apresenta-se um resumo das mais variadas aplicações do EPS:

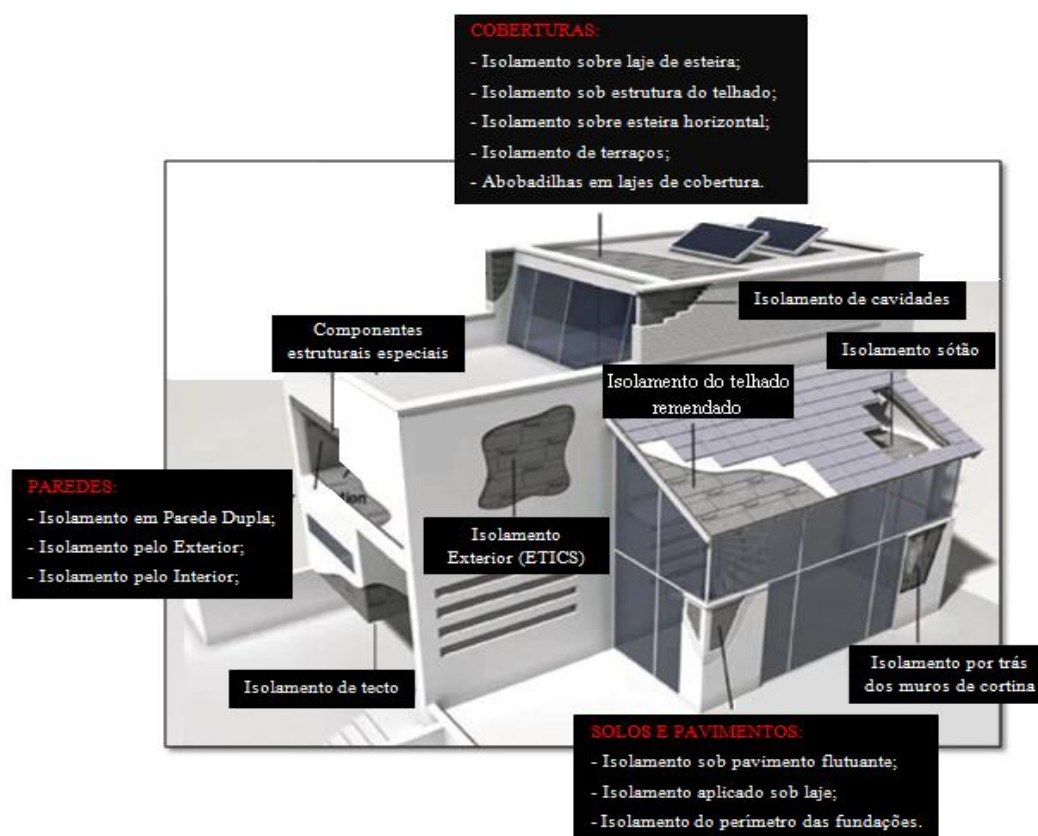


Figura 29: Aplicações EPS;

Fonte: [adaptado de EUMEPS (2009, p. 22)]

O EPS é um produto de isolamento térmico que se encontra abrangido pela norma harmonizada EN, de acordo com o LNEC (2011), a Norma Europeia relativa ao poliestireno expandido (EPS) é EN 13163.

V.3.2.2 – Poliestireno extrudido (XPS)

Segundo a Associação Ibérica de Poliestireno Extrudido (Aipex, p. 37):

O poliestireno extrudido é uma espuma rígida, isolante, de carácter termoplástico e de estrutura celular fechada. Pela sua natureza e características técnicas fornece aos elementos construtivos onde se introduz notáveis vantagens.

Principais características do poliestireno extrudido (XPS):

Devido à estrutura celular totalmente fechada do poliestireno extrudido, este material proporciona excelentes prestações face à absorção de água e como isolante térmico. Outra das características do XPS é a sua elevada resistência mecânica, devido à grande homogeneidade das células. Relativamente à reação ao fogo, o poliestireno extrudido contém ignífugos que contribuem para a resistência ao fogo, tornando-se num produto de Euroclasse E, auto-extinguível sem a presença de gotas o que evita a propagação de chamas em caso de incêndio (Aipex, p. 37).

Para além destas vantagens o poliestireno extrudido (XPS) apresenta grande resistência à transmissão de vapor de água, imputrescibilidade, facilidade de instalação, resistência ao manuseamento de obra (Dutra, 2010).

De acordo com Mendonça (2005, p. 60):

O Poliestireno extrudido (XPS) tem a vantagem de ser mais uniforme do que o EPS, uma vez que as suas células são de menor dimensão e por isso apresenta superfícies mais compactas e uniformes, tendo uma maior resistência mecânica e durabilidade.

As aplicações mais frequentes do XPS são especificamente ao nível de coberturas, fachadas e pavimentos.

A Associação Ibérica de Poliestireno Extrudido (Aipex, p. 42) alega que para as coberturas planas o XPS é o material isolante que apresenta melhor comportamento face à humidade, este não sofre danos devido às variações de temperatura e tem uma grande resistência à compressão. Já para as coberturas inclinadas a (Aipex, p. 48) refere que o poliestireno extrudido é uma boa solução, pois o isolante ideal para esta aplicação deve possuir não só uma elevada capacidade de isolamento térmico e uma ótima resistência à compressão, mas também excelentes características no seu comportamento face à humidade, como é o caso deste material.

Ao nível de fachadas, de acordo com Aipex (p. 52) o uso de placas térmicas de espuma rígida de XPS para o isolamento de paredes exteriores incrementa o conforto de habitabilidade e reduz o risco de condensações, mencionando também a sua aplicação em paredes isoladas pelo interior e duplas.

Relativamente aos pavimentos (Aipex, p. 60) refere que “a utilização de placas isolantes rígidas de XPS em isolamento de pavimentos, proporciona, entre outras vantagens, poupar energia em climatização, uma vez que se considera cerca de 15-20% das perdas de calor no edifício se produzem através do pavimento. Os tipos de placas de poliestireno extrudido utilizadas normalmente no isolamento de pavimentos são de 300, 500 e 700 kPa (estes dois últimos no caso de estarem submetidas a cargas importantes, como por exemplo em pavimentos industriais, com trânsito de veículos e maquinaria pesada) de resistência mínima à compressão.”

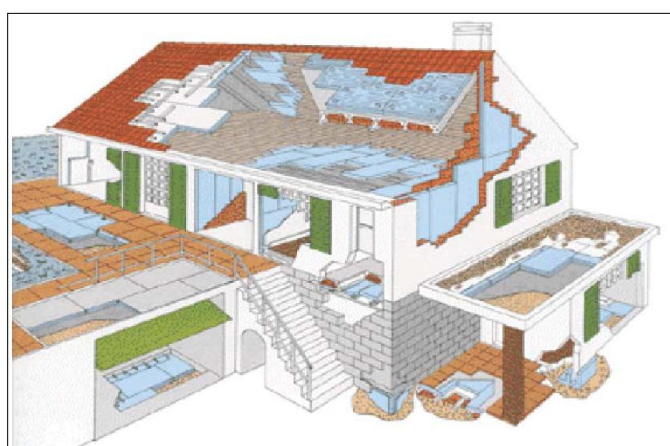


Figura 30: Resumo de aplicações do Poliestireno Extrudido (XPS);

Fonte: Lucas (2008, p. 64)

O XPS é um produto de isolamento térmico que se encontra abrangido pela norma harmonizada EN, de acordo com o LNEC (2011), a Norma Europeia relativa ao poliestireno extrudido (XPS) é EN 13164.

V.3.2.3 – Espumas rígidas de poliuretano (PUR)

Mendonça (2005, p. 58) alega que as espumas rígidas de poliuretano (PUR) e de poliisocianato (PIR) “são polímeros termoestáveis, o que significa que só podem ser sintetizados uma vez e não poderão ser reciclados, já que as ligações entre as suas moléculas são muito fortes e não poderão ser desfeitas sem consequências irreversíveis.”

O poliuretano é um produto sólido, com textura de espuma, e aparência entre a cortiça e o poliestireno expandido. É obtido a partir da reação química, que ocorre quase que instantaneamente, entre dois compostos químicos líquidos. Um dos compostos químicos é um ativador da reação, (conhecido por MDI – Isocionato) e o outro é um composto químico conhecido como polioli.

Segundo, Labrincha (2006, p. 36) “estas espumas rígidas apresentam uma estrutura celular predominantemente fechada, formada por células poliédricas preenchidas com um gás de expansão de peso molecular elevado – tradicionalmente o triclourofluorometano (R11) – que lhes confere uma condutibilidade térmica bastante reduzida. A difusão progressiva deste gás para o exterior, o qual é em parte substituída por ar no interior das células do poliuretano, provoca o aumento progressivo da condutibilidade térmica deste material, fenómeno designado por “envelhecimento”. Os componentes básicos dos poliuretanos podem também ser injetados e expandidos diretamente no interior de elementos de construção, em fábrica ou em obra, ou ainda ser projetados até se atingir a espessura final pretendida sobre a superfície a isolar termicamente”.

Oertel (1993) (*cit. in* Bolsoni, 2008, p. 22) refere que a espuma de poliuretano apresenta menor coeficiente de condutividade térmica, quando comparado com outros isolantes térmicos, nomeadamente a cortiça, lã de vidro, lã de rocha, poliestireno expandido e madeira, fator este que indica melhor propriedade de isolamento térmico.

Tabela 8: Propriedades térmicas de isolantes térmicos (condutibilidade térmica - Poliuretano);

Fonte: Vilar (2002) (*cit. in* Bolsoni, 2008, p. 22)

Material	Densidade (kg/m ³)	Condutividade térmica a 24°C (W/mK)
Espuma de poliuretano	32	0,017
Poliestireno expandido	16	0,035
Lã de vidro	65-160	0,037
Lã de rocha	100-300	0,046
Cortiça	220	0,049
Madeira (pinho)	350-500	0,112

Através da figura em baixo observa-se que a espessura necessária para se alcançar a mesma condutibilidade térmica, varia consideravelmente consoante o tipo material.

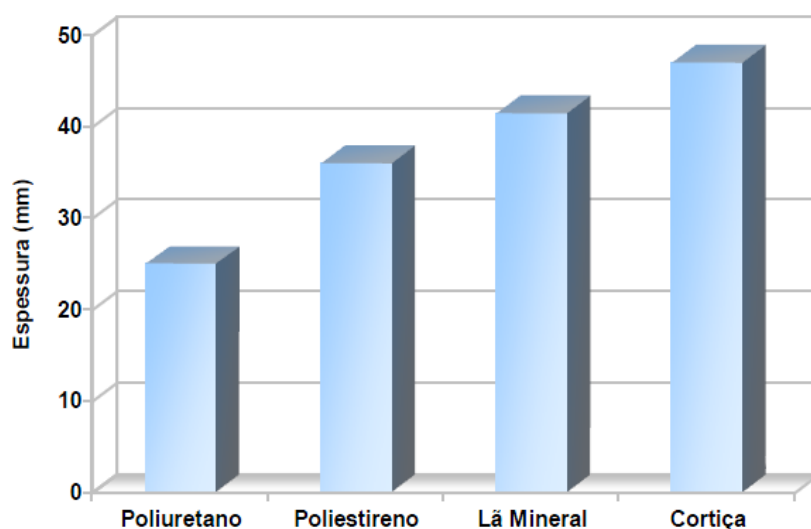


Figura 31: Gráfico comparativo das espessuras de diferentes materiais para obter a mesma condutibilidade térmica;

Fonte: Poliuretano (2003) (*cit. in* Bolsoni, 2008, p. 23)

Mendonça (2005, p. 58) expõe que as **vantagens do Poliuretano (PUR)** são “a sua baixa condutibilidade e a adesão automática, durante a produção *in situ*, à maior parte das superfícies de elementos construtivos, sendo também uma solução com um custo de transporte muito reduzido.”

Já Dutra (2010, p. 18) menciona que o Poliuretano (PUR):

Evita condensações, não atrai insetos nem roedores, apresenta baixa permeabilidade ao vapor de água, boa resistência aos produtos químicos, e é um material imputrescível.

Relativamente às **desvantagens do Poliuretano (PUR)**, Mendonça (2005, p. 58) enumera duas, que são “o elevado custo ambiental e a libertação de CO₂ em obra”.

O PUR é um produto de isolamento térmico que se encontra abrangido pela norma harmonizada EN, de acordo com o LNEC (2011), a Norma Europeia relativa ao poliuretano em prancha rígida (PUR) é EN 13165.

V.3.2.4 – Espumas rígidas de poli-isocianurato (PIR)

Segundo, Mendonça (2005, p. 59):

As espumas de poli-isocianurato (PIR) diferem da espuma de PUR apenas na percentagem em que os componentes primários, polioliol e isocianato são misturados. As espumas de PIR são utilizadas apenas pela sua superior estabilidade térmica e reação ao fogo, uma vez que se formam cadeias mais estáveis. Por isso, a produção do PIR torna-se mais cara, enquanto a espuma de PUR se decompõe a cerca de 250°C, a espuma de PIR aguenta até 350°C.

Alteando esse facto, API (2003) (*cit. in* Bolsoni, 2008, p. 23) alega que “as espumas de poli-isocianurato possuem excelente comportamento anti-chama, sendo a sua utilização mais apropriada para propósitos de isolamento em altas temperaturas.”

Refere-se em seguida alguns produtos utilizados em diversos países no isolamento térmico de edifícios com origem em materiais celulares sintéticos de origem orgânica.

V.3.2.5 – Espuma de ureia-formaldeído (UF)

Segundo, Labrincha (2006, p. 37) “as resinas de ureia-formaldeído são obtidas por poli-condensação da ureia com uma solução aquosa de formol.” A utilização das espumas de ureia-formaldeído (UF) para isolamento térmico de paredes e desvãos não habitados, consiste no fabrico *in situ* da espuma de UF com recurso a equipamento especializado, pois após endurecimento, estas espumas apresentam uma estrutura celular parcialmente aberta, com uma massa volúmica que ronda a ordem dos 9 a 12 kg/m³, sendo um material que se fragmenta facilmente, este equipamento especializado realiza a mistura dos componentes com ar comprimido e injeta a espuma de UF no espaço intermédio da parede dupla ou sobre a esteira do desvão.

V.3.2.6 – Espuma rígida fenólica (PF)

Este tipo de material é o menos comum no isolamento em construção, a sua principal utilização é sob a forma de painéis “sandwich”. As espumas rígidas fenólicas são resinas obtidas por poli condensação, em meio básico, de fenóis com aldeídos ou cetonas, com introdução de um agente de expansão, geralmente o triclorofluormetano (R11) que lhe confere uma baixa condutibilidade térmica. O elevado número de

ligações cruzadas que caracterizam a sua estrutura conferem-lhe um bom comportamento ao fogo. A nível de isolamento térmico de espaços de ar de paredes duplas conhece-se a utilização de grânulos que surgem do aproveitamento de desperdícios da sua produção (Labrincha, 2006, p. 38).

Uma das vantagens da espuma rígida fenólica (PF) é a sua boa resistência ao fogo que devido à sua estrutura tem uma combustão lenta. Para além de tal característica este material liberta quantidades pouco significativas de produtos voláteis inflamáveis, de fumos opacos e de gases de toxicidade elevada. Uma das desvantagens deste material é o seu elevado preço devido à sua difícil produção (Labrincha, 2006, p. 38).

A resina fenólica (PF) é um produto de isolamento térmico que se encontra abrangido pela norma harmonizada EN, de acordo com o LNEC (2011), a Norma Europeia deste produto é EN 13166.

V.3.2.7 – Espumas rígidas de policloreto de vinilo (PVC)

De acordo com o Instituto do PVC “o PVC é um material plástico que não é 100% originário do petróleo. Contém, em peso, 57% de cloro (derivado do cloreto de sódio – sal de cozinha) e 43% de eteno (derivado do petróleo)”.

O Instituto do PVC refere que:

– A partir do sal marinho, pelo processo de eletrólise, obtém-se o cloro, soda cáustica e hidrogénio. A eletrólise é a reação química resultante da passagem de uma corrente elétrica por água salgada. Obtendo-se o cloro, que representa 57% da resina de PVC produzida.

– O petróleo, que representa apenas 43% desta resina, passa por um processo mais longo. O primeiro passo é uma destilação do óleo cru, obtendo-se a nafta leve. Esta passa, então, pelo processo de craqueamento catalítico, gerando-se o eteno. O DCE (dicloro etano) é produzido através da reação entre o cloro e o eteno, que se encontram na fase gasosa. A partir do DCE, obtém-se o MVC (mono cloreto de vinila, unidade básica do polímero). As moléculas de MVC são submetidas ao processo de

polimerização, formando assim o PVC, que é um pó muito fino, de cor branca e totalmente inerte (figura 32).

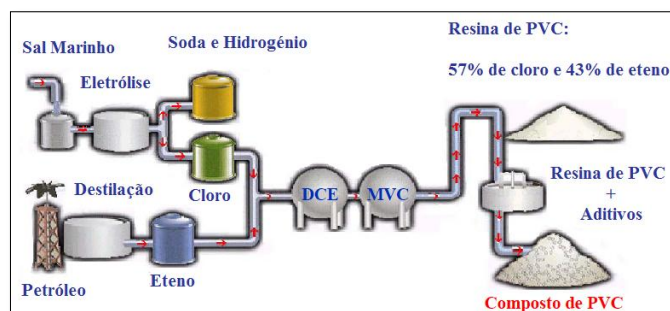


Figura 32: Fluxograma do fabrico do PVC;

Fonte: [adaptado de Instituto do PVC]

Segundo o (Instituto do PVC, a) “PVC é o segundo plástico mais produzido em todo o mundo atingindo, atualmente, um volume anual de aproximadamente 25 milhões de toneladas”. As propriedades do PVC tornam o material apropriado para aplicações de longa vida, principalmente os usados na construção civil. É fácil encontrar produtos de PVC com tempo de vida útil de, no mínimo 50 anos, chegando aos 100 anos em muitos casos.

O (Instituto do PVC, a) alega que 65 a 70% de todo o PVC é usado no setor da construção civil. Para além de ter uma vida longa, tem excelentes propriedades mecânicas, baixa flamabilidade, resistência à humidade e baixo peso dos produtos na construção civil.

Segundo, (Instituto do PVC, b) “o PVC é 100% reciclável, tendo atingido índice de reciclagem, médio, de 16,5% no Brasil, acima da média da União Europeia, cerca de 14,5%”. Devido ao seu excelente isolamento térmico, o uso em janelas, portas e forros de PVC contribui definitivamente para a economia de energia. No que diz respeito, ao uso de PVC em janelas, o seu poder de isolamento térmico é pelo menos 3 vezes maior que as janelas de alumínio.

Labrincha (2006, p. 39) alega que: O aproveitamento de desperdícios da indústria de produção de placas e de blocos de espuma rígida de PVC deu origem em alguns países, nomeadamente em França, à comercialização de grânulos e de aparas deste material para isolamento térmico de edifícios. A aplicação de grânulos é feita por insuflação com equipamento apropriado, através de pequenos orifícios praticados nos panos interior e exterior da parede dupla, ou ainda pela parte superior da caixa de ar, se esta for aberta e acessível a partir do desvão da cobertura, a condutibilidade térmica dos grânulos de espuma rígida de PVC aplicados nas condições referidas é aproximadamente 0.045 W/m°C.

V.3.3 – Isolantes minerais

V.3.3.1 – Lã Mineral (MW)

V.3.3.1.1 – Lã de vidro

Por possuir ótimas propriedades físicas e químicas, a lã de vidro é um dos isolantes térmicos mais tradicionais e mais utilizados no mundo. A maior utilização deste tipo de produto presencia-se no setor da construção civil, pois contribui bastante para a obtenção do conforto térmico e acústico tanto das edificações comerciais, como também residenciais (Cavalcanti, 2011, p. 7).

A fibra de vidro na construção apresenta-se maioritariamente como material de isolamento em forma de lã de vidro, segundo o portal Met@lica (2011), especializado em arquitetura e construção civil “a lã de vidro é um componente fabricado em alto-forno a partir de sílica e sódio, aglomerados por resinas sintéticas, desenvolvidas especificamente para melhorar o isolamento termo acústico do edifício”.

Este material apresenta boas propriedades térmicas, é incombustível e imputrescível. Para além de tais características tem também a vantagem de servir ao mesmo tempo de isolamento térmico e acústico, apresentando-se como material de isolamento com menor energia incorporada, especificamente nos produtos de menor densidade (Mendonça, 2005, p. 60).

Porém a lã de vidro não é indicada para caixas de ar verticais parcialmente preenchidas, pois não é um material rígido e apresenta-se principalmente sobre a forma de mantas. O perigo de manuseamento é outra das desvantagens, existindo a possibilidade de libertação de fibras para o ar, tornando-se nocivo para as vias respiratórias (Mendonça, 2005, p. 61).

V.3.3.1.2 – Lã de Rocha

A lã de rocha é elaborada a partir de rochas basálticas especiais e outros minerais. Depois de aquecidas a uma temperatura aproximadamente de 1500°C, estes são

transformados em filamentos que, aglomerados com soluções de resinas orgânicas, permitem a fabricação de produtos leves e flexíveis até muito rígidos, dependendo do grau de compactação. Durante o processo de produção as fibras são prensadas na densidade e espessuras desejadas (Met@lica, 2011a).

A lã de rocha é vastamente utilizada nos mais diversos setores do mercado tais como construção civil, industrial, automóvel entre muitos outros, devido às suas características térmicas e acústicas.

Uma das vantagens da lã de rocha é de ser um material incombustível e imputrescível. Apresentando uma estrutura estável e com boa resiliência, recuperando a espessura original, após a retirada da força que causou a sua deformação. Apresenta também uma condutibilidade térmica baixa, permitindo a redução do fluxo (ou troca) de calor entre a superfície interna e externa isolada (Met@lica, 2011a).

È de salientar que a lã de rocha foi classificada no grupo 3 (material não cancerígeno), de acordo ao relatório do IARC (International Agency of Research on Cancer), a IARC esta sediada em Lyon na França e é um órgão que pertence a Organização Nacional da Saúde da ONU.

No que diz respeito à marcação CE dos produtos atrás mencionados, nomeadamente a lã de vidro e lã de rocha estes são dois produtos de isolamento térmico que se encontram abrangidos pela norma harmonizada EN, de acordo com o (LNEC, 2011), a Norma Europeia relativa a estes dois materiais é EN 13162.

V.3.3.2 – Grânulos de argila expandida (LWA)

A produção de argila expandida inicia-se com a extração da matéria-prima no barreiro, seguindo para a fábrica, onde as argilas são selecionadas e submetidas a uma preparação prévia para a conformação. Misturadas com substâncias que aumentam a sua expansibilidade (ex: carvão, pirite, dolomite, etc.), a mistura é introduzida inicialmente no forno de secagem e segue posteriormente para o forno de expansão (fornos rotativos). A mistura, ao ser introduzida no forno de secagem, vai ser gradualmente seca a temperaturas a rondar os 800 °C, no entanto é no forno de expansão que ocorre a fusão

da argila a uma temperatura na ordem de 1200 °C. Depois da cozedura, os agregados caem numa grelha onde se dá o arrefecimento, sendo depois crivados e armazenados por classes. Através deste processo, a argila transforma-se em grânulos esféricos com uma estrutura interna alveolar e com uma superfície externa dura (Silva, 2007).

Dependendo do processo de fabrico, a forma dos grânulos obtidos pode ser, arredondada e regular ou, embora menos comum, angulosa e irregular.

De acordo com Labrincha (2006):

- A aplicação mais significativa dos grânulos de argila é como inerte leve na preparação de betões isolantes e estruturais. Na confeção de elementos pré-fabricados, designadamente blocos para alvenaria, pavimentos e painéis de enchimento, este tipo de betões têm grande empregabilidade.
- Quando, aplicado *in situ*, destinam-se à realização de camadas leves, bem como as camadas de forma de coberturas em terraço, ou à execução de diversos elementos construtivos, eventualmente com funções estruturais.
- A nível de isolamento térmico de edifícios, a argila expandida é aplicada solta, principalmente em camadas horizontais.

V.3.3.3 – Betão celular autoclavado (AAC)

O betão celular autoclavado foi descoberto em 1914 pelo arquiteto sueco Johann Axel Erikson, tendo sido patenteado em 1924 (Bentil, 2001).

Em Portugal, um dos nomes pelo qual é conhecido o betão celular autoclavado, é uma das marcas comerciais “Ytong”, noutros países, para além desta designação, é também conhecido por “Siporex”. Na bibliografia em inglês surgem múltiplas designações como: AAC (Autoclaved Aerated Concrete), ALC (Autoclaved Lightweight Concrete), Airstone, Airecrete, Thermostone, Cellular Concrete, Gas Concrete, Porous Concrete.

Segundo, PATH (2001) (*cit. in* Mateus, 2004, p. 128) o betão celular autoclavado é um produto leve e inorgânico que, apesar do seu baixo peso, apresenta boa capacidade

mecânica, bem como uma elevada resistência ao fogo e aos micro-organismos. Este é formado a partir de uma reação química entre cal gorda, cimento “Portland” normal, areia siliciosa, água e na fase final do fabrico é adicionado pó de alumínio que atua como gerador de bolhas de hidrogénio no seio da mistura dos restantes constituintes, e que são responsáveis pela formação da estrutura celular deste material. Que, após uma cura numa câmara de vapor de alta pressão (autoclave), origina um silicato de cálcio, composto químico estável.

Para Labrincha (2006, p. 41):

A estrutura microcelular do betão é responsável pela leveza e condutibilidade térmica razoavelmente baixa que o caracterizam, ocupando a fase gasosa uma percentagem não inferior a 50% do volume total, nos betões mais densos.

Na figura 33 observa-se as propriedades do Betão Celular Autoclavado:

PROPRIEDADES	VALORES CARACTERÍSTICOS
Resistência à compressão	4.00 Mpa
Peso específico	600 a 720 Kg/m ³
Módulo de elasticidade:	
▪ a curto prazo	2.00 Gpa
▪ a longo prazo	1.33 Gpa
Condutibilidade térmica	0.16 W/m.°C
Calor específico	1.05 KJ/kg. °C
Coefficiente de dilatação térmica	8 x 10 ⁻⁶ /°C

Figura 33: Quadro características técnicas (AAC);

Fonte: [adaptado de ACCOA (2003) (*cit. in* Mateus, 2004, p. 135)]

De seguida são apresentadas algumas características relativas a este material, tais como o comportamento térmico, resistência ao fogo e aos micro-organismos bem como a compatibilidade do betão celular com o meio ambiente.

Como se pode observar na figura 33, a condutibilidade térmica do betão celular autoclavado é relativamente baixa.

Segundo, PATH (2001) (*cit. in* Mateus, 2004, p. 135 e 136): O Instituto Fraunhofer para a Física Arquitetural, situado na Alemanha, realizou um estudo para verificar a capacidade deste material em controlar a temperatura interior de um edifício. No teste são medidas as temperaturas superficiais de uma parede com 250mm de espessura por um período de 24 horas. A parede em estudo encontrava-se orientada a Poente e o seu paramento exterior estava pintado de cor preta, permitindo o aumento da temperatura superficial nessa face. A amplitude térmica na face exterior foi de aproximadamente 70°C, por sua vez a temperatura da face interior permaneceu próxima dos 20°C, havendo apenas uma pequena variação de cerca de 2°C.

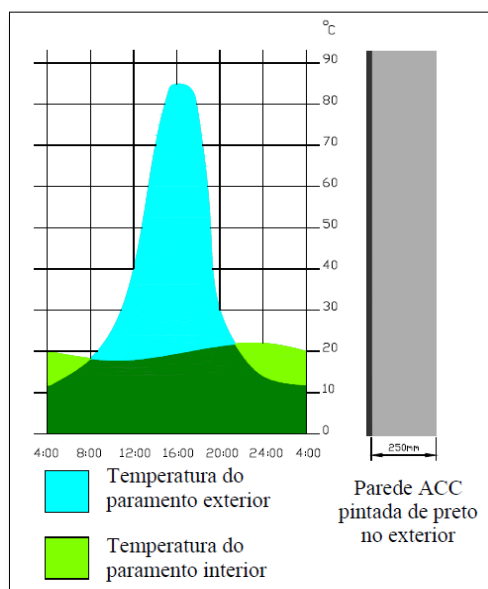


Figura 34: Temperaturas superficiais nos paramentos de uma parede ACC;

Fonte: PATH (2001) (*cit. in* Mateus, 2004, p. 136)

Observa-se que a temperatura interior manteve-se numa gama de temperaturas confortáveis, existindo um atraso significativo, de cerca de 8 horas, entre o pico de temperatura interior e o pico de temperatura exterior.

Relativamente à resistência ao fogo e aos micro-organismos, o betão celular autoclavado é um material com boas características ao nível da resistência ao fogo. É um material inorgânico e incombustível, caracterizado pela sua baixa condutibilidade que retarda a transmissão do fogo para outros compartimentos. Quando sujeito a altas temperaturas a sua estrutura é estável devido ao baixo coeficiente de dilatação térmica, não existindo emissão de gases tóxicos quando exposto ao fogo e/ou a altas temperaturas (ACCOA, 2003) (*cit. in* Mateus, 2004, p. 137).

Segundo, Bukoski (1998) (*cit. in* Mateus, 2004, p. 128), este material “revela-se uma tecnologia compatível com o ambiente, na sua produção necessita de pouca quantidade de matéria-prima, bem como poucos recursos energéticos. Na fase de construção, a produção de resíduos dá-se em quantidades reduzidas, apresentando ainda um elevado potencial de reciclagem.

O betão celular autoclavado é denominado como “Produto verde”, designação concebida pelo laboratório oficial alemão, o “Bundesverband fur Baubiologische Produkte” em Estugarda (Silva, 2007, p. 146).



Figura 35: Símbolos de material “amigo do ambiente”;

Fonte: Silva (2007, p. 147)

Em Portugal existem alguns fornecedores deste tipo de produtos, no entanto, a utilização betão celular autoclavado é bastante reduzida, resumindo-se praticamente à utilização de blocos em alvenarias não resistentes (Mateus, 2004, p. 138). No entanto, Labrincha (2006, p. 41) salienta que “a massa volúmica e a condutibilidade térmica relativamente baixas do betão celular autoclavado, justificam o interesse do estudo da viabilidade de uso de grânulos deste produto na realização de camadas termicamente isolantes, em situações em que, na ausência de outros fatores condicionantes, a resistência térmica pretendida seja compatível com as correspondentes espessura e peso.”

Na tabela 9 são apresentadas as principais vantagens e inconvenientes do uso de sistemas construtivos Betão Celular Autoclavado:

Tabela 9: Vantagens e inconvenientes do uso AAC;

Fonte: [adaptado de Bentil (2001) e AGO (2003) (*cit. in* Mateus, 2004, p. 140)]

VANTAGENS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menor peso de construção, potenciando a utilização deste sistema em edifícios com grande altura ou em obras de ampliação; ▪ Maior isolamento térmico dos elementos da envolvente; ▪ Menor quantidade de trabalhos de fundação; ▪ Processo de construção mais industrializado (menor tempo de construção, menor dependência em relação ao clima, menor produção de resíduos); ▪ Maior resistência ao fogo; ▪ Utilização de meios de transporte e equipamentos mais ligeiro, nas operações de transporte e construção, o que implica menores custos a este nível; ▪ Versátil, devido ao elevado número de peças com diferentes dimensões e formas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Produto recente em Portugal, com falta de mão-de-obra especializada para lidar com esta tecnologia; ▪ Baixo número de fornecedores, os existentes encontram-se nas grandes cidades (Lisboa/Porto). Situação que conduz a um elevado preço dos custos de transporte, quando solicitado para outros locais; ▪ Menor resistência sísmica (na solução construtiva com paredes resistentes); ▪ Produção de poeiras durante a fase de construção.

V.3.3.4 – Vermiculite expandida

De acordo com Sznalwar (et al.), (2009) a descoberta da vermiculita e início de sua utilização ocorreu nos Estados Unidos, este material é comercializado na forma de concentrados (vermiculita não expandida) e na forma expandida. Marques (2009, p. 102) alega que “a vermiculite é um material de estrutura escamosa e micácea, formando lamelas finas ou capas, cerca de meio milhão por centímetro cúbico”.

Ugarte e Monte (2005, p. 9) referem que:

Quando aquecida na faixa de 800 a 1000°C, expande-se abruptamente na direção axial aumentando seu volume em até 20 vezes, devido à vaporização das moléculas de água que se encontram entre as camadas, fenómeno designado de esfoliação.

Para que ocorra a esfoliação da vermiculite, primeiramente é submetida ao aquecimento sob pressão a uma temperatura superior a da ebulição da água, posteriormente reduz-se a pressão e a água converte-se em vapor resultando um material expandido e dilatado (Marques, 2009).

A vermiculita é comercializada na forma expandida em diversas granulações e utilizada em diversos setores industriais, as suas principais características são:

– Relativamente à condutibilidade térmica deste material, Sznelwar (et al.), (2009) defende que este é caracterizado pela alta porosidade comum aos isolantes térmicos, por conter uma grande quantidade de espaços entre lamelas preenchidos pelo ar, faz com que a vermiculite tenha um grande poder isolante. Segundo o mesmo autor este é um material incombustível, não possuindo componentes orgânicos nem outros produtos combustíveis, podendo suportar temperaturas de até 1.100°C sem sofrer alterações na sua estrutura.

– Outra das características deste material é a sua elevada capacidade de retenção de água (absorvendo cinco vezes o seu peso em água) e a sua leveza, sendo um material que não se decompõe, deteriora ou apodrece (Marques, 2009, p. 103).

V.3.3.5 – Perlite expandida

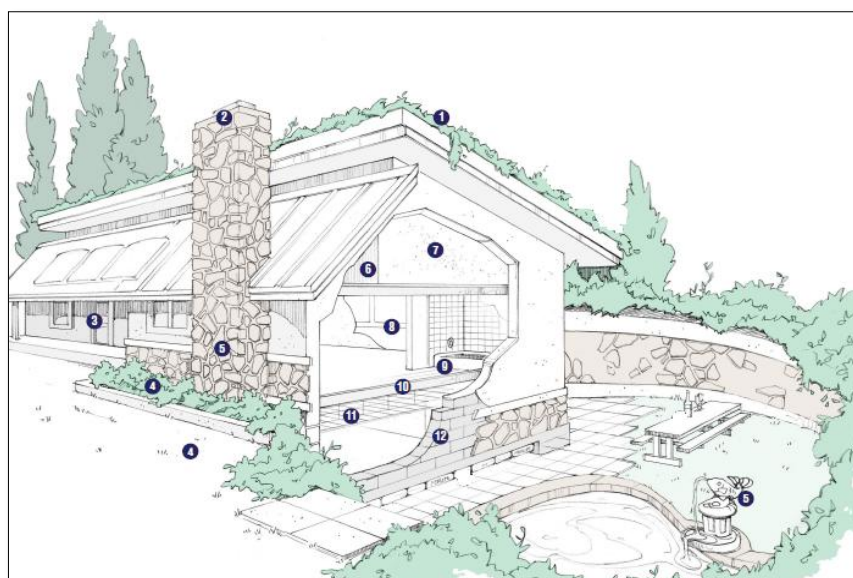
Perlite é um produto de origem vulcânica e pode ser encontrada somente em algumas regiões do mundo, tais como (Argentina, Estados Unidos, Grécia e Turquia) (Schumacher, 2012).

De acordo com Perlite Institute (sd), quando o minério em estado bruto é triturado e aquecido acima de 1600 °F (871 °C), a perlite expande entre quatro a 20 vezes o seu volume original. Esta expansão é devido à presença de 2–6 por cento de água combinada na rocha, este processo de expansão cria inúmeras células com partículas cristalinas, que proporcionam excelentes propriedades térmicas da perlite expandida.

Uma das características da perlite expandida é a sua baixa condutibilidade térmica e leveza. É um material não inflamável, apresentando uma boa prestação tanto a altas

temperaturas como às baixas. Outra das suas características é a boa prestação a nível de isolamento acústico e baixa retenção de humidade, sendo um material que não apodrece nem ganha bolor, não constituindo substrato ou alimento para o desenvolvimento de animais ou microrganismos (Perlite Institute, sd, a). Segundo, Grace Construction Products (sd) outra das características da perlite é que este é um produto que não promove a corrosão, pois apresenta um pH neutro, para além de tal facto a Grace Construction Products menciona ainda que a perlite é usada como um agregado leve de betão. O uso mais comum, deste material é sob pavimentos flutuantes de betão, para propriedades de nivelamento e isolamento.

Na figura 36, é possível observar-se algumas das aplicações da Perlite:



Legenda:

- | | |
|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 – Enchimento do solo telhados ecológicos; | 7 – Textura da pintura; |
| 2 – Revestimento de chaminés; | 8 – Composto da fita da junta; |
| 3 – Isolamento contra o fogo; | 9 – Mármore; |
| 4 – Solo e jardim; | 10 – Agregado de betão; |
| 5 – Pedra artificial e tijolos; | 11 – Azulejo; |
| 6 – Agregado de gesso; | 12 – Enchimento solto de alvenaria. |

Figura 36: Aplicações de perlite;

Fonte: [adaptado de Perlite Institute (sd, b)]

A EPB é um produto de isolamento térmico que se encontra abrangido pela norma harmonizada EN, de acordo com o LNEC (2011), a Norma Europeia relativa à perlite expandida (EPB) é EN 13169.

V.4 – Comparação dos vários materiais isolantes

V.4.1 – Síntese de soluções de elementos opacos da envolvente/isolantes térmicos

Tabela 10: Soluções de elementos opacos da envolvente/isolantes térmicos;

Fonte: Labrincha (2006, p. 50)

Elementos opacos	Constituição	Isolamento térmico		EPS	XPS	Espuma rígida de PUR	Lã mineral (placas)	Lã mineral (mantas)	Aglomerado negro de cortiça	Grânulos de argila expandida
		Localização	Solução							
Paredes de fachada	Simples	Exterior	Revestimento sobre isolante	•			•			
			Revestimento independente c/ ou s/ isolante no espaço de ar.	•	•	•	•			
		Interior	Revestimento sobre isolante	•		•	•			
			Revestimento independente c/ ou s/ isolante no espaço de ar	•		•	•			
	Duplas	Intermédio	Preenchimento parcial da caixa-de-ar	•	•	•	•	•	•	
			Preenchimento total da caixa-de-ar	•	•	•	•			
Pavimentos	-----	Exterior	Revestimento sobre isolante	•		•	•			
			Cobertura "invertida"	•	•	•	•	•	•	
Coberturas	Horizontal	Exterior	Impermeabilização sobre isolante	•		•	•		•	
			Cobertura "invertida"		•					
	Inclinadas	Na esteira horizontal	Sobre a esteira	•	•	•	•	•	•	•
		Nas vertentes	Sobre a estrutura resistente	•	•	•	•	•	•	
			Sob a estrutura resistente	•	•	•	•	•		

V.4.2 – Resumo das propriedades dos materiais isolantes

De seguida apresenta-se um resumo dos mais importantes isolantes térmicos e o rendimento relativo dos diferentes materiais isolantes¹³:

Tabela 11: Resumo das propriedades dos materiais isolantes;

Fonte: [adaptado de URSA Insulation (2009, p. 117)]

Materiais	Lã de Vidro	Lã de Rocha	XPS	EPS	PUR	LRMCS
Resistência térmica	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde com ponto	Vermelho
Isolamento Acústico	Verde com ponto	Verde com ponto	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho
Reação ao fogo	Verde com ponto	Verde com ponto	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho
Resistência à compressão	Vermelho	Amarelo/Verde	Verde com ponto	Azul	Azul	Vermelho
Impermeabilidade água	Vermelho	Vermelho	Verde com ponto	Azul	Azul	Amarelo
Compressibilidade	Verde com ponto	Azul	Vermelho	Vermelho	Vermelho	n.a.
Facilidade de uso e aplicação	Amarelo	Azul	Verde com ponto	Amarelo	Azul	Verde com ponto

- Elevado rendimento
- Rendimento médio
- Baixo rendimento
- O melhor da sua classe

¹³ No ANEXO V, encontram-se várias tabelas com as características de desempenho de materiais de isolamento térmico comuns na construção.

Capítulo VI

Isolamentos térmicos não tradicionais de edifícios

VI.1 – Generalidades

O Mundo inteiro vive atualmente um novo desafio: avançar incessantemente o desenvolvimento, atendendo às necessidades do Homem moderno sem, contudo, degradar o meio ambiente em que vivemos. Tal desafio pode ser resumido por duas palavras: desenvolvimento sustentável (Labrincha, 2006, p. 42).

O setor da construção atravessa atualmente uma fase de transição na qual se procura inverter o excesso de consumo de recursos verificado ao longo dos últimos dois séculos. Por isso é de extrema importância para a sociedade a existência de um processo de construção baseado no princípio do “Desenvolvimento Sustentável” que seja capaz de diminuir os impactos negativos resultantes da atividade atual.

Segundo, Amado (et al.), (2009, p. 44):

O processo de construção sustentável “visa atingir os princípios do Desenvolvimento Sustentável, através da implementação de métodos de ações passivas, processos construtivos rigorosos e detalhados, seleção e utilização de materiais mais ecológicos e também de uma eficiente componente de avaliação e monitorização”.

Devido à problemática do aumento das emissões de dióxido de carbono (CO₂) e da importância atribuída para a redução dos consumos energéticos nos edifícios, conduziu nos últimos 25 anos, à existência de programas de investigação orientados no sentido da conservação e armazenamento da energia, através do desenvolvimento de novos materiais e técnicas construtivas.

VI.2 – Levantamento de soluções de vanguarda existentes no mercado

VI.2.1 – Materiais de Mudança de Fase

VI.2.1.1 – Introdução

Pretende-se neste subcapítulo fazer uma introdução ao conceito de material de mudança de fase (PCM). A sua classificação, propriedades mais relevantes, modo funcionamento e algumas das suas aplicações serão apresentadas.

Em particular, no que diz respeito ao desenvolvimento de novos materiais com melhor desempenho térmico, têm vindo a ser realizados inúmeros estudos envolvendo materiais de mudança de fase (PCM, do inglês “Phase Change Materials”). O seu uso tem-se dado de duas formas, sob a forma passiva, em que os PCM são incorporados em materiais convencionais, contribuindo para o armazenamento da energia térmica, e sob a forma ativa, utilizados em suspensão aquosa como refrigerante em sistemas de aquecimento/arrefecimento.

O melhor exemplo para explicar o conceito de PCM é a água. A água pode apresentar-se em três formas distintas, no estado sólido (gelo), líquido e ainda sobre a forma de vapor. Denomina-se de fusão (o processo de transição do estado sólido para o estado líquido) e solidificação (o processo inverso), ocorrendo ambos à temperatura de 0 °C. Da mesma forma, a transição do estado líquido para o estado de vapor denomina-se de vaporização, enquanto o processo inverso denomina-se de condensação, ocorrendo ambos à temperatura de 100 °C. A cada um destes processos de transição está associada uma quantidade de energia, geralmente denominada de entalpia ou simplesmente calor latente, de fusão, condensação, entre outros (Silva, 2009, p. 28).

De acordo com Labrincha (2006, p. 42), Silva (2009, p. 28) e Mirante (2007, p. 36) os materiais de mudança de fase, designados por PCM, são produtos que possuem a capacidade de alterar o seu estado físico num determinado intervalo de temperatura, absorvendo ou libertando energia do meio envolvente. Durante este processo de mudança de fase, a temperatura do PCM mantém-se praticamente constante. Quando a mudança de fase está completa, o aquecimento/arrefecimento contínuo resulta no

aumento/diminuição da temperatura, de forma gradual e definida por uma propriedade denominada de calor sensível (figura 37).

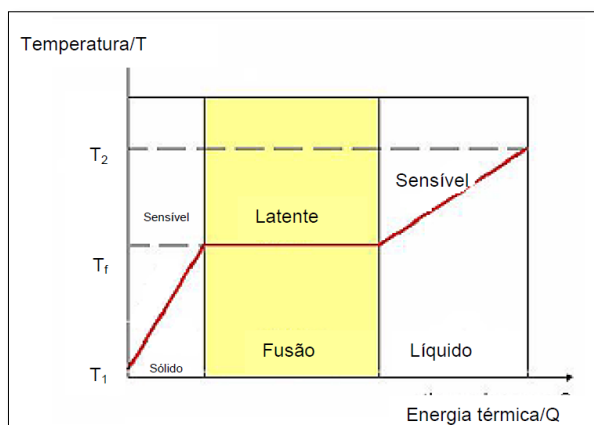


Figura 37: Curva de temperatura durante o processo de mudança de fase;

Fonte: Rubitherm (Phase Change Material)

De acordo com Bosquilha (2003) designa-se por calor sensível a quantidade de energia calorífica que provoca uma mudança de temperatura num corpo, mas sem alterar a mudança de estado. Já a energia sob a forma de calor que não provoca variação de temperatura, mas está associado a uma mudança de estado físico diz-se calor latente.

Numa seleção de destaques da investigação desenvolvida no Centro de Investigação em Materiais Cerâmicos e Compósitos (CICECO, 2006, p. 20) da Universidade de Aveiro. Um dos autores integrantes desta compilação e professor associado no Departamento de Química da Universidade de Aveiro, João Coutinho introduz-nos aos materiais de mudança de fase, ou materiais termo-ativos da seguinte forma:

Quando falamos de acumulação de energia ou de isolamento térmico pensamos normalmente em materiais que funcionam de uma forma passiva, acumulando calor sob a forma de calor sensível através de capacidades caloríficas ou de massas elevadas e minimizando a transferência de calor com baixas condutividades térmicas. A natureza dotou no entanto o nosso organismo de formas bem mais eficientes de regulação térmica acumulando ou dissipando energia através de reações químicas ou físicas.

Da mesma forma que quase todas as substâncias, em qualquer estado físico que se encontrem, têm uma determinada capacidade calorífica e quase todas (a menos que se decomponham antes ou se encontrem numa fase amorfa) têm relacionado a elas uma entalpia de mudança de fase que poderia ser utilizada em sistemas de armazenamento de energia ou isolamento térmico (CICECO, 2006, p. 20).

Porém existem algumas restrições, devendo possuir determinadas propriedades térmicas, físicas, cinéticas e químicas (ver ponto VI.2.2).

Apesar de tais circunstâncias, subsiste um vasto número de candidatos a materiais termo-ativos de mudança de fase para armazenamento de energia e isolamento térmico. A água, alguns sais e as ceras são as principais substâncias que se encontram em fase de investigação ou comercialização como materiais de mudança de fase (CICECO, 2006, p. 20).

Para melhor explicar a magnitude da diferença entre calor latente e calor sensível recorre-se novamente ao exemplo da água. A energia necessária para fundir 1 kg de gelo (cujo calor latente é de 333 kJ/kg) é equivalente à energia necessária (cujo calor sensível é de 4.2 kJ/Kg. °C) para aquecer 1 litro de água desde 1 °C até cerca de 80 °C, ou seja, cerca de 332 kJ (Silva, 2009, p. 28).

Segundo, Sharma (et al.), (2009, p. 321) a transferência de energia térmica ocorre quando uma material muda de estado, de sólido para líquido ou de líquido para sólido. Ao contrário de materiais convencionais de armazenamento (armazenamento por calor sensível), os PCMs absorvem e libertam energia a uma temperatura constante, armazenando de 5 a 14 vezes mais calor por unidade de volume do que os materiais de armazenamento sensível como a pedra (figura 38).

De acordo com CICECO (2006, p. 20):

De entre as ceras, as mais populares pelo seu custo, acessibilidade, estabilidade, flexibilidade (gama alargada de pontos de fusão entre 0 e 80 °C) e baixa toxicidade são sem dúvida as parafínicas, ou sejam as nossas velas... A ideia é simples como todas as ideias geniais: defina-se uma temperatura ideal para o nosso sistema (produto, corpo, casa...), escolha-se uma cera cujo ponto de fusão corresponda a essa temperatura, quando o calor é excessivo as ceras fundem, a temperatura constante, consumindo essa energia em excesso em valores que podem chegar aos 250 kJ/kg. Quando a temperatura baixa e o calor se torna deficitário, então a cera liberta, sempre a temperatura constante, a energia térmica armazenada. Consegue-se assim um material que consome a energia quando em excesso e a repõe quando ela é deficitária minimizando as oscilações térmicas a que está sujeito o sistema.

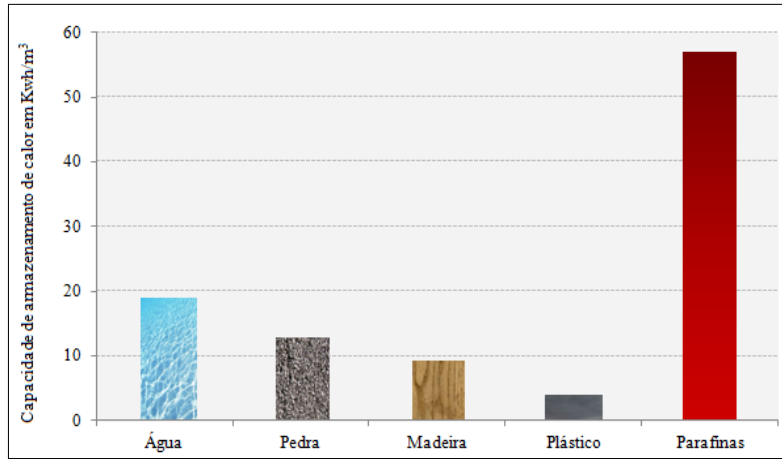


Figura 38: Capacidade de armazenamento de energia de alguns materiais;

Fonte: [adaptado de Labrincha (2006a, p. 14)]

VI.2.1.2 – Classificação e Propriedades dos PCMs

Sharma (et al.), (2009, p. 322) alega que os PCM podem ser classificados em três categorias: orgânicos, inorgânicos e misturas eutéticas (figura 39).

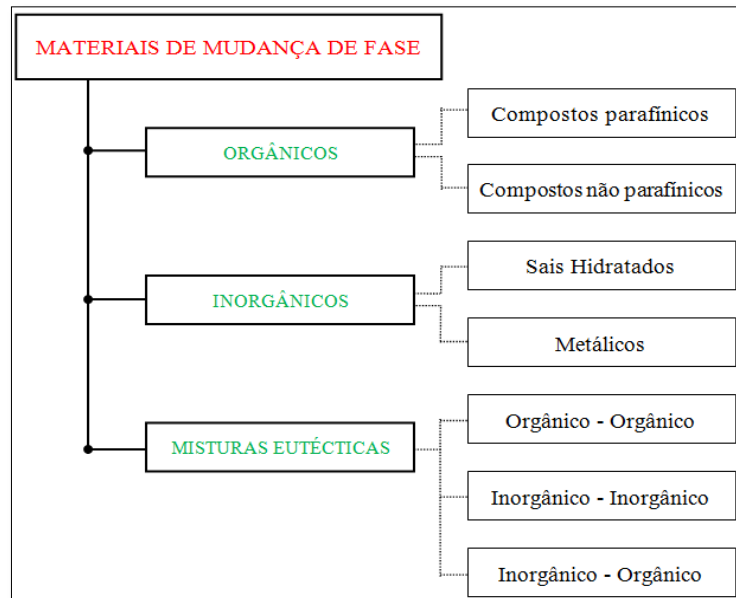


Figura 39: Classificação dos PCMs;

Fonte: [adaptado de Sharma (et al.), (2009, p. 323)]

Os materiais orgânicos são descritos como parafínicos e não parafínicos, como os ácidos gordos, ésteres metílicos, entre outros. São caracterizados por uma fusão congruente e por não serem corrosivos. Os compostos inorgânicos dividem-se em sais hidratados e metálicos. Caracterizam-se por possuírem elevado calor latente por unidade

de massa e volume, são económicos, não são inflamáveis, mas podem decompor-se e sofrer sobrearrefecimento (Sharma (et al.), 2009, p. 323 e 324).

Segundo, George (1989) (*cit. in* Sharma (et al.), 2009, p. 326) uma mistura eutética é uma composição de dois ou mais componentes que fundem e cristalizam congruentemente formando uma mistura de cristais compostos. Podem ser misturas de compostos orgânico – orgânico, inorgânico – inorgânico ou orgânico – inorgânico.

Na tabela 12, observa-se a classificação e características de alguns PCMs:

Tabela 12: Classificação/dados termofísicos (Temperatura de fusão e Entalpia de fusão¹⁴) alguns PCMs;
Fonte: [adaptado de Kelly – “Latent Heat Storage in Building Materials”]

	PCM	Temperatura de fusão (°C)	Entalpia de fusão (kJ/kg)
Inorgânicos	KF.4H ₂ O (Flureto de potássio tetrahidratado)	18,5	231
	CaCl ₂ .6H ₂ O (Cloreto de cálcio hexahidratado)	29	190
	Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O (Sulfato de sódio decahidratado)	32	251
	LiNO ₃ .3H ₂ O (Nitrato de lítio trihidratado)	30	296
	Zn(NO ₃) ₂ .6H ₂ O (Nitrato de zinco hexahidratado)	36,4	147
Orgânicos	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COO(CH ₂) ₃ CH ₃ (Estereato de butilo)	19	140
	CH ₃ (CH ₂) ₁₁ OH (1-Dodecanol)	26	200
	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOC ₃ H ₇ (Palmitato de propilo)	19	186
	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ OH (1-Tetradecanol)	38	205
Misturas Eutéticas	CaCl ₂ .6H ₂ O / MgCl ₂ .6H ₂ O (Cloreto de cálcio / Cloreto de magnésio)	25	127
	Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O / Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O (Nitrato de cálcio / Nitrato de magnésio)	30	136
	Na(CH ₃ COO).3H ₂ O / CO(NH ₂) ₂ (Acetato de sódio / Ureia)	30	200
	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH / CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH (Ácido cáprico-laurico)	21	143

De acordo com Sharma e seus colaboradores (2009, p. 322) os PCMs para serem utilizados em sistemas de armazenamento de energia devem possuir determinadas propriedades térmicas, físicas, cinéticas, químicas e económicas:

¹⁴ Quantidade de calor necessária para converter uma unidade de massa de um sólido no seu ponto de fusão para o estado líquido sem um aumento na temperatura.

- Propriedades térmicas: Nomeadamente temperatura de mudança de fase adequada, elevado calor latente, elevada condutividade térmica tanto no estado sólido como no estado líquido, de forma a mais facilmente promover a transferência de calor;
- Propriedades físicas: Equilíbrio de fases favorável, elevada densidade, pequena variação de volume na transição de fase, baixa pressão de vapor;
- Propriedades cinéticas: Deve ter elevada velocidade de cristalização, de modo a evitar o sub-arrefecimento da fase líquida e responder às solicitações do meio envolvente;
- Propriedades químicas: Deverá apresentar ciclos de carga/descarga totalmente reversíveis, estável quimicamente, compatibilidade com materiais de construção, não tóxico, deverá ser preferencialmente não inflamável (podendo ser compensado pelo suporte no caso das parafinas) e não explosivo;
- Económicas: Abundante, disponível e custo eficaz.

VI.2.1.2.1 – PCM Orgânicos

Algumas características presentes nos PCMs orgânicos tornam-nos úteis para armazenamento do calor latente em determinados materiais de construção, segundo Farid (et al.), (2004, p. 1612) as suas vantagens e desvantagens são:

- **Vantagens:** Os PCMs orgânicos são quimicamente mais estáveis do que os inorgânicos, não são corrosivos, têm baixa pressão de vapor, bem como um elevado calor latente por unidade de massa e o sobreaquecimento não é um problema significativo;
- **Desvantagens:** Este material pode ser inflamável, podendo produzir fumos perigosos durante o seu processo de combustão, a mudança apreciável de volume na transição de fase, a baixa condutividade térmica e ainda o envelhecimento térmico oxidativo são alguns dos seus inconvenientes. Muitas destas características indesejáveis têm sido eliminadas por seleção e modificação apropriada dos compostos e formulações.

VI.2.1.2.2 – PCM Inorgânicos

Farid (et al.), (2004, p. 1612) menciona igualmente as seguintes vantagens e desvantagens relativamente aos PCMs Inorgânicos:

- **Vantagens:** Os PCMs inorgânicos apresentam algumas propriedades atrativas, elevado calor latente por unidade de volume, elevada condutividade térmica ($\sim 0.5 \text{ W/m}^\circ\text{C}$), material não inflamável e mais económico.
- **Desvantagens:** Devido às características menos vantajosas dos PCMs inorgânicos, os investigadores optam maioritariamente pelos orgânicos. Os PCMs inorgânicos são instáveis quimicamente, são corrosivos para a maioria dos metais, impróprios para re-solidificarem e tendem a sofrer sobrearrefecimento, o que pode afetar as propriedades de mudança de fase. Outro dos inconvenientes é a necessidade de um suporte, tornando-os impróprios para serem impregnados em materiais porosos utilizados na construção civil.

VI.2.1.2.3 – Misturas Eutécticas

Este tipo de PCM resulta, em geral, da combinação de dois ou mais compostos de natureza orgânica, inorgânica ou ambas, podendo assim apresentar temperaturas de transição mais aproximadas às necessidades, do que os compostos que a originam, individualmente.

Segundo, Silva (2009, p. 32):

A principal desvantagem das misturas eutécticas é o seu custo, atualmente cerca de duas ou três vezes mais elevado do que os compostos orgânicos ou inorgânicos.

VI.2.3 – Desenvolvimento em investigação de PCMs

De acordo com a Revista Alumínio (2011) – edição 16, nos EUA, mais concretamente no laboratório de pesquisas tecnológicas e científicas instalado no Tennessee, o Oak Ridge National Laboratory (ORNL) desenvolveu uma espécie de manta para a

cobertura, constituída por duas folhas de alumínio, tendo entre elas um material termoactivo (Phase Change Material - PCM).

O diretor técnico da Associação Brasileira do Alumínio (ABAL), Ayrton Filleti (*cit. in Revista Alumínio*, 2011) refere que "a característica de alta condutibilidade térmica do alumínio é fator primordial para essa mudança de fase do material intermediário". Por um lado, as folhas de alumínio aceleram o processo de aquecimento e arrefecimento por condução de calor para o PCM, que depois trata da absorção e libertação do calor.

Segundo o Oak Ridge National Laboratory (ORNL):

A utilização do protótipo chega a reduzir em mais de 13°C a temperatura do interior do sótão de uma residência, numa típica tarde de verão, e proporcionar uma economia superior a 8% no consumo de energia do ar condicionado. Para os pesquisadores, o alumínio foi uma escolha de sucesso, pois outros materiais, utilizados anteriormente, não possuem as características tão específicas do metal, como a elevada condutibilidade térmica, nem sua durabilidade e resistência à corrosão.

De acordo com a CiênciaPT (2012):

O Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho está a criar um revestimento revolucionário para paredes e tetos que aquece/arrefece a temperatura interior das casas e escritórios. A tecnologia baseia-se em microcápsulas termicamente ativas aplicadas na superfície das argamassas e deverá ser uma prática corrente dentro de dez anos.

Segundo a equipa de investigação da Universidade do Minho não existe qualquer tipo de registo de uma invenção semelhante no resto do Mundo. A U.Minho está ligada a duas patentes no tema, que investiga desde 2004. A patente portuguesa aplica o PCM na parte exterior de um reboco de duas camadas enquanto que a patente alemã coloca o PCM em toda a espessura do reboco. O objetivo é investigar a viabilidade técnica da aplicabilidade dos PCMs e quantificar a redução de consumos de energia para diferentes tipos de imóveis e divisórias, através da comparação com argamassas convencionais e simulação numérica. O projeto é designado por "Contribuição de Argamassas Térmicas Ativas para a Eficiência Energética dos Edifícios", tendo o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia, reunindo acima de trinta investigadores de várias universidades e termina em 2013 (CiênciaPT, 2012).

VI.2.4 – Proteções Térmicas Reflectantes em Coberturas

VI.2.4.1 – Transferência de calor em coberturas

Pretende-se neste subcapítulo fazer uma introdução às proteções térmicas reflectantes. A sua classificação, propriedades mais relevantes, modo de funcionamento e suas aplicações serão apresentadas.

Os isolantes térmicos reflectivos ou barreiras radiantes são caracterizados por reduzirem a transferência de calor por radiação. Composto por um material de baixa emissividade e alta reflectividade, reduz a emissão da radiação em onda longa, proporcionando uma redução dos ganhos térmicos no verão e as perdas de calor no inverno (Michels, 2007, p. 15).

Isolar a cobertura traz inúmeros benefícios, uma vez que é da cobertura que advém a maior carga de calor, sendo o elemento construtivo no qual os agentes atmosféricos atuam mais diretamente e intensamente, devido a estarem expostas a uma maior área da esfera celeste (Labrincha, 2006a, p. 41).

De acordo com Matias (2001, p. 4):

A utilização conveniente de proteções reflectantes, de modo a conferir um bom desempenho térmico à cobertura, implica que a superfície reflectante, ou pelo menos uma das superfícies reflectantes (se ambas o forem), esteja em contacto com um espaço de ar. Só deste modo a aplicação da protecção reflectante permite uma redução da transferência de calor por radiação mediante uma elevada reflexão ou baixa emissão, respetivamente, da radiação térmica incidente ou emitida pela superfície reflectante, consoante a direcção do fluxo térmico.

Desjarlais e Tye (1990) referem que a transmissão de calor através dos espaços de ar adjacentes à protecção é fortemente dependente da direcção e do sentido do fluxo, podendo efetuar-se por condução, convecção e radiação (figura 40).

De acordo com um estudo levado a cabo por Desjarlais e Tye (1990, p. 212), obtêm-se a seguinte distribuição em percentagem dos três modos de transferência de calor:

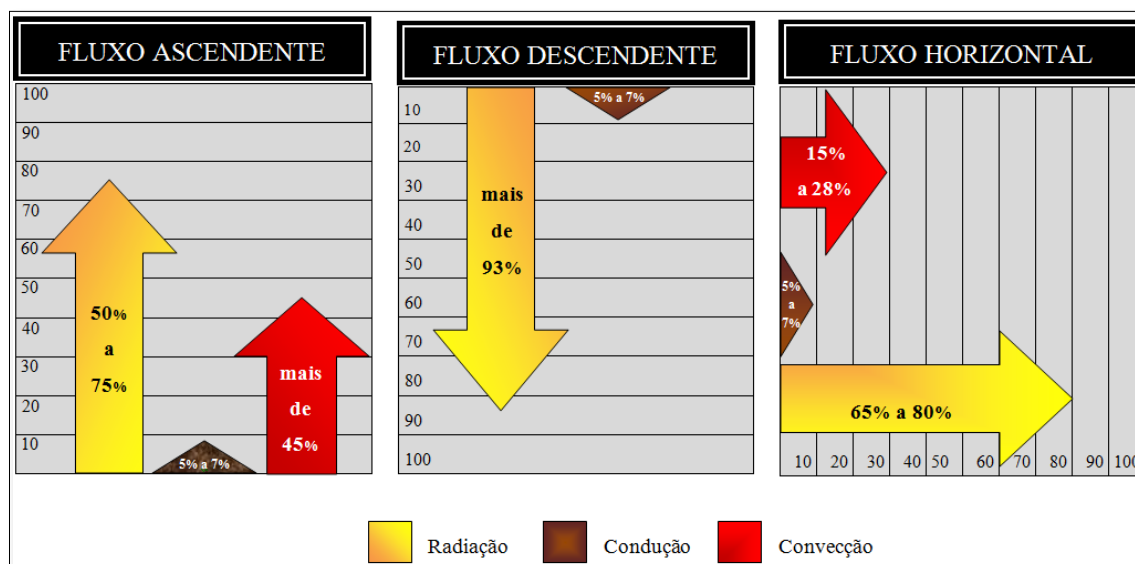


Figura 40: Percentagem de calor transmitido por radiação, condução e convecção num espaço de ar consoante a direção e sentido do fluxo de calor;

Fonte: [adaptado de Desjarlais e Tye (1990, p. 212)]

Este estudo reflete situações que ocorrem em espaços de ar contidos, em coberturas, nos períodos de arrefecimento (inverno) e de aquecimento (verão). Sendo possível observar-se na figura 40 o fluxo vertical (ascendente e descendente) e em paredes duplas (fluxo horizontal).

- Analisando-se os gráficos representados na figura anterior, verifica-se que a transferência de calor através de um espaço de ar é maioritariamente por radiação;
- Verifica-se que a maior percentagem de calor transmitido por radiação (mais de 93%) ocorre quando o fluxo que atravessa o espaço de ar é descendente. Situação que corresponde frequentemente a uma cobertura, num período diurno em condições de verão.

Daqui verifica-se que a aplicação de proteções térmicas reflectantes deverá predominar em locais cuja solicitação térmica é caracterizada por uma forte insolação, como é o caso de Portugal e vários países do Sul da Europa, em que o clima é caracterizado por uma elevada insolação (Matias, 2001, p. 6).

Segundo dados da DGEG (2011a) Portugal é um dos países da Europa com maior disponibilidade de radiação solar, o número médio anual de horas de Sol varia entre 2200 e 3000, no Continente, e entre 1700 e 2200 nos arquipélagos dos Açores e da Madeira.

Em Portugal, a aplicação de proteções térmicas reflectantes em coberturas é uma mais valia pois as condições climáticas que se fazem sentir proporcionam a sua utilização.

De acordo com Michels (2007, p. 19) a radiação solar é composta por radiação infravermelha de onda curta, que ao incidir sobre a superfície das telhas, aquece-as. Uma parte deste calor é perdida por convecção e irradiação ao ambiente externo e a outra parte, absorvida pelas telhas, é transmitida ao espaço correspondente ao desvão. No interior do desvão, o calor é transferido das telhas até a superfície do forro por convecção e radiação. O forro absorve parte deste calor e transmite-o para o espaço interno da habitação, conforme a figura 41.

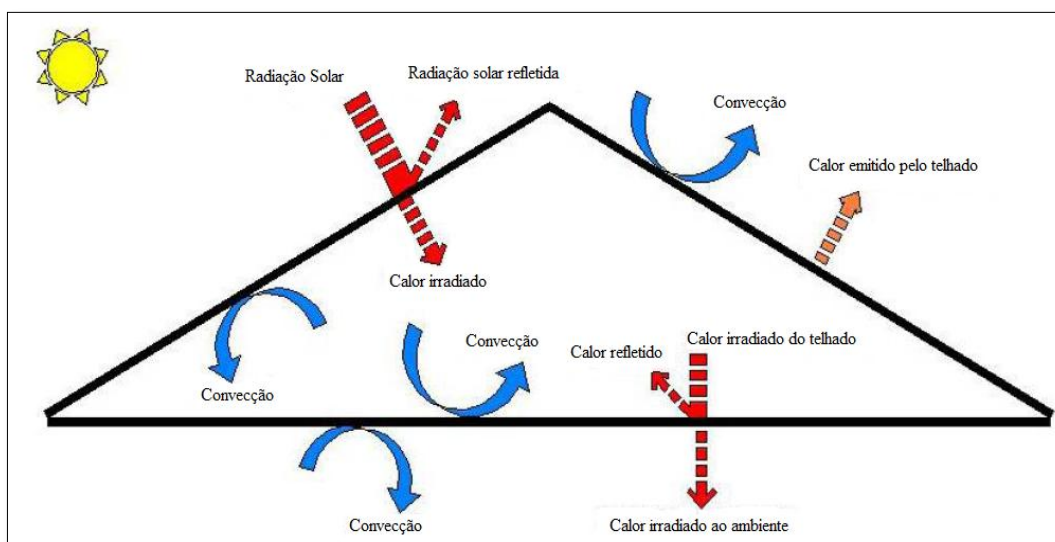


Figura 41: Esquema das trocas de calor num telhado;

Fonte: Michels (2007, p. 20)

VI.2.4.2 – Soluções de Proteção Térmica Reflectantes

- **Revestimentos de controlo de radiação (RCC)**

Em alternativa às soluções de isolamento térmico de coberturas convencionais, a proteção térmica de coberturas pode ser conferida utilizando soluções de proteções térmicas, cujo princípio se baseia nas características seletivas das suas superfícies, que permitem limitar a absorção de radiação na cobertura (Matias, 2001, p. 12).

Uma das soluções que pretende corresponder a esta preocupação térmica de coberturas consiste na aplicação de revestimentos designados por “revestimentos de controlo de radiação” (RCC)¹⁵, sobre a superfície exterior da cobertura (Matias, 2001, p. 13).

Segundo, Matias (2001, p. 13) as superfícies dos RCC são caracterizadas por uma refletância, ρ , elevada (0.75 – 0.90) relativamente à radiação solar e reduzida (0.10 – 0.20)¹⁶ face à incidência de radiação infravermelha, permitindo a reflexão de uma grande parte da radiação solar incidente e a emissão para o exterior de uma fração considerável do calor absorvido pelo revestimento. Os revestimentos de controlo de radiação são, geralmente, constituídos por resinas, tintas ou emulsões de asfalto e são aplicados sob a forma líquida, habitualmente sobre revestimentos de impermeabilização de coberturas, por projeção, à trincha ou a rolo.

Os revestimentos de controlo de radiação (RCC) são normalmente aplicados usando equipamento de pulverização sem ar, apresentando-se como uma solução de custos reduzidos bem como aproveitamento do tempo devido à sua rápida aplicação (Kvisla, 2011, p. 25).

- **Barreiras Radiantes**

A aplicação de proteções térmicas reflectantes pelo interior da cobertura permite conferir à cobertura uma melhoria da proteção térmica através da redução das transferências de calor por radiação entre o revestimento exterior e o espaço interior da cobertura (Matias, 2001, p. 13).

È interessante referir que, quanto maior for a diferença de temperatura entre os lados do material, maiores serão os benefícios que uma barreira radiante pode oferecer. Além disso, as barreiras radiantes, que não fornecerem uma quantidade significativa de isolamento térmico, podem ser combinadas com vários materiais de isolamento. Estas combinações são chamadas de sistemas isolamento refletivo (Cavalcanti, 2011, p. 2).

¹⁵ Da denominação Inglesa: Radiation Control Coating.

¹⁶ Consequentemente a emitância, ϵ , na zona do infravermelho é elevada (0.80 – 0.90).

De acordo com Matias (2001, p. 13) “as superfícies destas soluções são caracterizadas por uma elevada refletância (0.95 – 0.97) e, conseqüentemente, por uma reduzida emitância (0.03 - 0.05) relativamente à radiação na gama dos infravermelhos”.

Constituídas por uma ou várias folhas altamente reflectantes (pouco emissivas), este tipo de proteções térmicas são geralmente de alumínio ou de poliéster metalizado (Matias, 2001, p. 13).

Cavalcanti (2011, p. 3) alega que a folha de alumínio é uma ótima barreira radiante, para além de ser um bom condutor de calor tem a vantagem de ser um material altamente refletivo, fazendo com que a radiação térmica que incide sobre ela seja pouco absorvida. Quando aplicada com materiais que estão a tentar a transferência de calor por radiação (ao invés da condução) e quando estes se encontram separados por um espaço de ar, a folha elimina efetivamente a troca de calor radiante normal em todo o espaço aéreo.

Estas folhas podem ser combinadas de diversas formas (RIMA, 2002):

- com um folha de papel kraft;
- com uma rede de reforço;
- com polietileno (alveolar ou extrudido);
- em conjunto com um isolamento térmico convencional;
- ou várias folhas separadas por espaços de ar fechados.

De acordo com Cavalcanti (2011, p. 3):

A resposta térmica dos materiais que dificultam a passagem de calor por radiação, ou seja, o seu desempenho como barreira radiante é determinada por três fatores: refletividade, emissividade e o ângulo de radiação incidente que atinge a superfície. Por isso quanto mais um material refletir a radiação térmica, melhor essa superfície será, pois funcionará com uma barreira radiante.

Matias (2001, p. 14) refere que a aplicação de proteções térmicas reflectantes em coberturas poderá ser efetuada dos seguintes modos (figura 42):

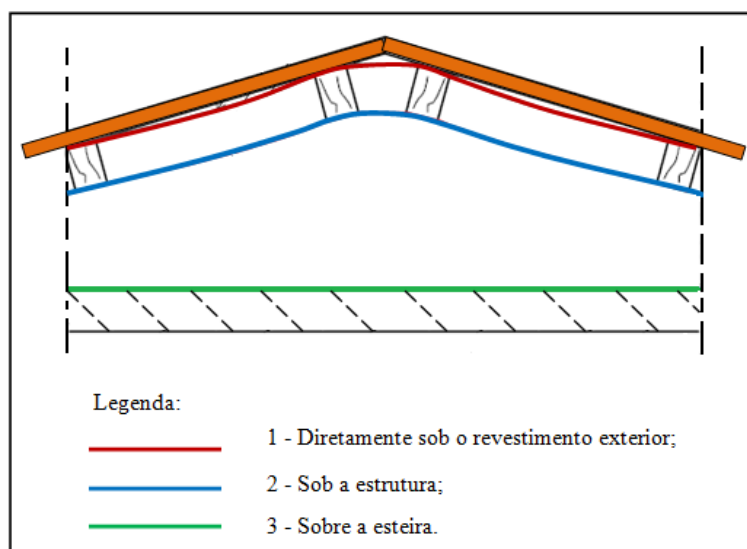


Figura 42: Cobertura inclinada – Modos de aplicação de uma proteção térmica reflectante;

Fonte: [adaptado de Matias (2001, p. 14)]

1 – diretamente sob o revestimento exterior, assente sobre a estrutura de suporte da cobertura, com a superfície reflectante exposta para o desvão da cobertura;

2 – sob a estrutura de suporte da cobertura; idealmente a proteção térmica deverá ser reflectante em ambas as faces; caso possua apenas uma face reflectante, esta deverá ser voltada para o revestimento exterior;

3 – sobre a esteira horizontal¹⁷ com a superfície reflectante exposta para o desvão;

A aplicação da proteção térmica reflectante sobre a esteira proporciona uma maior acumulação de poeiras face às outras aplicações, possibilitando ainda a ocorrência de condensações na sua superfície inferior (em contacto com a esteira) durante o período de inverno, por isso não será a aplicação mais recomendada. Quanto às outras duas aplicações, o problema de acumulação de poeiras na superfície inferior exposta para o desvão não se aplica. No entanto, para a superfície superior, a acumulação será superior ou inferior consoante o tipo de revestimento exterior. Relativamente à aplicação 2, dependerá da ventilação do espaço de ar compreendido entre a proteção e o revestimento exterior (Matias, 2001).

¹⁷ Aplicação válida apenas no caso do desvão não ser habitado.

VI.2.4.3 – Vantagens e limitações

Segundo, Matias (2001, p. 6):

As proteções térmicas reflectantes podem ser utilizadas em edifícios em construção, como em edifícios já existentes com intervenções a nível de reabilitação térmica. As possíveis aplicações de proteções térmicas reflectantes nas coberturas são nas vertentes da cobertura¹⁸ ou sobre a esteira.

Devido ao facto de o material ser bastante leve e flexível, a aplicação deste tipo de solução é simples e rápida, reduzindo o custo de mão de obra (GAHC, 2005).

De acordo com Kvisla (2011, p. 17) este tipo de material é imputrescível e não tóxico, é um material tipicamente reciclável, obtendo assim a denominação de “Produto verde”. Já ao nível da sua aplicação todo o processo é realizado de forma segura para o utilizador, tornando-se numa solução prática e fácil de se executar.

Outra das vantagens face aos outros isolantes térmicos tradicionais é a obtenção de um ganho em área da cobertura devido à reduzida espessura deste tipo de proteções. Em algumas soluções a espessura do isolamento térmico utilizado, tem um papel fundamental para obtenção de um bom desempenho térmico da cobertura, no caso das proteções térmicas reflectantes esse fator não é relevante (Matias, 2001, p. 6).

A mudança no desempenho térmico devido à compactação ou absorção de humidade é uma das preocupações com o isolamento em massa, porém neste tipo de proteções tal situação não se verifica. Este tipo de material apresenta taxas de absorção de humidade muito reduzidas face aos isolamentos térmicos tradicionais pelo que a proteção possui a função adicional de barreira para-vapor, permitindo criar um obstáculo ao fluxo de vapor de água (RIMA, 2002, p.7) e (Kvisla, 2011, p. 17).

Contudo, quando este tipo de proteção é aplicado sobre esteira horizontal em complemento de uma solução de isolamento térmico tradicional (resistivo), esta característica pode ser nociva para o desempenho de referido isolamento, pois em

¹⁸ Caso seja realizado pelo interior, torna o processo bastante mais rápido e mais económico, pois dispensa a remoção do revestimento exterior.

períodos de arrefecimento poderão ocorrer condensações na superfície em contacto com a proteção reflectante (Matias, 2001, p. 7).

De acordo com Matias (2001, p. 7) a forma frequente de evitar tal situação, é a perfuração¹⁹ das superfícies reflectantes, permitindo assim a passagem de vapor de água. A deposição de sujidades sobre as superfícies reflectantes, é a principal desvantagem na utilização deste tipo de proteção térmica em coberturas, pois as características radiativas das superfícies podem ser fortemente alteradas reduzindo significativamente o desempenho térmico da proteção.

Michels (2007) estudou a influência da acumulação de poeira na diminuição da emissividade de uma superfície aluminizada em coberturas de edifícios. Verificando que a emissividade pode ser facilmente alterada devido à acumulação de poeira sobre a superfície de barreira radiante. Durante o período de verão, quando o valor da emissividade foi de 0.05, a passagem do fluxo de calor foi reduzido em 40% e ao utilizar-se uma barreira radiante de emissividade igual a 0.30, a redução no fluxo de calor ficou abaixo de 20%, ou seja, com o acréscimo do valor da emissividade, ocorreu a maior passagem de calor para o ambiente interno do edifício.

Outro fator importante que pode limitar a utilização de proteções térmicas reflectantes em coberturas é o comportamento da proteção térmica face à ação ao fogo, principalmente em aplicações com a proteção à vista (por exemplo em coberturas industriais). Enquanto que para proteções reflectantes com revestimento exterior em folha de alumínio não deverão existir problemas, para revestimentos metalizados (geralmente poliéster metalizados) as superfícies deverão possuir um tratamento especial para conferir ao material um bom comportamento face à ação ao fogo (Matias, 2001, p. 7).

¹⁹ A perfuração provoca uma redução da refletância da superfície.

Capítulo VII

Estudo de Caso: “Aplicação do RCCTE-UFP”

VII.1 – Introdução

Neste capítulo vai ser apresentado um caso de estudo que tem em vista a análise térmica em duas situações diferentes. Primeiramente utiliza-se os valores das condutibilidades térmicas constantes no ITE 50 do LNEC e posteriormente utilizam-se os valores dos fabricantes homologados por laboratórios certificados para vários isolamentos térmicos. Após o cálculo de ambas as situações, realiza-se uma análise comparativa dos dados obtidos avaliando-se qual a influência e impacto em termos de perdas térmicas.

VII.2 – Caraterização do caso de estudo

O fogo tipo usado no estudo que se segue situa-se num edifício destinado à habitação com um total de 10 pisos, 2 pisos enterrados (destinados a estacionamento e restantes funções técnicas) e 8 pisos acima do nível do solo destinado habitação (figura 43).



Figura 43: Alçado Lateral Esquerdo (Oeste);

Fonte: Projeto fornecido por Pinto Coelho & Real, Lda.

O edifício tem um total de 32 fogos, cada piso é constituído por dois T2 e dois T3, no total temos dezasseis T2 e dezasseis T3. A fração em estudo tem cerca de 76,04 m² de área útil de pavimento e um pé direito médio ponderado de 2,70 m.

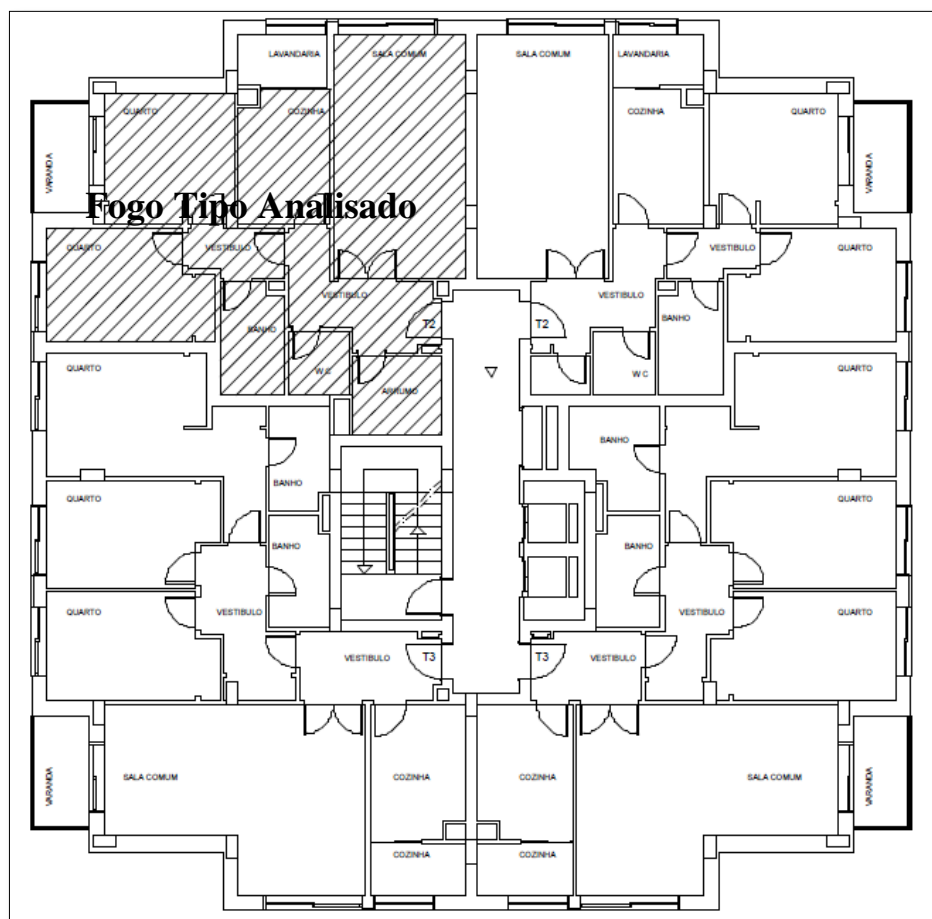


Figura 44: Planta dos andares e identificação do fogo analisado

Fonte: Projeto fornecido por Pinto Coelho & Real, Lda.

O RCCTE divide o país em três zonas climáticas distintas de inverno (I_1 , I_2 e I_3) e de verão (V_1 , V_2 e V_3). No presente caso, o edifício em estudo localiza-se na freguesia Ermesinde (Concelho de Valongo), que se integra na zona climática I_2-V_1 , encontrando-se a uma altitude de 103,8 metros e uma distância à costa superior a 15Km.

Como a quantificação das necessidades energéticas depende dos dados climáticos retiram-se as seguintes características para o edifício:

- Duração da estação de aquecimento igual a 7 meses;
- Número de graus-dias (GD) igual a 1750 °C.dia;
- Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul (G_{sul}) igual a 93 kWh/m².mês;
- Temperatura interior de referência (verão) igual a 25°C;
- Temperatura externa de projeto igual a 31°C;
- Amplitude térmica igual a 12°C.

VII.3 – Caraterização das soluções construtivas

As soluções construtivas utilizadas neste edifício foram as seguintes:

- A cobertura do edifício é constituída por lajes aligeiradas com espessura total de 33 cm, e está revestida com godo. O isolamento térmico da cobertura foi o XPS com espessura de 4 cm;
- As paredes exteriores são em alvenaria dupla de tijolo maciço com 11 cm no exterior e tijolo furado com 11 cm no interior, separadas por uma caixa de ar de 15 cm, isoladas termicamente com placas de XPS de 3 cm de espessura. As paredes serão rebocadas com 2 cm de espessura na face interior;
- As paredes interiores divisórias são em alvenaria de tijolo furado com 11 cm, rebocadas em ambas as faces com 2 cm;
- As paredes em contato com outra fração autónoma são em alvenaria dupla de tijolo furado com 11 cm, rebocadas em ambas as faces com 2 cm;
- As paredes das comunicações horizontais comuns e caixa de escada serão rebocadas com 2 cm de espessura na face exterior, constituídas por alvenaria dupla de tijolo furado com 11 cm, separadas por uma caixa de ar de 3 cm, sendo isoladas termicamente com placas de XPS de 4 cm de espessura;
- Os vidros são duplos com espessura de 17 cm (6+6+5), as caixilharias exteriores são em alumínio sem grade com permeabilidade baixa ao ar e com estore plástico exterior de cor clara.

No volume anexos, encontram-se o mapa de medições e caraterísticas térmicas (ANEXO II, p. 6 a 11) com todos os dados utilizados no Software de cálculo RCCTE-UFP. O exemplo apresentado refere-se ao isolante térmico Poliestireno Expandido Extrudido (XPS), com um valor de condutibilidade térmica constante na publicação ITE 50 do LNEC de $\lambda=0.037$ W/m.°C. Encontrando-se também para o mesmo material as folhas com as verificações dos requisitos mínimos regulamentares (ANEXO II, p. 4 e 5), bem como as folhas de cálculo e respetivas fichas (ANEXO III, p. 12 a 23).

O processo de cálculo para os restantes isolantes térmicos referenciados na tabela 13 e tabela 14, foram o mesmo do Poliestireno Expandido Extrudado (XPS), porém com os valores de condutibilidades referentes a cada um dos materiais.

Nas figuras seguintes observar-se o traçado das envolventes térmicas (em planta, pavimento, teto e em corte):

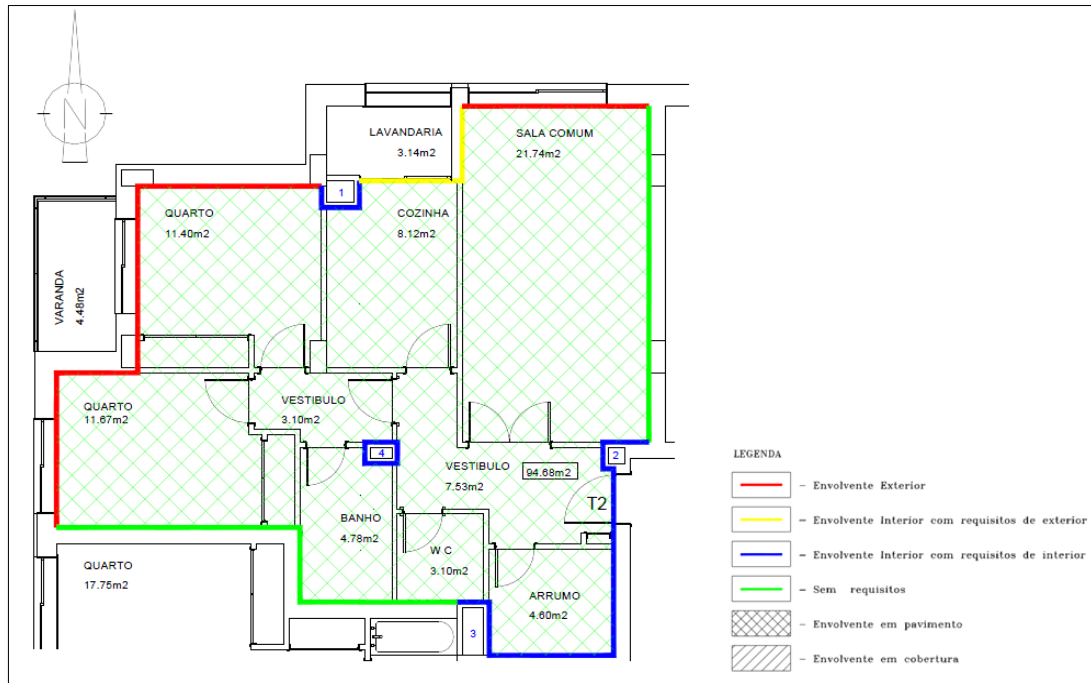


Figura 45: Identificação do fogo analisado (Traçado das envolventes térmicas: Em planta e em pavimento)

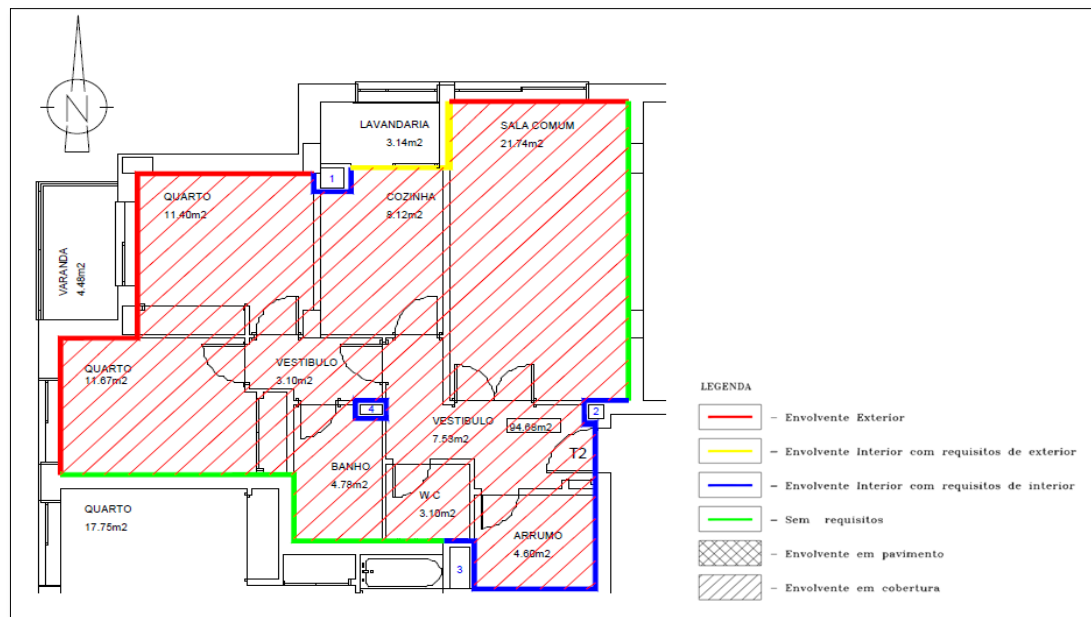


Figura 46: Identificação do fogo analisado (Traçado das envolventes térmicas – Em planta e em teto)

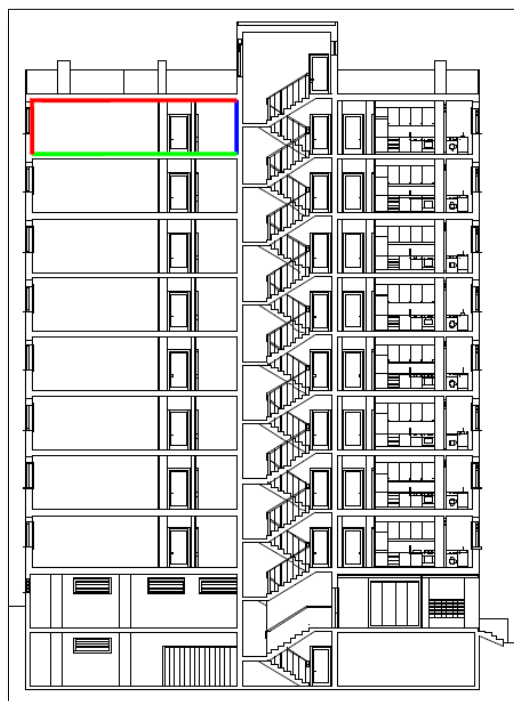


Figura 47: Traçado das envolventes térmicas – Em corte transversal

Na tabela 13 e tabela 14, são apresentados valores das condutibilidades térmicas constantes no ITE 50 do LNEC – Laboratório Nacional Engenharia Civil e os valores de diversos fabricantes devidamente homologados por laboratórios certificados²⁰, bem como os resultados das perdas térmicas para cada uma das situações.

²⁰ Nota: Todos os valores das condutibilidades térmicas expostos nas tabelas 13 e 14, bem como os documentos de homologação (marcação CE) para os materiais isolantes dos fabricantes, encontram-se no (ANEXO IV do Volume II).

Tabela 13: Indicadores energéticos referentes a cada isolante térmico apresentado

INDICADORES ENERGÉTICOS	Aglomerado de cortiça expandida (ICB)		Lã de Rocha		Lã de Vidro	
	LNEC (ITE 50)	Amorim	LNEC (ITE 50)	Fibrosom PN 30	LNEC (ITE 50)	Knauf Insulation TP138
	90 – 140 Kg/m ³	≤ 130 Kg/m ³	20 – 35 Kg/m ³	30 Kg/m ³	15 – 100 Kg/m ³	32 Kg/m ³
	$\lambda = 0.045$	$\lambda = 0.040$	$\lambda = 0.045$	$\lambda = 0.038$	$\lambda = 0.040$	$\lambda = 0.032$
Perdas pela envolvente exterior da Fração Autónoma (W/°C)	90,35	85,34	90,35	83,46	85,34	77,10
Perdas pela envolvente interior da Fração Autónoma (W/°C)	31,08	30,69	31,08	30,51	30,69	30,14
Perdas associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores (W/°C)	30,57	30,57	30,57	30,57	30,57	30,57
Perdas associadas à Renovação Ar (W/°C)	46,07	46,07	46,07	46,07	46,07	46,07
Ganhos Úteis na Estação Aquecimento (Inverno) Ganhos úteis totais (Kwh/ano)	2545,36	2543,98	2545,36	2543,41	2543,98	2541,33
Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni) (Kwh/m ² .ano)	83,06	83,06	83,06	83,06	83,06	83,06
Cálculo do Indicador Nic (Kwh/m ² .ano)	77,42	74,45	77,42	73,32	74,45	69,63
Perdas térmicas totais (Kwh)	2.598,05	2.509,96	2.598,05	2.476,98	2.509,96	2.365,31
Perdas associadas à Cobertura e Envidraçados Exteriores (Verão) (W/°C)	81,51	77,71	81,51	76,19	77,71	71,63
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca (Kwh)	685,46	635,61	685,46	616,24	635,61	554,91
Ganhos Solares pela Envidraçados Exteriores (Kwh)	471,11	471,11	471,11	471,11	471,11	471,11
Ganhos Internos Totais (Kwh)	890,58	890,58	890,58	890,58	890,58	890,58
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (Verão) Ganhos Térmicos Totais (Kwh)	2.047,15	1.997,30	2.047,15	1.977,92	1.997,30	1.916,59
Valor das Necessidades Nominais Arrefecimento (Nvc) (Kwh/m ² .ano)	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,82
Classificação Energética	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A ⁺

Tabela 14: Indicadores energéticos referentes a cada isolante térmico apresentado

INDICADORES ENERGÉTICOS	Poliestireno Expandido Extrudido (XPS)		Poliestireno Expandido Moldado (EPS)	
	LNEC (ITE 50)	Ediltec X-FOAM® LMF PLUS	LNEC (ITE 50)	Plastimar Neoplas100
	25 – 40 Kg/m ³	35 Kg/m ³	15 – 20 Kg/m ³	20 Kg/m ³
	$\lambda = 0.037$	$\lambda = 0.031$	$\lambda = 0.040$	$\lambda = 0.031$
Perdas pela envolvente exterior da Fração Autónoma (W/°C)	82,26	76,03	85,34	76,03
Perdas pela envolvente interior da Fração Autónoma (W/°C)	30,51	30,05	30,69	30,05
Perdas associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores (W/°C)	30,57	30,57	30,57	30,57
Perdas associadas à Renovação Ar (W/°C)	46,07	46,07	46,07	46,07
Ganhos Úteis na Estação Aquecimento (Inverno) Ganhos úteis totais (Kwh/ano)	2543,06	2540,94	2543,98	2540,94
Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni) (Kwh/m ² .ano)	83,06	83,06	83,06	83,06
Cálculo do Indicador Nic (Kwh/m ² .ano)	72,66	68,99	74,45	68,99
Perdas térmicas totais (Kwh)	2.455,86	2.346,43	2.509,96	2.346,43
Perdas associadas à Cobertura e Envidraçados Exteriores (Verão) (W/°C)	75,43	70,87	77,71	70,87
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca (Kwh)	605,38	544,61	635,61	544,61
Ganhos Solares pela Envidraçados Exteriores (Kwh)	471,11	471,11	471,11	471,11
Ganhos Internos Totais (Kwh)	890,58	890,58	890,58	890,58
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (Verão) Ganhos Térmicos Totais (Kwh)	1.967,06	1.906,30	1.997,30	1.906,30
Valor das Necessidades Nominais Arrefecimento (Nvc) (Kwh/m ² .ano)	3,81	3,82	3,80	3,82
Classificação Energética	Classe A	Classe A ⁺	Classe A	Classe A ⁺

VII.4 – Discussão dos resultados

Tabela 15: Comparação dos valores de N_{tc}^{21}/N_t^{22} e o peso em percentagem do valor de R^{23} referentes a cada isolante térmico apresentado

Isolamentos Térmicos	Aglomerado de cortiça expandida (ICB)		Lã de Rocha		Lã de Vidro		Poliestireno Expandido Extrudido (XPS)		Poliestireno Expandido Moldado (EPS)	
	LNEC (ITE 50)	Amorim	LNEC (ITE 50)	Fibrosom PN 30	LNEC (ITE 50)	Knauf Insulation TP138	LNEC (ITE 50)	Ediltec X-FOAM® LMF PLUS	LNEC (ITE 50)	Plastimar Neoplas100
	90 – 140 Kg/m ³	≤ 130 Kg/m ³	20 – 35 Kg/m ³	30 Kg/m ³	15 – 100 Kg/m ³	32 Kg/m ³	25 – 40 Kg/m ³	35 Kg/m ³	15 – 20 Kg/m ³	20 Kg/m ³
	$\lambda = 0.045$	$\lambda = 0.040$	$\lambda = 0.045$	$\lambda = 0.038$	$\lambda = 0.040$	$\lambda = 0.032$	$\lambda = 0.037$	$\lambda = 0.031$	$\lambda = 0.040$	$\lambda = 0.031$
N_{tc}	1.86	1.83	1.86	1.82	1.83	1.79	1.82	1.78	1.83	1.78
N_t	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19	7.19
R	0.259	0.255	0.259	0.253	0.255	0.248	0.252	0.247	0.255	0.247
R (%)	25.9	25.5	25.9	25.3	25.5	24.8	25.2	24.7	25.5	24.7
Classes	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A	Classe A ⁺	Classe A	Classe A ⁺	Classe A	Classe A ⁺

Como é possível observar-se, os valores de N_{tc}/N_t encontram-se muito próximos da fronteira entre duas classes energéticas, tornando este caso sensível em termos de classificação energética pela alteração dos valores condutibilidade térmica dos isolamentos.

²¹ Segundo o artigo 8º do RCCTE (N.º 67 – 4 de Abril de 2006): N_{tc} representa as necessidades globais de energia primária.

²² Segundo o artigo 8º do RCCTE (N.º 67 – 4 de Abril de 2006): N_t representa o valor máximo admissível das necessidades globais estimadas de energia primária.

²³ $R = N_{tc}/N_t$

Capítulo VIII

Conclusões

A realização do trabalho apresentado pretende contribuir para a sensibilização da necessidade de diminuição dos consumos energéticos, especificamente no setor da construção. Com o levantamento das principais problemáticas existentes do uso irracional de energia, tanto a nível Nacional como a nível Europeu, verifica-se que existe um desperdício de energia que atinge níveis preocupantes. Um dos efeitos indesejáveis do uso excessivo de combustíveis fósseis é o aquecimento global decorrente do lançamento para a atmosfera de grandes quantidades de gases responsáveis pelo efeito de estufa (GEE).

Com o objetivo de combater estas problemáticas, identificaram-se as políticas internacionais e nacionais bem como as modificações significativas na regulamentação térmica de edifícios verificada ao longo dos tempos, sempre com o intuito da diminuição das emissões de gases poluentes e do uso racional da energia. Os edifícios têm uma grande responsabilidade na globalidade do consumo energético, sendo por isso obrigatório encontrar soluções para a sua diminuição, que passam tanto pelo uso de materiais e equipamentos mais eficientes, como por disposições construtivas mais favoráveis. Uma vez que é através da “pele” do edifício que se verificam as maiores perdas energéticas, faz todo o sentido melhorar a estrutura que envolve o edifício. Com esta dissertação, conclui-se que o setor dos edifícios possui um enorme potencial de poupança energética, sendo o isolamento térmico uma das formas mais rentáveis para o cumprimento desse objetivo. Por conseguinte, no capítulo V compilou-se todo um conjunto de informação relativa aos mais variados isolamentos térmicos existentes no mercado e de uso corrente na indústria da construção.

Tal informação serve como base de apoio, na tomada de decisão de qual o isolamento a utilizar em determinada situação, tendo assim um termo de comparação para a escolha da solução mais correta, contribuindo para a elaboração de projetos com um desempenho energético mais eficiente. Seguindo a mesma linha de raciocínio criou-se no final deste capítulo uma síntese de soluções de elementos opacos da envolvente que integram isolantes térmicos e um resumo das propriedades desses isolantes,

proporcionando uma maior percepção para o leitor das diferenças entre os materiais expostos ao longo da dissertação. Com a realização deste trabalho, conclui-se que existe uma maior preocupação na melhoria dos isolamentos já existentes e do desenvolvimento de novos materiais e técnicas construtivas mais eficientes, como é o caso dos PCMs e das proteções térmicas reflectantes. A utilização dos PCMs num futuro próximo, bem como um incremento do uso das películas reflectantes trará inúmeras vantagens para o setor da construção devido às inúmeras potencialidades e versatilidade destes materiais.

Com o caso de estudo apresentado no capítulo VII, pretendeu-se sensibilizar o leitor dos benefícios que se pode alcançar com uma seleção mais cuidada dos isolamentos térmicos aplicados nos edifícios. Provavelmente devido aos prazos a cumprir e à escassez do tempo para a realização dos projetos, na maioria das vezes os projetistas reportam-se à utilização dos valores de condutibilidade térmica publicados no ITE 50 – Informação Técnica de Edifícios do LNEC, não pesquisando valores de condutibilidade térmica de fabricantes devidamente homologados. Como complemento criou-se no capítulo V vários quadros comparativos com os valores constantes no ITE 50 e dos produtos existentes no mercado devidamente homologados, concluindo-se que na generalidade estes valores são substancialmente inferiores aos declarados pelo LNEC. No caso de estudo verificou-se que a alteração dos valores das condutibilidades térmicas dos isolamentos proporcionou em algumas situações uma mudança de classe energética da fração. Deste modo espera-se que este trabalho sensibilize os vários intervenientes para os benefícios que se pode alcançar com uma escolha mais criteriosa dos isolamentos térmicos e que se torne numa ferramenta útil e prática para a consulta no âmbito do tratamento térmico de edifícios.

Em relação a propostas de desenvolvimentos futuros:

- Espera-se que este trabalho possa encaminhar para a consideração e estudo mais exaustivo das propriedades dos PCMs e películas reflectantes e de metodologias de cálculo que permitam quantificar a sua eficiência em termos de parâmetros térmicos regulamentares. Outra das propostas passaria pela simulação de mais casos de estudo, em que exista uma análise custo/benefício do uso de isolamentos térmicos convencionais com menores valores condutibilidade térmica.

Referências Bibliográficas

AA, Américo Amorim (2011). Cortiça. [Em linha]. Disponível em http://www.grupoamericoamorim.com/xms/files/Areas_de_Actividade/Cortica_2011.pdf [Consultado em 27/12/2011].

(ACEPE). Vantagens do EPS. [Em linha]. Disponível em http://www.acepe.pt/eps/eps_qeps.asp [Consultado em 4/11/2011].

ACEPE (2005). Isolamento Térmico e Sistema Construtivo. [Em linha]. Disponível em http://www.estig.ipbeja.pt/~rasmi/seminarios/1_ciclo/acepe.pdf [Consultado em 4/11/2011]. Associação Industrial de Poliestireno Expandido, Instituto Politécnico de Beja Engenharia Civil.

ADENE (Agência para a Energia). Outros Isolamentos Térmicos. [Em linha]. Disponível em <http://www.casacertificada.pt/empresas/solucao/outros-isolamentos-termicos> [Consultado em 21/10/2011].

ADENE (2009). Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE). [Em linha]. Disponível em http://www.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/Introducao/Documents/SCE_Geral2.pdf [Consultado em 06/01/2012]. Agência para a Energia.

ADENE (2010). *Guia da Eficiência Energética*. Agência para a Energia.

ADENE (2011). Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [Em linha]. Disponível em <http://www.adene.pt/pt-pt/legislacao/em-casa/Paginas/RCCTE.aspx> [Consultado em 23/12/2011]. Agência para a Energia.

ADENE (2011a). Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) [Em linha]. Disponível em <http://www.adene.pt/pt-pt/legislacao/em-casa/Paginas/RSECE.aspx> [Consultado em 23/12/2011]. Agência para a Energia.

ADENE (2011b). Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) [Em linha]. Disponível em <http://www.adene.pt/pt-pt/legislacao/em-casa/Paginas/SCE.aspx> [Consultado em 23/12/2011]. Agência para a Energia.

Afonso, J. (2009). *Estudo do Comportamento Térmico de Edifícios Antigos – Um Caso de Estudo*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa;

Aipex (Associação Ibérica de Poliestireno Extrudido). Soluções de isolamento térmico com poliestireno extrudido (XPS) para uma construção sustentável. [Em linha]. Disponível em http://www.aipex.es/panel/uploads/descargas/cat_xpsPORT.pdf [Consultado em 4/11/2011].

Al-Homoud, M., Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. *Building and Environment* 40 (2005) 353 – 366. Architectural Engineering Department, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Dhahran 31261, Saudi Arabia.

Amado, M.; (et al.), (2009) *Relatório de Candidatura à Concessão de Terrenos em Cacuaco – Angola*. GEOTPU–FCT–UNL, Angola

Amorim Isolamentos, S.A. (2011). Natureza e tecnologia a solução ideal. [Em linha]. Disponível em <http://www.lidera.info/resources/carlosmanuel.pdf> [Consultado em 27/10/2011].

APCMC (2010). Dossier Eficiência Energética – “Artigo Técnico, entrevistas, produtos” (n.º 148 | março.abril|2010) [Em linha]. Disponível em http://www.apcmc.pt/publicacoes/Revista/Revista_148/img/dossier_efi_energetica.pdf [Consultado em 27/12/2011]. Associação Portuguesa dos Comerciantes de Materiais de Construção.

Apcor (2010). [Cork Information Bureau 2010] Materiais de Construção e Decoração. [Em linha]. Disponível em http://apcor.pt/userfiles/File/Materais_de_construcao_PT.pdf [Consultado em 27/10/2011]. Associação Portuguesa de Cortiça.

APREN (2010). “Roteiro Nacional das Energias Renováveis - Aplicação da Diretiva 2009/28/CE”. [Em linha]. Disponível em http://www.repap2020.eu/fileadmin/user_upload/Roadmaps/roadmap_APREN_VFinal.pdf [Consultado em 19/10/2011]. Associação de Energias Renováveis.

Barros, H. (2009). *Estudo e Avaliação das Componentes Térmicas na utilização de Energia em Edifícios*. Dissertação de Mestrado, Universidade da Madeira, Funchal;

BCORK, Amorim (2011). Área de Projeto – FT AGLOMERADO CORTIÇA EXPANDIDA. [Em linha]. Disponível em <http://www.bcork.amorim.com/> [Consultado em 19/03/2012]. BCORK – Soluções sustentáveis de cortiça para a construção.

BCORK, Amorim (2011a). Área de Projeto – ESPECIAL MDFACHADA. [Em linha]. Disponível em <http://www.bcork.amorim.com/> [Consultado em 19/03/2012]. BCORK – Soluções sustentáveis de cortiça para a construção.

BCORK, Amorim (2011b). NOTÍCIAS: PAVILHÃO DE PORTUGAL DA EXPO XANGAI GANHA PRÉMIO DE DESIGN. [Em linha]. Disponível em <http://www.bcork.amorim.com/pt/news/portugal-pavilion-of-expo-shanghai-wins-design-award> [Consultado em 27/12/2011]. BCORK – Soluções sustentáveis de cortiça para a construção.

BCORK, Amorim (2011c). Obras de Referência. [Em linha]. Disponível em <http://www.bcork.amorim.com/pt/reference> [Consultado em 27/12/2011]. BCORK – Soluções sustentáveis de cortiça para a construção.

BCORK, Amorim (2011d). Área de Projeto. [Em linha]. Disponível em <http://www.bcork.amorim.com/pt/project-area/mdfachada> [Consultado em 27/12/2011]. BCORK – Soluções sustentáveis de cortiça para a construção.

BCORK, Amorim (2011e). Área de Projeto – CERTIFICADO ICEA. [Em linha]. Disponível em <http://www.bcork.amorim.com/> [Consultado em 20/03/2012]. BCORK – Soluções sustentáveis de cortiça para a construção.

BCORK, Amorim (2011f). Área de Projeto – CERTIFICADO R. [Em linha]. Disponível em <http://www.bcork.amorim.com/> [Consultado em 20/03/2012]. BCORK – Soluções sustentáveis de cortiça para a construção.

BCORK, Amorim (2011g). Área de Projeto – CERTIFICADO FSC. [Em linha]. Disponível em <http://www.bcork.amorim.com/> [Consultado em 19/03/2012]. BCORK – Soluções sustentáveis de cortiça para a construção.

BCORK, Amorim (2011h). Área de Projeto – RELATÓRIO DE DURABILIDADE (LNEC). [Em linha]. Disponível em <http://www.bcork.amorim.com/> [Consultado em 19/03/2012]. BCORK – Soluções sustentáveis de cortiça para a construção.

Bentil, D. (2001). *Alternative Residential Construction Systems – Second Edition*. [Em linha]. Disponível em <http://www.shimberg.ufl.edu/pdf/publications/hebelDoc.pdf> [Consultado em 26/11/2011].

Biohabitat (2009). Catálogo Isofloc [Em linha]. Disponível em http://www.biohabitat.pt/sites/biohabitat.pt/files/bht_isofloc.pdf [Consultado em 28/10/2011].

Bolsoni, E. (2008). *Estudo do Reaproveitamento e Reutilização das Espumas Rígidas de Poliuretano Pós-Consumo*. Engenharia e Ciência de Materiais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia – PIPE. Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Bosquilha, A. (2003). *Minimanual compacto de física : teoria e prática*. 2ª Edição. rev. São Paulo, Rideel.

BPF (British Plastics Federation), (2008). *EPS Briefing: For Architects, Architectural Technicians, Building and Construction Specifiers*. BPF EPS Construction Group, London.

Camões, A. e Ferreira, R. (2006). *INOVAÇÃO EM BETÕES: Nova normalização e produção de betões especiais*. Comunicações do Seminário, Parque de Exposições de Braga, Construtor 2006, Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil.

Cavalcanti, M. (2011). *Análise da Influência de Superfícies Refletivas nas Perdas de Calor de Sistemas Térmicos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – PPGEM;

CICECO, (2006). *Investigação em destaque 2002–2006*. Universidade de Aveiro, CICECO – Centro de investigação em materiais cerâmicos e compósitos

CienciaPT (2012). UMinho desenvolve revestimento inovador que aquece casas. [Em linha]. Disponível em http://www.cienciapt.net/pt/index.php?option=com_content&task=view&id=105677&Itemid=279 [Consultado em 05/06/2012]. CienciaPT – A Educação, Ciência, Tecnologia e Inovação em Português.

Comissão Europeia, Direção-Geral da Energia e dos Transportes (2003) – Comunidade Europeias (2003). *Melhores Edifícios*. [Em linha]. Disponível em http://www.energyefficiency.basf.com/ecp1/EnergyEfficiency/en/function/conversions:/publish/upload/pdf/leaflet_better_buildings_pt.pdf [Consultado em 26/12/2011]

Costa, D. (2008). *Metodologia e Sistemas de Gestão de Contabilidade Energética Municipal*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Desjarlais, A.; Tye, R. (1990). *Research and Development Data to Define the Thermal Performance of Reflective Materials used to Conserve Energy in Building Applications*. U.S. Department of Commerce, National Technical Information Service (NTIS), Springfield.

DGEG (2002). Política Energética: Caracterização Energética Nacional [Em linha]. Disponível em <http://lge.deec.uc.pt/ensino/geei/Docs/ProgramaEffEdificios.pdf> [Consultado em 16/03/2012]. Direção Geral de Energia e Geologia - Ministério da Economia

DGEG (2011). Eficiência Energética nos Edifícios [Em linha]. Disponível em <http://www.dgge.pt/> [Consultado em 07/10/2011]. Direção Geral de Energia e Geologia

DGEG (2011a). Energia Solar [Em linha]. Disponível em <http://www.dgge.pt/> [Consultado em 11/12/2011]. Direção Geral de Energia e Geologia

Diário Económico, (2010). China e Índia fazem consumo mundial de energia disparar 40%. [Em linha]. Disponível em http://www.apren.pt/fotos/noticias/27_09_2010_china_e_india_fazem_consumo_mundial_de_energia_disparar_40_diario_economico_1285954863.pdf [Consultado em 5/10/2011]. Diário Económico (27-09-2010).

Dow (2006). Catálogo Dow - Soluções para a Construção. [Em linha]. Disponível em http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_07b2/0901b803807b2ae6.pdf?filepath=styrofoam_pt/pdfs/noreg/291-11939.pdf&fromPage=GetDoc [Consultado em 19/03/2012].

Dutra, M. (2010). *Caraterização de Revestimentos em Fachadas Ventiladas. Análise do Comportamento*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa;

ECEEE (2010). The Energy Performance of Buildings Directive (2010/31/EU) – ECEEE breve política. [Em linha]. Disponível em http://www.eceee.org/buildings/eceee_buildings_policybrief2010_rev.pdf [Consultado em 23/12/2011]. Conselho Europeu para uma Economia Energeticamente Eficiente.

EcoEdp (2012). Recomendações [Em linha]. Disponível em <http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/conhecer/guia-pratico-para-a-casa-eficiente/recomendacoes> [Consultado em 04/01/2012]. EDP - Energias de Portugal.

Ediltec (2010). Declaração de conformidade CE do produto X-FOAM® HBD. [Em linha]. Disponível em <http://spain.ediltec.com/admin/certificazioni/DECLARACAO%20CONFORMIDADE%20CE-%20HBD.pdf> [Consultado em 14/04/2012].

Ediltec (2010a). Declaração de conformidade CE do produto X-FOAM® HBD. [Em linha]. Disponível em <http://spain.ediltec.com/admin/certificazioni/ACERMI-HBT%20PLUS,HBD%20PLUS,LMF%20PLUS.pdf> [Consultado em 14/04/2012].

EDP (2006). Guia Prático da Eficiência Energética. [Em linha]. Disponível em http://ws.cgd.pt/blog/pdf/guia_edp.pdf [Consultado em 26/12/2011]. Energias de Portugal, S.A.

Eires, R. (2005). Aglomerado Compósito de Granulado de Cortiça - Materiais Não Convencionais para uma Construção Sustentável. [Em linha]. Disponível em http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4856/2/Eires_CII_2005.pdf [Consultado em 26/10/2011].

Eires, R. (2006). *Materiais Não Convencionais para uma Construção Sustentável utilizando Cânhamo, Pasta de Papel e Cortiça*. Dissertação de Mestrado – Área de Especialização em Materiais e Reabilitação da Construção, Universidade do Minho;

EPBD (16 de Dezembro de 2002), Directiva 2002/91/CE. *Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios*. Bruxelas, Jornal Oficial das Comunidades Europeias.

EPBD (19 de Maio de 2010), Directiva 2010/31/UE. *Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação)*. Estrasburgo, Jornal Oficial das Comunidades Europeias.

EUMEPS (2009). Low and net zero energy buildings with EPS Insulation. [Em linha]. Disponível em <http://www.eumeps.org/show.php?ID=4717&psid=hmotjteo> [Consultado em 14/01/2012].

Eurima (2009). Insulation in a nutshell. [Em linha]. Disponível em http://www.eurima.org/uploads/ModuleXtender/Documents/95/documents/eurima_nutshell_EN.pdf [Consultado em 12/01/2012].

Farid, M., Khudhair, A., Razack, S., Al-Hallaj, S., A review on phase change energy storage: materials and applications. *Energy Conversion and Management* 45 (2004) 1597 – 1615.

Fibrosom (Materiais de Construção, S.A.). Catálogo Geral de Produtos. [Em linha]. Disponível em <http://www.fibrosom.com/catalogos.htm> [Consultado em 19/03/2012].

Fibrosom, S.A. [Em linha]. Disponível em <http://www.fibrosom.com/> [Consultado em 28/03/2012].

GAHC (Green Affordable Housing Coalition), 2005. Radiant Barrier System. [Em linha]. Disponível em <http://www.builditgreen.org/attachments/wysiwyg/3/Radiant-Barriers.pdf> [Consultado em 31/01/2012].

Gil, L. (2007). *A cortiça como material de construção Manual Técnico*. [Em linha]. Disponível em <http://www.apcor.pt/userfiles/File/Caderno%20Tecnico%20F%20PT.pdf> [Consultado em 27/10/2011].

Gonçalves, H. (2010). Eficiência Energética nos Edifícios – Energia 2020. [Em linha]. Disponível em <http://energia2020.fc.ul.pt/energia2020/apresentacoes/Helder%20Goncalves.pdf> [Consultado em 26/12/2011]

Gouveia, P. (2008). *Caraterização dos impactes da envolvente no desempenho térmico dos edifícios*. Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa;

(Grace Construction Products, sd). Perlite: Grace Specialty Vermiculite. [Em linha]. Disponível em <http://www.na.graceconstruction.com/vermiculite/download/perlite.pdf> [Consultado em 12/02/2012]. Zonolite® Industrial

IEA (International Energy Agency), 2009. World Energy Outlook 2009. [Em linha]. Disponível em <http://www.iea.org/weo/2009.asp> [Consultado em 11/10/2011]

Instituto do PVC. A fabricação do PVC. [Em linha]. Disponível em http://www.institutodopvc.org/publico/?a=conteudo&canal_id=39&subcanal_id=40 [Consultado em 23/01/2012].

(Instituto do PVC, a). Aplicação do PVC na construção civil. [Em linha]. Disponível em http://www.institutodopvc.org/publico/?a=conteudo_link&co_id=122 [Consultado em 23/01/2012].

(Instituto do PVC, b). O PVC e a construção e arquitetura sustentáveis. [Em linha]. Disponível em http://www.institutodopvc.org/publico/?a=conteudo_link&co_id=90 [Consultado em 23/01/2012].

Kelly, R. Latent Heat Storage in Building Materials, AMEC Design. [Em linha]. Disponível em <http://www.cibse.org/pdfs/Latent%20heat%20storage.pdf> [Consultado em 29/11/2011].

Knauf Insulation (2009). Certificado de marcação CE (Painel Plus: TP138). [Em linha]. Disponível em http://www.knaufinsulation.pt/files/ki_es/upload/documents/16_TP116_CE.pdf [Consultado em 14/04/2012].

Knauf Insulation (2009a). Certificado de conformidade da marcação CE do produto (Ultracoustic P). [Em linha]. Disponível em http://www.knaufinsulation.pt/files/ki_es/upload/documents/68_ULTRACOUSTIC_P_CE.pdf [Consultado em 14/04/2012].

Knauf Insulation (2009b). Certificado de marcação CE (Painel Plus: TP138). [Em linha]. Disponível em http://www.knaufinsulation.pt/files/ki_es/upload/documents/55_TP138_CE.pdf [Consultado em 14/04/2012].

Kvisla, P. (2011). *Reflective Insulation – Most Efficient Insulation, or too many complications?* Dissertação de Mestrado, VIA University College, Dinamarca;

Labrincha, J. (2006). *Associação para o Desenvolvimento da Casa do Futuro. Sub Projeto de Isolamento Térmico (1º Relatório de Progresso)*, Universidade de Aveiro, AveiroDomus;

Labrincha, J. (2006a). *Associação para o Desenvolvimento da Casa do Futuro. Sub Projeto de Isolamento Térmico (2º Relatório de Progresso)*, Universidade de Aveiro, AveiroDomus;

LNEC (2006). *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios – ITE 50*. Lisboa, LNEC.

LNEC (2011). M/103 – Produtos de Isolamento Térmico [Em linha]. Disponível em http://www.lnec.pt/qpe/marcacao/mandatos/mandato_103.pdf [Consultado em 07/12/2011]. Laboratório Nacional Engenharia Civil.

Lopes, J. (1994). *Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas em Terraço*. Informação Técnica Edifícios ITE 34, LNEC, Lisboa;

Lucas, S. (2008). *Critérios Ambientais na Utilização de Materiais de Construção*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro;

Marques, A. (2009). Isolamento Térmico e Acústico 2009/2010: Isolamentos. [Em linha]. Disponível em <http://www2.ufp.pt/~jguerra/PDF/Construcoes/Isolamentos.pdf> [Consultado em 01/02/2012].

Mateus, R. (2004). *Novas Tecnologias Construtivas com vista à Sustentabilidade da Construção*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho;

Matias, L. (2001). *Avaliação do Desempenho Térmico de Proteções Reflectantes aplicadas em Coberturas Inclinadas*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa;

Mendonça, P. (2005). Sistema de Fachadas. In: Mendonça, P. (Ed.). *Habitar sob uma Segunda Pele: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, pp. 1- 76.

Met@lica, (2011). Lã de Vidro: Isolamento Térmico e Acústico. [Em linha]. Disponível em <http://www.metallica.com.br/la-de-vidro-isolamento-termico-e-acustico> [Consultado em 24/11/2011].

Met@lica, (2011a). Lã de Rocha: Isolamento Térmico e Acústico. [Em linha]. Disponível em <http://www.metallica.com.br/la-de-rocha-isolamento-termico-e-acustico> [Consultado em 25/11/2011].

Michels, C. (2007). *Análise da Transferência de Calor em Coberturas com Barreiras Radiantes*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis;

Mirante, F. (2007). *Caraterização por cromatografia gasosa de óleos vegetais e ceras parafínicas*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Departamento de Química, Aveiro;

(Perlite Institute, sd). Perlite Loose Fill Insulation – Building, High Temperature, Low Temperature and Cryogenic applications. [Em linha]. Disponível em http://www.perlite.org/product_guides/32%20Loose%20Fill%20Insulation.pdf [Consultado em 09/02/2012].

(Perlite Institute, sd, a). Origin and Characteristics of Perlite. [Em linha]. Disponível em http://www.perlite.org/product_guides/1%20Basic%20Facts%20about%20Perlite.pdf [Consultado em 09/02/2012].

(Perlite Institute, sd, b). Perlite the Versatile Mineral: Typical Applications. [Em linha]. Disponível em http://www.perlite.org/perlite_info/guides/general_info/Perlite_House.pdf [Consultado em 10/02/2012].

Pessoa, C. (2009). *Relação dos Consumos Energéticos dos Edifícios de Habitação com as Emissões do Ciclo de Produção das Soluções Construtivas*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho;

Pieraldo, I.; (et al.), (2008) *Eficiência Energética nos Edifícios Residenciais (Manual do Consumidor) – EnerBuilding.eu Energy Efficiency*. Lisboa, Deco.

Plastimar (2011). EPS. [Em linha]. Disponível em http://www.plastimar.pt/downloads/file4_pt.pdf [Consultado em 21/03/2012].

Plastimar (2011a). EPS X. [Em linha]. Disponível em http://www.plastimar.pt/downloads/file75_pt.pdf [Consultado em 21/03/2012].

Plastimar (2011b). Neoplas. [Em linha]. Disponível em http://www.plastimar.pt/downloads/file69_pt.pdf [Consultado em 21/03/2012].

PNUD, (2007). *Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008. Combater as alterações climáticas: Solidariedade humana num mundo dividido*. IPAD, Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento, Edições Almedina, SA.

RCCTE (N. ° 31 – 6 de Fevereiro de 1990), Decreto-Lei n.º 40/90. *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*. Portugal, Diário da República – I série.

RCCTE (N. ° 67 – 4 de Abril de 2006), Decreto-Lei n.º 80/2006. *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*. Portugal, Diário da República – I série - A.

Revista Alumínio, (2011). Ar mais económico. [Em linha]. Disponível em <http://www.revistaaluminio.com.br/recicla-inovacao/16/artigo210640-1.asp> [Consultado em 03/12/2011].

RIMA (Reflective Insulation Manufacturers Association), 2002. Reflective Insulation, Radiant Barriers and Radiation Control. [Em linha]. Disponível em <http://www.rimainternational.org/pdf/handbook.pdf> [Consultado em 31/01/2012].

RSECE (N. ° 105 – 7 de Maio de 1998), Decreto-Lei n.º 118/98. *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios*. Portugal, Diário da República – I série - A.

Rubitherm (Phase Change Material). Compact Storage Module & PCM compact storage unit. [Em linha]. Disponível em <http://www.rubitherm.com/> [Consultado em 30/11/2011].

Samagaio, A. (2006). *Associação para o Desenvolvimento da Casa do Futuro*. Sub-projeto de Acústica (2º Relatório de Progresso). Universidade de Aveiro, AveiroDomus;

Santos, P. e Paiva, V. (1990). *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. Informação Técnica Edifícios ITE 28, LNEC, Lisboa;

Santos, P. (1993). *Materiais Granulares Leves no Isolamento Térmico de Edifícios – Estudo Experimental da sua Viabilidade e Desempenho*. Dissertação de Doutoramento, IST – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa;

Schumacher (Insumos para a Indústria), 2012. Perlite Expandida. [Em linha]. Disponível em <http://www.schumacherinsumos.com.br/perlita.htm> [Consultado em 01/02/2012].

Sharma, A., Tyagi, V-V, Chen, C.R., and Buddhi, D., Review on thermal energy storage with phase change material and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (2009) 318 – 345.

Silva, C. (2009). *O Mercado Organizado de CO₂ – Oportunidade de Investimento e Melhoria do Ambiente – Compatíveis?* Relatório de Projeto Mestrado em Mercados e Ativos Financeiros, ISCTE Business School.

Silva, L. (2007). *Análise técnico/financeira de paredes exteriores em panos simples*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa;

Silva, N. (2009). *Incorporação de Materiais de Mudança de Fase em Materiais de Construção*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho;

Sznelwar, J.; (et al.), (2009). Relatório Técnico 48 – Perfil da Vermiculita – Contrato N° 48000.003155/2007-17: Desenvolvimento de Estudos para elaboração do Plano Duodecenal (2010 - 2030) de Geologia, Mineração e Transformação. Brasil, A J.Mendo (Consultoria estratégica, técnica e de negócios em mineração).

Ugarte, J. e Monte, M. (2005). STA-34 – Estudo da Vermiculita como adsorvente de Óleo e Metal Pesado. Série Tecnologia Ambiental (ISSN 0103-7374), CETEM / MCT, (CETEM – Centro de Tecnologia Mineral).

UNEP (United Nations Environment Programme), 2009. Resource efficiency. [Em linha]. Disponível em <http://www.unep.org/pdf/brochures/ResourceEfficiency.pdf> [Consultado em 28/01/2012].

URSA Insulation, S.A. Madrid (2009). Manual de Isolamento. [Em linha]. Disponível em http://www.ursa.pt/files/00_AF_IPM09ES_FINAL.pdf [Consultado em 12/01/2012].

Valério, J. (2007). *Avaliação do Impacte das Pontes Térmicas no Desempenho Térmico e Energético de Edifícios Residenciais Correntes*. Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa;

Pedro Filipe Sousa Mendes

**Isolamentos Térmicos em Edifícios e seu Contributo para a
Eficiência Energética**
Recomendações de Projeto

UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA

Porto, 2012

Pedro Filipe Sousa Mendes

**Isolamentos Térmicos em Edifícios e seu Contributo para a
Eficiência Energética**
Recomendações de Projeto

UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA

Porto, 2012

Pedro Filipe Sousa Mendes

Isolamentos Térmicos em Edifícios e seu Contributo para a Eficiência Energética

Recomendações de Projeto

Assinatura:

“Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil”

Porto, 2012

ÍNDICE:

ANEXO I – Alçados, cortes e plantas do edifício em estudo.....	1
ANEXO II – Folha de apoio à introdução de dados no Software de cálculo (Requisitos mínimos, mapa de medições e características térmicas em que o isolante térmico utilizado foi o Poliestireno Expandido Extrudido (XPS), com um valor de condutibilidade térmica declarado pelo LNEC de $\lambda=0.037$ W/m.°C).....	4
ANEXO III – Folhas de cálculo para o Poliestireno Expandido Extrudido (XPS), com um valor de condutibilidade térmica declarado pelo LNEC de $\lambda=0.037$ W/m.°C e respetivas fichas.....	12
ANEXO IV – Documentos de homologação (marcação CE) dos isolantes térmicos dos fabricantes.....	24
ANEXO V – Características de desempenho de vários materiais de isolamento térmico.....	72

ANEXOS

ANEXO I – Alçados, cortes e plantas do edifício em estudo.

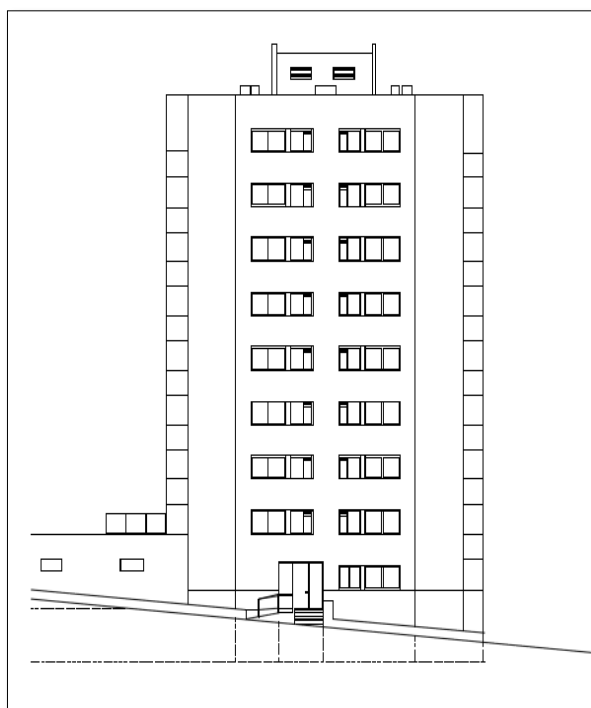


Figura 48 (vol. anexos): Alçado Principal (Sul);
Fonte: Projeto fornecido por Pinto Coelho & Real, Lda.



Figura 49 (vol. anexos): Alçado Lateral Direito (Nascente);
Fonte: Projeto fornecido por Pinto Coelho & Real, Lda.

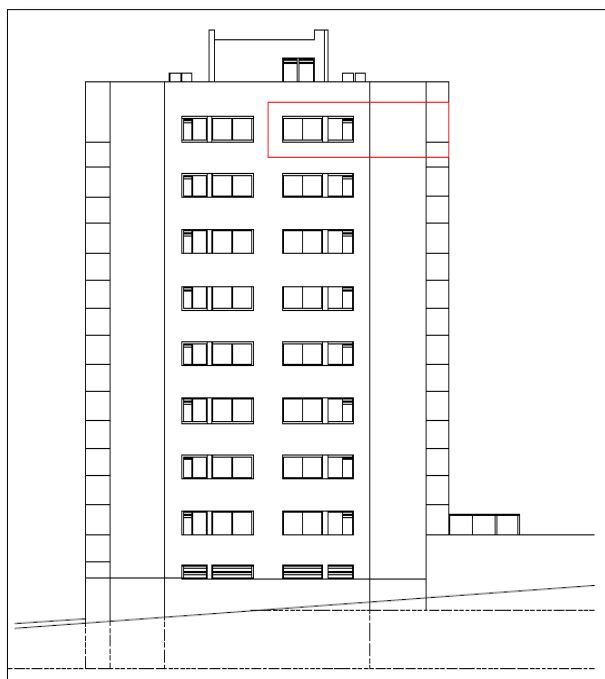


Figura 50 (vol. anexos): Alçado Posterior (Norte);
Fonte: Projeto fornecido por Pinto Coelho & Real, Lda.

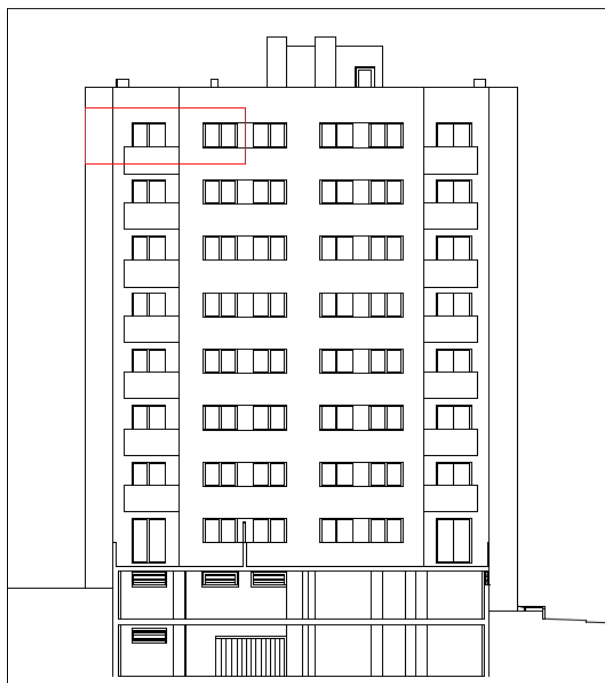


Figura 51 (vol. anexos): Alçado Lateral Esquerdo (Oeste);
Fonte: Projeto fornecido por Pinto Coelho & Real, Lda.

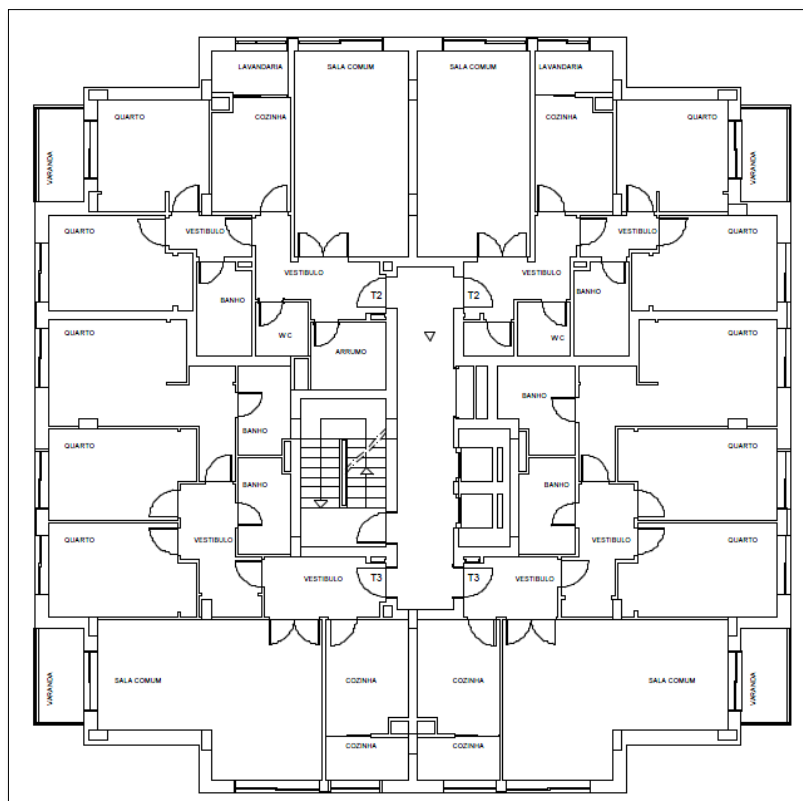


Figura 52 (vol. anexos): Planta dos andares;

Fonte: Projeto fornecido por Pinto Coelho & Real, Lda.

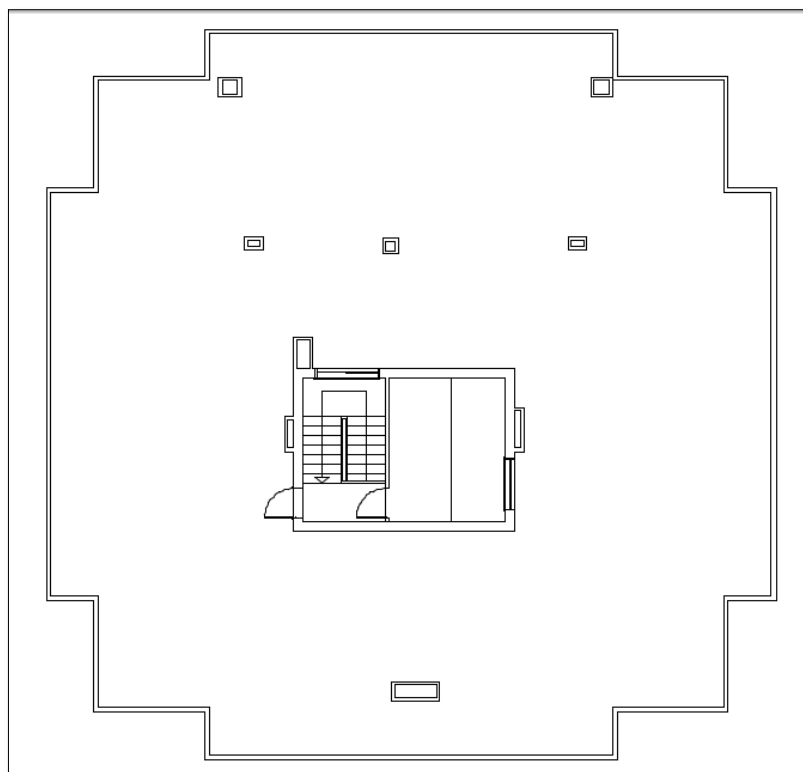


Figura 53 (vol. anexos): Planta da cobertura;

Fonte: Projeto fornecido por Pinto Coelho & Real, Lda.

ANEXO II – Folha de apoio à introdução de dados no Software de cálculo
(T2 7º piso N/W em Ermesinde, Valongo)

▪ Requisitos Mínimos

(U's envolvente opaca – zona corrente e PTP's e g's – 100 % dos vãos envidraçados)

Verificação dos requisitos mínimos regulamentares – ELEMENTOS OPACOS ZONA CORRENTE e PTP'S				
	Descrição das envolventes	U	$U \leq 2 * U_{\text{scorrente}}$	U máx
Envolvente EXTERIOR				
Zonas opacas verticais 1	Paredes Exteriores	0,63		1,60
Zonas opacas verticais 2				
Zonas opacas verticais 3				
Zonas opacas verticais 4				
Zonas opacas horizontais 1	Cobertura Exterior - Terraço	0,59		1,00
Zonas opacas horizontais 2				
Zonas opacas horizontais 3				
Zonas opacas horizontais 4				
PTPs (U ≤ Umax) 1	Pilares até 2,40 m	0,69	1,26	1,60
PTPs (U ≤ Umax) 2	Pilares entre 2,40 m e 2,70 m	0,83	1,26	1,60
PTPs (U ≤ Umax) 3	Vigas	0,66	1,26	1,60
PTPs (U ≤ Umax) 4	Caixas de Estore	0,90	1,26	1,60
PTPs (U ≤ Umax) 5				
PTPs (U ≤ Umax) 6				
PTPs (U ≤ Umax) 7				
PTPs (U ≤ Umax) 8				
PTPs (U ≤ Umax) 9				

Figura 54 (vol. anexos): Verificação dos requisitos mínimos regulamentares – Envolvente Exterior

Verificação dos requisitos mínimos regulamentares – ELEMENTOS OPACOS ZONA CORRENTE e PTP'S				
	Descrição das envolventes	U	$U \leq 2 * U_{\text{scorrente}}$	U máx
Envolvente INTERIOR c/ requisitos de EXTERIOR				
Zonas opacas verticais 1	Parede da sala em contacto com a lavandaria	0,55		1,60
Zonas opacas verticais 2				
Zonas opacas verticais 3				
Zonas opacas verticais 4				
Zonas opacas horizontais 1				
Zonas opacas horizontais 2				
Zonas opacas horizontais 3				
Zonas opacas horizontais 4				
PTPs (U ≤ Umax) 1				
PTPs (U ≤ Umax) 2				
PTPs (U ≤ Umax) 3				
PTPs (U ≤ Umax) 4				
PTPs (U ≤ Umax) 5				
PTPs (U ≤ Umax) 6				
PTPs (U ≤ Umax) 7				
PTPs (U ≤ Umax) 8				
PTPs (U ≤ Umax) 9				

Figura 55 (vol. anexos): Verificação dos requisitos mínimos regulamentares – Envolvente Interior c/requisitos de Exterior

Verificação dos requisitos mínimos regulamentares – ELEMENTOS OPACOS ZONA CORRENTE e PTP'S				
	Descrição das envolventes	U	$U \leq 2 \cdot U_{\text{scorrente}}$	U máx
Envolvente INTERIOR c/ requisitos de INTERIOR				
Zonas opacas verticais 1	Paredes dos ductos	1,82		2,00
Zonas opacas verticais 2	Paredes de separação CHC e caixa de escadas	0,48		2,00
Zonas opacas verticais 3				
Zonas opacas verticais 4				
Zonas opacas horizontais 1				
Zonas opacas horizontais 2				
Zonas opacas horizontais 3				
Zonas opacas horizontais 4				
PTPs ($U \leq U_{\text{max}}$) 1				
PTPs ($U \leq U_{\text{max}}$) 2				
PTPs ($U \leq U_{\text{max}}$) 3				
PTPs ($U \leq U_{\text{max}}$) 4				
PTPs ($U \leq U_{\text{max}}$) 5				
PTPs ($U \leq U_{\text{max}}$) 6				
PTPs ($U \leq U_{\text{max}}$) 7				
PTPs ($U \leq U_{\text{max}}$) 8				
PTPs ($U \leq U_{\text{max}}$) 9				

Figura 56 (vol. anexos): Verificação dos requisitos mínimos regulamentares – Envolveinte Interior c/requisitos de Interior

Verificação dos requisitos mínimos regulamentares – VÃOS ENVIDRAÇADOS				
Tipo de envidraçado	Descrição dos envidraçados	Inércia térmica	$g_{\perp 100\%}$	$g_{\perp \text{máx}}$
A P E N A S P A R A A Envolveinte EXTERIOR				
Envidraçado tipo 1	Vãos envidraçados exteriores	Forte	0,04	0,56
Envidraçado tipo 2				
Envidraçado tipo 3				
Envidraçado tipo 4				

Figura 57 (vol. anexos): Verificação dos requisitos mínimos regulamentares – Vãos envidraçados

- **Mapa de medições e características térmicas:** Isolante térmico utilizado foi o Poliestireno Expandido Extrudido (XPS), com um valor de condutibilidade térmica declarado pelo LNEC de $\lambda=0.037 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$.

Art. n°	Descrição/medição dos elementos do projeto	Area (m²)	B (m)	Mst (Kg m²)	Msi (Kg m²)	U (W/m² °C)	Ψ (W/m °C)	ε	F	τ
1	Area útil: (adição das áreas dos vários compartimentos do projeto)	76,04								
2	Paredes Exteriores:									
	- Orientação Oeste -W: (3,05 + 2,9) * 2,7 - [2,34 ⁽¹⁾ + 4,14 ⁽¹⁾ + 0,47 ⁽²⁾ + 1,26 ⁽²⁾ + 0,72 ⁽²⁾ + 0,09 ⁽²⁾]	7,05								
	- Orientação Norte -N: (3,45 + 3,4 + 1,1) * 2,7 ⁽¹⁾ - [3,38 ⁽¹⁾ + 1,43 ⁽²⁾ + 0,87 ⁽²⁾ + 0,72 ⁽²⁾ + 0,09 ⁽²⁾]	14,98								
	⁽¹⁾ Janelas, ⁽²⁾ Pontes Térmicas Planas									
	- Caracterização Térmica: R = 0,04 + 0,13 ⁽¹⁾ + 0,18 ⁽²⁾ + 0,03/0,037 ⁽³⁾ + 0,27 ⁽⁴⁾ + 0,02/1,3 ⁽⁵⁾ + 0,13 R = 1,59m²°C/W					0,63				
	Massa: 176 ⁽¹⁾ + 140 ⁽⁴⁾ + 0,02 * 1900 ⁽⁵⁾			354	150					
	⁽¹⁾ Tijolo maciço 11cm									
	⁽²⁾ Caixa de ar 15 cm									
	⁽³⁾ XPS 3cm									
	⁽⁴⁾ Tijolo furado 11cm									
	⁽⁵⁾ Reboco 2 cm									
3	Pontes térmicas Planas:									
	- Orientação W:									
	- Zona do talão da viga: (0,1 + 0,7 + 0,3 + 0,45) * 0,3	0,47								
	- Zona da caixa de estore: 2,1 * 0,3 + 2,1 * 0,3	1,26								
	- Zona do pilar até 2,4m de altura (em 2,4m): 0,3 * 2,4	0,72								
	- Zona do pilar de 2,4m a 2,7m de altura (em 0,3m): 0,3 * 0,3	0,09								
	- Orientação N:									
	- Zona do talão da viga: (0,65 + 2,9 + 1,2) * 0,3	1,43								
	- Zona da caixa de estore: 2,9 * 0,3	0,87								
	- Zona do pilar até 2,4m de altura (em 2,4m): 0,3 * 2,4	0,72								
	- Zona do pilar de 2,4m a 2,7m de altura (em 0,3m): 0,3 * 0,3	0,09								
	- Caracterização Térmica das PTP de caixa de estores: R = 0,13 + 0,03/0,037 ⁽¹⁾ + 0,04/2,0 ⁽²⁾ + 0,02/1,3 ⁽³⁾ + 0,13 R = 1,11m²°C/W					0,9				
	⁽¹⁾ XPS 3cm									
	⁽²⁾ Betão 4 cm									
	⁽³⁾ Reboco 2cm									
	- Massa das PTP de caixa de estores: 2300*0,04 ⁽¹⁾ + 0,02*1900 ⁽²⁾			130	130					
	⁽¹⁾ Betão; ⁽²⁾ Reboco									

Isolamentos Térmicos em Edifícios e seu Contributo para a Eficiência Energética

Art. n°	Descrição/medição dos elementos do projeto	Área (m²)	B (m)	Mst (Kg/m²)	Msi (Kg/m²)	U (W/m².°C)	Ψ (W/m.°C)	g	F	τ
	- Caracterização Térmica das PTP de pilares (até 2,4m de altura): R = 0,04+0,13 ⁽¹⁾ +0,17 ⁽²⁾ +0,3/2 ⁽³⁾ +0,03/0,037 ⁽⁴⁾ + 0,02/1,3 ⁽⁵⁾ + 0,13 = 1,45m²C/W					0,69				
	-Massa: 176 ⁽¹⁾ +0,3 * 2500 ⁽²⁾ +0,02 * 1900 ⁽³⁾			964	38					
	⁽¹⁾ Tijolo maciço 11cm									
	⁽²⁾ Caixa de ar 1,5 cm									
	⁽³⁾ Betão 30 cm									
	⁽⁴⁾ XPS 3cm									
	⁽⁵⁾ Reboco 2cm									
	- Caracterização Térmica das PTP de pilares (altura 2,4m a 2,7m): R = 0,04+0,03/1,3 ⁽¹⁾ + 0,38/2 ⁽²⁾ + 0,03/0,037 ⁽³⁾ + 0,02/1,3 ⁽⁴⁾ + 0,13 R = 1,21m²C/W					0,83				
	-Massa: 0,03 * 1800 ⁽¹⁾ + 0,38 * 2500 ⁽²⁾ + 0,02 * 1900 ⁽³⁾			1042	38					
	⁽¹⁾ Capa cerâmica + reboco (média) 3cm									
	⁽²⁾ Betão 38 cm									
	⁽³⁾ XPS 3cm									
	⁽⁴⁾ Reboco 2cm									
	- Caracterização Térmica da PTP do talão da viga (topo das lajes): R = 0,04 + 0,03/1,3 ⁽¹⁾ +0,08/2 ⁽²⁾ + 0,18 ⁽³⁾ + 0,03/0,037 ⁽⁴⁾ + 0,27 ⁽⁵⁾ + 0,02/1,3 ⁽⁶⁾ + 0,13 R = 1,51m²C/W					0,66				
	-Massa: 0,03 * 1800 ⁽¹⁾ +0,08 * 2500 ⁽²⁾ + 140 ⁽³⁾ + 0,02 * 1900 ⁽⁴⁾			432	150					
	⁽¹⁾ Capa cerâmica + reboco (média) 3cm									
	⁽²⁾ Betão 8 cm									
	⁽³⁾ Caixa de ar 15 cm									
	⁽⁴⁾ XPS 3cm									
	⁽⁵⁾ Tijolo furado 11cm									
	⁽⁶⁾ Reboco 2cm									
4	Vãos Envidraçados exteriores:									
	- Orientação W: 1,8*1,3	2,34								
	1,8*2,3(varanda)	4,14							α=43,15° Ff(Inv) = 0,81 Ff(Ver) = 0,96	
	- Orientação N: 2,6*1,3	3,38								
	- Caracterização Térmica dos Vãos envidraçados exteriores: Através do ITE 50-vidro duplo 6+6+5mm, caixilharia em alumínio sem grade com permeabilidade baixa ao ar e com estore plástico exterior de cor clara					3,1		0,75(gvidro) 0,63(gInv) 0,04(g100%) 0,25(gVerão)		
5	Coberturas Exteriores Plana invertida, laje aligeirada 33cm + XPS 4cm + godo (ITE50 - II.65 - Fluxo ascendente)	76,04		350	150	0,59				

Isolamentos Térmicos em Edifícios e seu Contributo para a Eficiência Energética

Art. n.º	Descrição/medição dos elementos do projeto	Área (m ²)	B (m)	Mst (Kg/m ²)	Msi (Kg/m ²)	U (W/m ² °C)	Ψ (W/m.°C)	g	F	τ
6	Pontes Térmicas Lineares									
	-PTL entre fachada com cobertura plana 3,45 + 3,4 + 1,1 + 3,05 + 2,9 = Ψ(ep = 33cm) – tab. Dr., pág.2497 com interpolação)		13,9				0,74			
	-PTL entre fachada com pavimentos intermédios 3,45 + 3,4 + 0,1 + 2,9 Ψ(ep = 33cm e em = 40cm) - tab. Cr., pág.2496 com interpolação)		9,85				0,29			
	-PTL entre fachada com varanda: 1,1 + 2,95m Ψ(ep = 33cm e em = 40cm) – tab. Ei, pag.2497 com interpolação)		4,05				0,44			
	-PTL da padieira (como existe caixa de estore considera-se que não é possível o isolamento térmico tocar no caixilho - caso não documentado no RCCTE Ψ=0,5w/m°C). No caso das ombreiras e soleira considera-se que o isolamento toca no caixilho - Ψ= 0w/m°C 1,8 + 1,8 + 2,6		6,2				0,5			
	-PTL entre 2 paredes verticais: 2 * 2,7m Ψ(em = 40cm) - tab. Fr.,pág.2497)		5,4				0,2			
	Pontes térmicas lineares apenas para paredes de espaços não-úteis com τ > 0,7 (fachada com parede divisória sala/lavandaria), Ψ(em = 40cm) tab. Fr.pag.2497)		2,7				0,2			
	Sala lavandaria – interseção do pavimento e teto da sala com a parede da lavandaria – 2 * 1,3 (considera-se como sendo varanda)		2,6				0,44			
	Ombreiras, soleira e padieira do envidraçado cozinha/lavandaria: 1,65 + 1,65 + 2,7 + 2,7		8,7				0,2			
7	Envolvente Interior (em contacto com áreas não úteis)									
7.1	- Com a Lavandaria:									
	Ai = (1,8+1,3) * 2,7 = 8,37 m ²									
	Au = (1,3+2,4) * 2,7 + (1,3*2,4) ⁽¹⁾ = 13,11 m ²									
	⁽¹⁾ Cobertura									
	Ai/Au = 0,64									0,8
	Área de contacto para efeito de perdas - só parede confinante com sala-entre a cozinha e lavandaria é tudo vidro: 1,3*2,7	3,51		356	150	0,55				0,8
	- Caracterização Térmica da parede: R = 0,13 + 0,02/1,3 ⁽¹⁾ + 0,27 ⁽²⁾ + 0,18 ⁽³⁾ 0,03/0,037 ⁽⁴⁾ + 0,27 ⁽²⁾ + 0,02/1,3 ⁽¹⁾ + 0,13 R = 1,82m ² C/W					0,55				
	- Massa da parede: 0,04*1900 ⁽¹⁾ +140*2 ⁽²⁾			356	150					
	⁽¹⁾ Reboco 2 cm									
	⁽²⁾ Tijolo furado 11cm									
	⁽³⁾ Caixa de ar 3 cm									
	⁽⁴⁾ XPS 3cm									

Isolamentos Térmicos em Edifícios e seu Contributo para a Eficiência Energética

Art. n.º	Descrição/medição dos elementos do projeto	Área (m ²)	B (m)	Mst (Kg m ²)	Msi (Kg m ²)	U (W/m ² °C)	Ψ (W/m °C)	g	F	τ
	Área de contacto do envidraçado para efeitos de perdas 1,65*2,7=	4,46								0,8
	- Caracterização Térmica do envidraçado: Vidro duplo 6+6+4 sem proteção com baixa permeabilidade ao ar e caixilharia metálica Uw = 4,50 W/m ² °C; Uw(lma) = 1/(1/4,5+0,09) = 3,20 W/m ² °C (ITE50)					3,20				
7.2	- Com o Ducto 1:									
	Ai = (0,4+0,5+0,3) * 2,7 = 3,24 m ²									
	Au = (0,4*0,5) ⁽¹⁾ = 0,2 m ²									
	(1) Cobertura									
	Ai/Au = 16,02 (desvão não habitado fracamente ventilado)									0,5
	Área de contacto para efeito de perdas:	3,24		178	89	1,82				0,5
7.3	- Com o Ducto 2:									
	Ai = (0,3 + 0,3 + 0,1) * 2,7 = 1,89 m ²									
	Au = (0,3 * 0,3) ⁽¹⁾ = 0,09 m ²									
	(1) Cobertura									
	Ai/Au = 21 (desvão não habitado fracamente ventilado)									0,5
	Área de contacto para efeito de perdas:	1,89		178	89	1,82				0,5
7.4	- Com o Ducto 3:									
	Ai = (0,4 + 0,9 + 0,8) * 2,7 = 5,67 m ²									
	Au = (0,9 * 0,4) ⁽¹⁾ = 0,36 m ²									
	(1) Cobertura									
	Ai/Au = 15,75 (desvão não habitado fracamente ventilado)									0,5
	Área de contacto para efeito de perdas: (0,4+0,9)*2,7	3,51		178	89	1,82				0,5
7.5	- Com o Ducto 4:									
	Ai = (0,4 + 0,2 + 0,4 + 0,2) * 2,7 = 3,24 m ²									
	Au = (0,4 * 0,2) ⁽¹⁾ = 0,08 m ²									
	(1) Cobertura									
	Ai/Au = 40,50 (desvão não habitado fracamente ventilado)									0,5
	Área de contacto para efeito de perdas: 4,59	3,24								0,5
	- Caracterização Térmica das Paredes (Ductos): R = 0,13 + 0,27 ⁽²⁾ + 0,02/1,3 ⁽³⁾ + 0,13 = 0,55 m ² °C/W					1,82				
	- Massa da parede: 0,02 * 1900 ⁽¹⁾ + 140 ⁽²⁾			178	89					
	(1) Reboco 2 cm									
	(2) Tijolo furado 11 cm									
7.6	- Com as Comunicações Horizontais Comuns (CHC): Sem aberturas diretas para o exterior									

Isolamentos Térmicos em Edifícios e seu Contributo para a Eficiência Energética

Art. nº	Descrição/medição dos elementos do projeto	Área (m ²)	B (m)	Mst (kg/m ²)	Msi (kg/m ²)	U (W/m ² °C)	Ψ (W/m°C)	g	F	τ
	$A_i = (1,4 + 0,45 + 1,07 + 0,1 + 2 + 0,1 + 1,09 + 0,45 + 1,4 + 1,58 + 0,1 + 1 + 0,1 + 1,6) * 2,7$ $A_i = 33,60 \text{ m}^2$									
	$A_u = 1,7 * 4,15 + 0,6 * 0,7 + 1,5 * 0,7 = 9,41 \text{ m}^2$									
	$A_i/A_u = 3,57$									0,3
	Área de contacto para efeito de perdas: $(2 + 0,1 + 1,20 + 0,45) * 2,7 - (0,9 * 2,1)^{(1)}$	8,24		356	150	0,5				0,3
	⁽¹⁾ Porta*									
7.7	- Com a Caixa de Escadas (Cx.Esc): Com aberturas permanentes para o exterior/volume <0,05 m ³ /m ²									
	$A_i = (2,3 + 1,25 + 2,2 + 2,6) * 2,7 * 8^{(1)} = 180,36 \text{ m}^2$									
	$A_u = (2,6 * 4,5)^{(2)} + (4,5 + 2,6 + 2,6) * 3,1^{(2)} = 41,77 \text{ m}^2$									
	$A_i/A_u = 4,32$									0,5
	Área de contacto para efeito de perdas: $2,3 * 2,7$	6,21		356	150	0,5				0,5
	⁽¹⁾ Oito Andares									
	⁽²⁾ Cobertura da Caixa de Escadas									
	$A_i = (1,4 + 0,45 + 1,07 + 0,1 + 2 + 0,1 + 1,09 + 0,45 + 1,4 + 1,58 + 0,1 + 1 + 0,1 + 1,6) * 2,7$ $A_i = 33,60 \text{ m}^2$									
	$A_u = 1,7 * 4,15 + 0,6 * 0,7 + 1,5 * 0,7 = 9,41 \text{ m}^2$									
	$A_i/A_u = 3,57$									0,3
	Área de contacto para efeito de perdas: $(2 + 0,1 + 1,20 + 0,45) * 2,7 - (0,9 * 2,1)^{(1)}$	8,24		356	150	0,5				0,3
	⁽¹⁾ Porta*									
7.7	- Com a Caixa de Escadas (Cx.Esc): Com aberturas permanentes para o exterior/volume <0,05 m ³ /m ²									
	$A_i = (2,3 + 1,25 + 2,2 + 2,6) * 2,7 * 8^{(1)} = 180,36 \text{ m}^2$									
	$A_u = (2,6 * 4,5)^{(2)} + (4,5 + 2,6 + 2,6) * 3,1^{(2)} = 41,77 \text{ m}^2$									
	$A_i/A_u = 4,32$									0,5
	Área de contacto para efeito de perdas: $2,3 * 2,7$	6,21		356	150	0,5				0,5
	⁽¹⁾ Oito Andares									
	⁽²⁾ Cobertura da Caixa de Escadas									
	⁽¹⁾ Paredes da caixa de Escadas sobre a Cobertura									

Art. nº	Descrição/medição dos elementos do projeto	Área (m ²)	B (m)	Mst (Kg/m ²)	Msi (Kg/m ²)	U (W/m ² °C)	Ψ (W/m ² °C)	g	F	τ
	- Caracterização Térmica das Paredes (CHC e Cx.Esc): R=0,13 + 0,02/1,3 ⁽¹⁾ + 0,27 ⁽²⁾ + 0,18 ⁽³⁾ + 0,04/0,037 ⁽⁴⁾ + 0,27 ⁽²⁾ + 0,02/1,3 ⁽¹⁾ + 0,13 R=2,09m ² C/W					0,48				
	- Massa da parede: 0,04 * 1900 ⁽¹⁾ + 140 * 2 ⁽²⁾			356	150					
	⁽¹⁾ Reboco 2 cm									
	⁽²⁾ Tijolo furado 11cm									
	⁽³⁾ Caixa de ar 3 cm									
	⁽⁴⁾ XPS 4cm									
	- Área de contato da porta para efeito de perdas:	1,89								0,3
	- * Caracterização Térmica da Porta: R=0,13 + 0,04/0,23 ⁽¹⁾ + 0,04/0,037 ⁽²⁾ + 0,04/0,23 ⁽¹⁾ + 0,13 R=1,69m ² C/W					0,59				
	- Massa da porta: 0,08 * 700 ⁽¹⁾			56	28					
	⁽¹⁾ Madeira densa 4.cm									
	⁽²⁾ XPS 4cm									
8	Paredes em contato com outra Fração Autônoma:									
	(4,4 + 1,4 + 2,9 + 6,3) * 2,7 =	40,77								
	- Massa da parede: 0,04 * 1900 ⁽¹⁾ + 140 * 2 ⁽²⁾			356	150					
	⁽¹⁾ Reboco 2 cm									
	⁽²⁾ Tijolo furado 11cm									
9	Paredes Interiores à Fração Autônoma:									
	2,7 * (8,6 + 2,8 + 1,7 + 6 + 4,3 + 6,8 + 0,5 + 0,3 + 2,1 + 3,6 + 0,4 + 1 + 2,3) - [(8 x 0,8 * 2,1) ⁽¹⁾ + (0,3 + 0,6) * 2,7 ⁽²⁾ + (1,9 + 1,5) * 2,4 ⁽³⁾]	85,06								
	⁽¹⁾ Portas ⁽²⁾ Pilar Interior ⁽³⁾ Roupeiros									
	Massa da parede: 2 x 0,02 * 1900 ⁽¹⁾ + 140 ⁽²⁾			216	216					
	⁽¹⁾ Reboco									
	⁽²⁾ Tijolo Furado 11									
	Nota: Desprezou-se a massa das portas interiores nos cálculos da inércia térmica.									
10	Pavimentos em contato com outra Fração Autônoma:									
	Pavimento em laje aligeirada com 33cm de espessura (massa – através das tabelas técnicas)	76,04		350	150					

11. Cálculo do E solar:

O resultado total do Esolar para este sistema coletivo é de 63.366 KWh..

12. Potência da ventilação mecânica:

A contribuição da potência do ventilador para efeito de cálculo do consumo para o apartamento em estudo é de 833 W / 4.578,77 * 123,18 = 22,41 W

ANEXO III – Folhas de cálculo para o Poliestireno Expandido Extrudido (XPS), com um valor de condutibilidade térmica declarado pelo LNEC de $\lambda=0.037$ W/m.°C e respetivas fichas.

Folha de Cálculo FCIV.1ª

Paredes Exteriores		Área (m2)	U (W/m2.°C)	U.A (W/°C)
Tijolo mac. 11 + c.a. de 15 cm + XPS 3cm + tijolo furado 11cm+ reboco 2	N	14,98	0,63	9,50
Tijolo mac. 11 + c.a. de 15 cm + XPS 3cm + tijolo furado 11cm+ reboco 2	W	7,05	0,63	4,47
TOTAL		22,03		13,98
Pontes térmicas Planas:		Área (m2)	U (W/m2.°C)	U.A (W/°C)
	PTP Pilar até 2,4m	1,44	0,69	0,99
	PTP Pilar 2,4 a 2,7m	0,18	0,83	0,15
	PTP Talão Viga	1,90	0,66	1,25
	PTP Caixa de Estores	2,13	0,90	1,92
TOTAL		5,65		4,31
Coberturas Exteriores		Área (m2)	U (W/m2.°C)	U.A (W/°C)
	Em terraço	76,04	0,59	44,86
TOTAL		76,04		44,86
Pontes térmicas lineares		B (m)	ψ (W/m.°C)	$\psi \cdot B$ (W/°C)
	Fachada com pavimentos intermédios	9,85	0,29	2,86
	Fachada com cobertura inclinada ou terraço	13,90	0,74	10,29
	Fachada com varanda	4,05	0,44	1,78
	Duas paredes verticais	5,40	0,20	1,08
	Outros Casos	6,20	0,50	3,10
TOTAL				19,10
Perdas pela envolvente exterior da Fracção Autónoma		(W/°C)	TOTAL	82,26

Figura 58 (vol. anexos): Perdas associadas à Envolvente Exterior

Folha de Cálculo FCIV.1b

Paredes interiores em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes		Área (m2)	U (W/m2.°C)	τ (-)	$\tau \cdot U.A$ (W/°C)	A. τ
	parede sala_lavandaria	3,51	0,55	0,80	1,54	2,81
	parede FA _ comunicações comuns	6,21	0,48	0,50	1,49	3,11
	parede FA _ comunicações comuns	8,24	0,48	0,30	1,19	2,47
	parede FA _ ductos	3,24	1,82	0,50	2,95	1,62
	parede FA _ ductos	2,97	1,82	0,50	2,70	1,49
	parede FA _ ductos	3,51	1,82	0,50	3,19	1,76
	parede FA _ ductos	3,24	1,82	0,50	2,95	1,62
	Porta de entrada	1,89	0,59	0,30	0,33	0,57
TOTAL		32,81			16,35	15,43
Paredes Interiores do fogo		Área (m2)				
	Tij 11	85,06				
		85,06				
Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis		Área (m2)	U (W/m2.°C)	τ (-)	$\tau \cdot U.A$ (W/°C)	A. τ
	m sem protecção com baixa permeabilidade ao ar e caixilharia em alumínio	4,46	3,20	0,80	11,42	3,57
TOTAL		4,46	3,20	0,80	11,42	3,57
Pontes térmicas (apenas para paredes de espaços não-úteis com $r > 0,7$)		B (m)	ψ (W/m.°C)	τ (-)	$\tau \cdot \psi \cdot B$ (W/°C)	
	2 paredes verticais sala_lavandaria	2,70	0,20	0,80	0,43	
	intersecção do pavimento e tecto da sala com a parede da lavandaria	2,60	0,44	0,80	0,92	
	ombreira, soleira e padieira	8,70	0,20	0,80	1,39	
TOTAL		14,00			2,74	
Perdas pela envolvente interior da Fracção Autónoma		(W/°C)	TOTAL	30,51		

*Incluir obrigatoriamente os elementos que separam a Fracção Autónoma dos seguintes espaços:
Zonas comuns em edifícios com mais de uma Fracção Autónoma; Edifícios anexos;
Garagens, armazéns, lojas e espaços não-úteis similares; Sotões não-habitados.*

Figura 59 (vol. anexos): Perdas associadas à Envolvente Interior

Folha de Cálculo FCIV.1c

Vãos envidraçados exteriores - Verticais:	Orient.	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
VD 6+6+4 mm incolor com protecção exterior persiana cor clara e caixilharia em	N	3,38	3,10	10,48
VD 6+6+4 mm incolor com protecção exterior persiana cor clara e caixilharia em	W	4,14	3,10	12,83
VD 6+6+4 mm incolor com protecção exterior persiana cor clara e caixilharia em	W	2,34	3,10	7,25
Total				30,57

9,86	TOTAL	30,57
------	--------------	-------

Figura 60 (vol. anexos): Perdas associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores

Folha de Cálculo FCIV.1d

Área Útil de Pavimento (Ap)	76,04	m ²	
	x		Ventilação Mecânica
Pé-direito médio	2,70	m	
	=		
Volume interior (V)	205,31	m ³	

VENTILAÇÃO NATURAL		<i>(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)</i>	
Cumpra a NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text"/>	RPH = <input type="text"/>
Se NÃO:			
Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 (pag. 2487) RPH = <input type="text"/>
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Classe de Exposição (Ver Quadro IV.2, pag.2488)	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text"/>	
Aberturas Auto-reguláveis?	(S ou N)	<input type="text"/>	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	Ver quadro IV.
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text"/>	

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor da cozinha)			
Caudal de Insuflação	Vins - (m ³ /h)	<input type="text"/>	Vf = <input type="text" value="135,50"/>
Caudal Extraído	Vev - (m ³ /h)	<input type="text" value="135,50328"/>	
Diferença entre Vins e Vev	(m ³ /h)	<input type="text" value="135,50"/>	V = <input type="text" value="0,66"/> (volume int) (RPH) (**)
Infiltrações (Vent. Natural)	Vx / V (h-1)	<input type="text"/>	
Recuperador de calor	(S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	se SIM; η = 0,7 se NÃO; η = 0
Taxa de Renovação Nominal	(mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,66"/>	(Vf / V + Vx/V).(1-η)
Potencia dos ventiladores (W)		<input type="text" value="22,41"/>	
Consumo de Electricidade para os ventiladores		<input type="text" value="112,95"/>	(Ev=Pv.24.0,03.M(kWh))

Volume	205,31	
	x	
Taxa de Renovação (consumo energia)	0,66	
	x	
	0,34	
	x	
	1,00	(1- η)
	=	
TOTAL	46,07	(W/°C)

Figura 61 (vol. anexos): Perdas associadas à Renovação de Ar

Folha de Cálculo FCIV.1e

Ganhos Solares:								
Orientação do Vão Envidraçado	Tipo (Simples ou Duplo)	Área (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do Vidro g (-)	Factor de Obsorção Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
N	Duplo	3,38	0,27	0,83	0,90	0,7	0,9	0,36
W	Duplo	4,14	0,56	0,83	0,81	0,7	0,9	0,74
W	Duplo	2,34	0,56	0,83	0,90	0,7	0,9	0,47

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m ²)	1,57
x	
Energia incidente num envidraçado a Sul (G _{sul}) na Zona <input type="text" value="12"/>	93,00
(kWh/m ² .mês) - do Quadro III. 8 (Anexo III)	
x	
Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1	7,00
(meses)	
=	
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	1024,92

Ganhos Internos			
Ganhos internos médios	(Quadro IV.3, pag.2489)	<input type="text" value="4,00"/>	(W/m ²)
x			
Duração da Estação de Aquecimento	(Quadro III.1)	<input type="text" value="7,00"/>	(meses)
x			
Área Útil de pavimento		<input type="text" value="76,04"/>	(m ²)
x			
=			
Ganhos Internos Brutos		<input type="text" value="1532,97"/>	(kWh/ano)

Ganhos Úteis Totais:			
$\gamma =$		$\frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	<input type="text" value="2557,89"/>
			<input type="text" value="7954,89"/>
Inércia do edifício:	<input type="text" value="3,00"/>	$\gamma =$	<input type="text" value="0,32"/>
Factor de Utilização dos Ganhos Solares	(η)		<input type="text" value="0,99"/>
x			
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos			<input type="text" value="2557,89"/>
=			
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)			<input type="text" value="2543,06"/>

Figura 62 (vol. anexos): Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)

Folha de Cálculo FCIV.1f

Factor de forma		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m ²
Paredes exteriores		22,03
Coberturas exteriores		76,04
Pavimentos exteriores		
Envidraçados exteriores		9,86
Pontes Térmicas Planas		5,65
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A .t)	m ²
Paredes interiores confinar espaços não úteis		15,43
Pavimentos interiores sobre espaços não úteis		
Coberturas interiores sob espaços não úteis		
Envidraçados interiores confinar espaços não úteis		3,57
Área total:		132,58
Volume (de FCIV.1d):		205,31
FF		0,65
Gaus-dias no local (°C.dia) (do Quadro III.1, pag.2478) 1750		
Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Auxiliar 73,63
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1	83,06
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5	88,95
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	124,54
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano) 83,06		

Figura 63 (vol. anexos): Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Folha de Cálculo FCIV.2

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	82,26
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	30,51
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	30,57
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	46,07
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	189,40
Gaus-dias no Local (°C.dia)	1750
	x
	0,024
	=
	7.954,89
	+
Consumo ventiladores x M/12	112,95
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	8.067,84
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	2.543,06
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	5.524,78
	/
Área Útil de Pavimento (m ²)	76,04
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	72,66
	<
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	83,06
Verifica	O.K.
1 - Nic/Ni (%) =	12,53

Figura 64 (vol. anexos): Cálculo do Indicador Nic

Folha de Cálculo FCV.1a

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	18,29	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)		(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCV.1b)	44,86	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCV.1b)	30,57	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	46,07	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	139,79	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25,00	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9, pag.2484)		19,00	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6,00	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	139,79	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	2.455,86	(kWh)

Figura 65 (vol. anexos): Perdas térmicas na estação de arrefecimento

Folha de Cálculo FCV.1b

Coberturas exteriores		Área (m2)	U (W/m2°C)	U.A (W/°C)
	laje plana invertida, aligeirada + XPS 4cm + godo	76,04	0,59	44,86
			TOTAL	44,86

Perdas associadas aos envidraçados exteriores		Área (m2)	U (W/m2°C)	U.A (W/°C)
Verticais:	sala	3,38	3,10	10,48
	quarto _ varanda	4,14	3,10	12,83
	quarto	2,94	3,10	7,25
				30,57

Perdas associadas a coberturas e vãos envidraçados exteriores	75,43
----------------------------------------------------------------------	--------------

Figura 66 (vol. anexos): Perdas associadas à Cobertura e Envidraçados Exteriores (Verão)

Folha de Cálculo FCV.1c

Designação dos elementos	Orien	Área m ²	U W.m ² /°C	Coef. absorção α	α .U.A	Intens. Rad solar	Factor conv.	Ganhos Solares pelos Envidra.	
Paredes Exteriores:									
Tijolo mac. 11 + c.a. de 15 cm + XPS 3cm + tijolo	N	14,98	0,63	0,40	3,80	200,00	0,04	30,41	
Tijolo mac. 11 + c.a. de 15 cm + XPS 3cm + tijolo	W	7,05	0,63	0,40	1,79	420,00	0,04	30,06	
Pilares									
PTP Pilar até 2,4m	N	0,72	0,69	0,40	0,20	200,00	0,04	1,59	
PTP Pilar 2,4 a 2,7m	N	0,09	0,83	0,40	0,03	200,00	0,04	0,24	
PTP Pilar até 2,4m	W	0,72	0,69	0,40	0,20	420,00	0,04	3,34	
PTP Pilar 2,4 a 2,7m	W	0,09	0,83	0,40	0,03	420,00	0,04	0,50	
Vigas									
PTP Talão Viga	N	1,43	0,66	0,40	0,38	200,00	0,04	3,02	
PTP Talão Viga	W	0,47	0,66	0,40	0,12	420,00	0,04	2,08	
Caixa de estores									
PTP Caixa de Estores	N	0,87	0,90	0,40	0,31	200,00	0,04	2,51	
PTP Caixa de Estores	W	1,26	0,90	0,40	0,45	420,00	0,04	7,62	
		Total:	27,68						
Coberturas exteriores:									
laje plana invertida, aligeirada + XPS 4cm + qodo HOR.		76,04	0,59	0,40	17,95	730,00	0,04	524,01	
								Total (kWh)	605,38

Figura 67 (vol. anexos): Ganhos Solares pela Envolvente Opaca na estação de arrefecimento

Folha de Cálculo FCV.1d

Designação dos elementos	Ori.	Área m ²	Factor solar do vão Env. (g ⁻¹)	Fh	Fo	Ff	Fração Envid. Fg	Factor de obstr. Fs= Fh.Fo.Ff	Factor de Selectividade Angular Fw	Área efect. m ²	Intens. Radia Solar (kWh/m ²)	Ganho Solar Envidr
Envidraçados Verticais Exteriores:												
tior persiana cor clara e caixilharia em alumínio	N	3,38	0,26	1,00	1,00	1,00	0,70	0,90	0,80	0,45	200,00	89,26
tior persiana cor clara e caixilharia em alumínio	W	4,14	0,26	1,00	1,00	0,96	0,70	0,90	0,85	0,58	420,00	243,96
tior persiana cor clara e caixilharia em alumínio	W	2,34	0,26	1,00	1,00	1,00	0,70	0,90	0,85	0,33	420,00	137,89
											Total (kWh)	471,11

Figura 68 (vol. anexos): Ganhos Solares pela Envidraçados Exteriores na estação de arrefecimento

Folha de Cálculo FCV.1e

Ganhos Internos médios (W/m ²)	(Quadro IV.3, pag. 2489)	<input type="text" value="4,00"/>
		x
Área Útil de Pavimento (m ²)		<input type="text" value="76,04"/>
		x
		2,93
		=
Ganhos internos Totais		<input type="text" value="890,58"/> (KWh)

Figura 69 (vol. anexos): Ganhos Internos na estação de arrefecimento

Folha de Cálculo FCV.1f

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	(FCV.1d)	471,11	(KWh)
		+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	(FCV.1c)	605,38	(KWh)
		+	
Ganhos internos	(FCV.1e)	890,58	(KWh)
		=	
Ganhos Térmicos Totais		1.967,06	(KWh)

Figura 70 (vol. anexos): Ganhos Totais na estação de arrefecimento (Verão)

Folha de Cálculo FCV.1g

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)		1.967,06	(kWh)
		/	
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)		2.455,86	(kWh)
		=	
Relação Ganhos-Perdas	γ	0,80	
Inércia do edifício	(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)	3,00	

		1,00	
		-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)		0,89	
		=	
		0,11	
		x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)		1.967,06	(kWh)
		=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento		225,14	(kWh/ano)
		+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)		64,54	(Ev=Pv.24.0,03.4(kWh))
		=	
	TOTAL	289,69	(kWh/ano)
		/	
Área Útil de Pavimento (m ²)		76,04	
		=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc		3,81	(kWh/m ² .ano)
		≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º, pag.2474)		16	(kWh/m ² .ano)
	Verifica	O.K.	
	1-Nvc/Nv (%) =	76,19%	

Figura 71 (vol. anexos): Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)

Designação do elemento construtivo	Mt (Kg/m2)	Msi (Kg/m2)	Si (m2)	Factor corr.(r)	Msi.r.Si (Kg)	
Paredes Exteriores						
	Tijolo mac. 11 + c.a. de 15 cm + XPS 3cm + tijolo furado 11cm+ reboco 2	354,00	150,00	14,98	1,00	2247,00
	Tijolo mac. 11 + c.a. de 15 cm + XPS 3cm + tijolo furado 11cm+ reboco 2	354,00	150,00	7,05	1,00	1057,50
PTP	PTP Pilar até 2,4m	964,00	38,00	1,44	1,00	54,72
	PTP Pilar 2,4 a 2,7m	1042,00	38,00	0,18	1,00	6,84
	PTP Talão Viga	432,00	150,00	1,90	1,00	285,00
	PTP Caixa de Estores	130,00	130,00	2,13	1,00	276,90
	Coberturas Exteriores	350,00	150,00	76,04	1,00	11406,00
	parede sala_lavandaria	356,00	150,00	3,51	1,00	526,50
	parede FA _ comunicações comuns	356,00	150,00	6,21	1,00	931,50
	parede FA _ comunicações comuns	356,00	150,00	8,24	1,00	1236,00
	parede FA_ductos	178,00	89,00	3,24	1,00	288,36
	parede FA_ductos	178,00	89,00	2,97	1,00	264,33
	parede FA_ductos	178,00	89,00	3,51	1,00	312,39
	parede FA_ductos	178,00	89,00	3,24	1,00	288,36
	Porta de entrada	56,00	28,00	1,89	1,00	52,92
	Paredes que separam fracções autónomas	356,00	150,00	40,77	1,00	6115,50
	Pavimentos e Coberturas que separam fracções autónomas	350,00	150,00	76,04	1,00	11406,00
Paredes Interiores do fogo	216,00	216,00	85,06	1,00	18372,96	
$\sum M_{si} \cdot r \cdot S_i$					55128,78	
$I_i = \frac{\sum M_{si} \cdot r \cdot S_i}{A_p}$					725,00	
Classe de Inercia Termica Interior (Quadro VII.6) (Inércia Fraca=1; Inércia Média=2; Inércia Forte=3)					3	

Figura 72 (vol. anexos): Cálculo da Inércia Térmica

REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)

Tipo edifício	Nº ocupantes	Consumo Dia AQS	ΔT	η_d	E_{solar}	E_{ren}	η_a	Q_a	N_a	N_{ac}									
Residência	3	40	45	365	1.697		0,87	2.292,38	46,66	12,33									
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">N_a</td> <td style="text-align: center;">\geq</td> <td style="text-align: center;">N_{ac}</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">46,66</td> <td></td> <td style="text-align: center;">12,33</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">O.K.</td> </tr> </table> <p>Verificação das necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária Ntc</p>											N_a	\geq	N_{ac}	46,66		12,33	O.K.		
N_a	\geq	N_{ac}																	
46,66		12,33																	
O.K.																			
Tipo edifício	F_{pui}	F_{pvr}	F_{pua}	η_i	η_v	N_k	N_{tc}	N_i	N_v	N_t	N_{tc}								
Residência	0,086	0,29	0,086	0,87	3	72,66	3,81	83,06	16	7,19	1,82								
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">N_i</td> <td style="text-align: center;">\geq</td> <td style="text-align: center;">N_{tc}</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7,19</td> <td></td> <td style="text-align: center;">1,82</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">0,252 O.K.</td> </tr> </table>											N_i	\geq	N_{tc}	7,19		1,82	0,252 O.K.		
N_i	\geq	N_{tc}																	
7,19		1,82																	
0,252 O.K.																			
Classificação Energética		CLASSE A		Emissões de CO2				0,1657 ton/ano											

Figura 73 (vol. anexos): Verificação das necessidades de energia útil e energia primária

Ficha n.º 1

**REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE
COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)**

Câmara Municipal de Valongo
Edifício de Residência
Localização Ermesinde - Bombeiros

Nº de Frações autónomas 32 (ou corpos 32)

Para cada Fração Autónoma* ou corpo, incluir:
Ficha nº 2 - Levantamento Dimensional
Ficha nº 3 - Comprovação de satisfação dos Requisitos Mínimos*
Fichas FCIV e FCV (Anexos IV e V do RCCTE)

Anexos:

Técnico Responsável:

Nome _____

Inscrito na:

Ordem dos Engenheiros, com o nº _____

Ordem dos Arquitectos, com o nº _____

Assoc. Nac. dos Eng's Técnicos, com o nº _____

Data _____

Assinatura _____

1. Declaração de reconhecimento de capacidade profissional para aplicação do RCCTE, emitida pela Ordem dos Arquitectos, Ordem dos Engenheiros ou ANET.
2. Termo de responsabilidade do Técnico Responsável, nos termos do disposto na alínea e) do nº2 do artigo 12º do RCCTE.
3. Declaração de conformidade regulamentar subscrita por perito qualificado, no âmbito do SCE, nos termos do disposto na alínea f) do nº 2 do artigo 12º do RCCTE.

* Se houver duas ou mais frações autónomas (FA) exactamente iguais é suficiente elaborar um único conjunto de Fichas para cada grupo de FA iguais.

* Em alternativa pode ser submetida uma única Ficha 3, comum a todas as Frações Autónomas de um mesmo edifício, mesmo que haja mais do que uma FA distinta.

Figura 74 (vol. anexos): Demonstração da Conformidade Regulamentar para Emissão de Licença ou Autorização de Construção

Ficha n.1º (continuação)

Zona climática	<u>1</u>	<u>2</u>		V	<u>1</u>	Altitude	<u>103,8</u> m
Graus-Dia	<u>1750</u>	°C.dia	Duração	<u>7</u> Meses	Temp	<u>31</u>	°C

Fração Autónoma	Nº	Ap (m2)	Taxa Ren. (RPM)	Nic kWh/ m2.ano	Ni kWh/ m2.ano	Nvc kWh/ m2.ano	Nv kWh/ m2.ano	Nac kWh/ m2.ano	Na kWh/ m2.ano	Ntc kgep/ m2.ano	Nt kgep/ m2.ano
T2.7 N_W		76,04	0,66	72,66	83,06	3,81	16,00	12,33	46,66	1,82	7,19

Figura 75 (vol. anexos): Mapa das necessidades energéticas da fração

Ficha n.º 2

EDIFÍCIO/FRAÇÃO: T2 7 N W										
Área Útil Pavimento	76,04 m ²	Pé Direito Médio (ponderado)	2,7 m							
Elementos Correntes da Envolvente		Elementos em Contacto com o Solo								
	A (m ²)	U (W/m ² .°C)	Comp. (m)							
			Ψ (W/m.°C)							
Total =	0,00		Total 0,00							
Paredes		Pontes Térmicas Lineares								
Exteriores	22,03									
Interiores										
parede sala_lavandaria	3,51	0,55								
parede FA _comunicações cor	6,21	0,48								
parede FA _comunicações cor	8,24	0,48								
parede FA_ductos	3,24	1,82								
parede FA_ductos	2,97	1,82								
parede FA_ductos	3,51	1,82								
parede FA_ductos	3,24	1,82								
Porta de entrada	1,89	0,59								
0	0,00	0,00								
Total:	32,81									
Pontes térmicas Planas		Fachada com Pavimento:								
PTP Pilar até 2,4m	1,44	0,69								
PTP Pilar 2,4 a 2,7m	0,18	0,83								
0	0,00	0,00								
PTP Talão Viga	1,90	0,66								
PTP Caixa de Estores	2,13	0,90								
0	0,00	0,00								
Total	5,65									
Coberturas		Fachada com:								
Em terraço	76,04	0,59								
Total	76,04									
COEFICIENTE DE ABSORÇÃO α										
Parede	Cobertura									
0,40	0,40									
PAREDES		ÁREAS (M2) POR ORIENTAÇÃO								
(Descrição sumária e valor de U)	U	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL
Tijolo mac. 11 + c.a. de 15 cm + XPS 3cm + tijolo	0,63	14,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,05	0,00	22,03
VÁOS ENVIDRAÇADOS		ÁREAS (M2) POR ORIENTAÇÃO								
(Especificar incluindo o tipo de protecção solar e o valor de g _L)	U	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL
VD 6+6+4 mm incolor com protecção exterior persiana	3,10	3,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,48	0,00	9,86

Figura 76 (vol. anexos): Levantamento Dimensional (nos termos do artigo 12º, n.º2, alínea b) para a fração autónoma em estudo

Ficha n.º 3

**REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE
COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)**

Edifício	T2 Ermesinde 7º piso			
Fracção autónoma	T2 Ermesinde 7º piso			
Inércia térmica	Forte			
a) U máximo				
Soluções adoptadas		Valores máximos regulamentares		
	0,63	Fachadas	1,6	W/m2.ºC
	0,59	Coberturas exteriores	1	W/m2.ºC
		Pavimentos sobre exterior		W/m2.ºC
	1,82	Paredes interiores	2	W/m2.ºC
		Pavimentos interiores		W/m2.ºC
		Cobertura interior		W/m2.ºC
b) Factores Solares dos Envidraçados:			Valores máximos regulamentares	
Soluções adoptadas - Verão				
Tipo de protecção solar	0,04		0,56	
Tipo de protecção solar				
Tipo de protecção solar				
Tipo de protecção solar				
c) Pontas Térmicas Lineares e Planas			Valores máximos regulamentares	
U das Soluções Adoptadas:				
PTP em Fachadas				
Zona de pilares	0,83	W/m2.ºC	1,27	W/m2.ºC
Zona de vigas	0,66	W/m2.ºC	1,27	W/m2.ºC
Zona caixas de estore	0,90	W/m2.ºC	1,27	W/m2.ºC
Juntar pormenores construtivos definidores de todas as situações de potencial ponte térmica:				
<input checked="" type="checkbox"/>	Caixas de estore			
<input checked="" type="checkbox"/>	Ligações entre paredes e vigas			
<input checked="" type="checkbox"/>	Ligações entre paredes e pilares			
<input checked="" type="checkbox"/>	Ligações entre paredes e lajes de pavimento			
<input checked="" type="checkbox"/>	Ligações entre paredes e lajes de cobertura			
<input type="checkbox"/>	Contacto entre lajes de pavimento e o solo			
<input checked="" type="checkbox"/>	Montagem das caixilharias			
Técnico Responsável:				
Nome	_____			
Data	_____			
Assinatura	_____			

Figura 77 (vol. anexos): Demonstração de Satisfação dos Requisitos Mínimos para a Envolvente da fracção em estudo (nos termos da alínea d) do n.º2 do artigo 12º)

Ficha n.º 4

**REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE
COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)**

Construção conforme projecto:	S / N
Técnico Responsável pela Direcção Técnica da Obra:	
Nome	_____
Morada	_____
Membro da	_____ Ordem dos Engenheiros com o nº _____
Data	_____
Assinatura	_____

Anexos:

1. Certificado Energético emitido por perito qualificado no âmbito do SCE, conforme artigo 12º, nº3.
2. Termo de Responsabilidade do Técnico Responsável pela Direcção Técnica da Obra.
3. Declaração de reconhecimento de aptidão profissional do técnico responsável pela construção do edifício, emitida pela respectiva associação profissional.

Figura 78 (vol. anexos): Demonstração da Conformidade Regulamentar para Emissão de Licença de Utilização (nos termos do artigo 12º, n.º3)

ANEXO IV – Documentos de homologação (marcação CE) dos isolantes térmicos dos fabricantes.

- Empresa Amorim Isolamentos, S.A:



Amorim Isolamentos, S.A.

Características do produto:

- Condutibilidade térmica de 0,036 a 0,040 W/m.°C (o valor declarado é de 0,040 W/m.°C);
- Excelente isolamento acústico;
- Isolamento natural e ecológico;
- Bom comportamento ao fogo/não liberta gases tóxicos;
- Reciclável;
- Não atacado por roedores.



Características Técnicas	Norma	Valores Limite/Tolerâncias	Classe
Comprimento	NP EN 822	1000 ± 5 mm	L2
Largura	NP EN 822	500 ± 3 mm	W2
Espessura	NP EN 823	(20 a 50 mm) ± 1mm (55 a 160 mm) ± 2mm	T1 T2
Esquadria	NP EN 824	≤ 2 mm	---
Planeza	NP EN 825	≤ 2mm	---
Massa Volúmica Aparente	NP EN 1602	≤ 130 kg/m ³	---
Coefficiente de Condutibilidade Térmica	EN 12667	≤ 0,040 W/m.K (λ_D)	---
Rigidez Dinâmica (por 50mm de espessura)	EN 29052-1	≤ 126 MN/m ³	SD126
Resistência à Flexão	NP EN 12089	≥ 130 kPa	---
Resistência à Compressão (10% deformação)	NP EN 826	≥ 100 kPa	CS(10)100
Resistência à Tração Perpendicular às Faces	NP EN 1607	≥ 50 kPa	TR50
Teor de Água	EN 12105	≤ 8%	---
Absorção de Água	NP EN 1609	≤ 0,5 kg/m ²	WS
Reacção ao Fogo	EN ISO 11925-1	≤ 150 mm (h)	Euroclasse E

Valores de Resistência Térmica	
Espessura (mm)	R _T (m ² .°C/W)
10	0,25
20	0,50
30	0,75
40	1,00
50	1,25
60	1,50
70	1,75
80	2,00
90	2,25
100	2,50
110	2,75
120	3,00
130	3,25
140	3,50
150	3,75

Amorim Isolamentos, S.A.
 Rua da Corticeira, n.º66 Meladas 4535 Mozelos VFR, Portugal Tel:+351 227 419100 Fax: +351 227 419100

Figura 79 (vol. anexos): Propriedades do Aglomerado de Cortiça Expandida (ICB);

Fonte: [adaptado de BCORK (2011)]



AMORIM

Amorim Isolamentos, S.A.



ESPECIAL MDFACHADA (EXPANDIDO)

Características Técnicas

- Densidade: 140/160 Kgs/m³
- Coeficiente de condutibilidade térmica: 0,040 / 0,042 W/mk
- Comportamento à compressão a 10%: 180 Kpa
- Absorção de água por imersão parcial: 0,30 Wp (Kg/m²)
- Reacção ao fogo: Euroclasse E
- Estes valores são o resultado dos ensaios, conforme Norma Europeia 13170

Vantagens

- Matéria prima natural e renovável
- Processo industrial 100% natural (sem aditivos)
- Não perde características
- Excelente isolamento térmico/acústico
- Totalmente reciclável
- Ótimo comportamento em situações de grandes amplitudes térmicas.

O Aglomerado de Cortiça Expandida Especial MDFACHADA, recomendado para aplicações de Exterior, tem como obra de referência a sua aplicação na fachada principal do pavilhão de Portugal na Expo em Hannover, e desde 2002 em Coimbra sem qualquer anomalia aparente...muitas outras em Portugal e já na exportação.

Este histórico, embora recente, permite-nos garantir que a sua durabilidade quando exposta seja superior a 10 anos já que em outras aplicações existe material sem perda de características com mais de 50 anos.

A sua fixação, dependendo do elemento estrutural, deverá ser mecânica (parafuso) ou adesivo com características impermeabilizantes.

<p>UNIDADE DE DISTRIBUIÇÃO Rua da Cortiça, 66 4515-173 MOZELLOS VEL - PORTUGAL Telf: 22 741 5100 - Fax: 22 741 5901</p>	<p>UNIDADE INDUSTRIAL DE SILVES Vale de Laveira - Apartado 27 8500-999 SILVES - PORTUGAL Telf: 282 448 720 - Fax: 282 440 720</p>	<p>UNIDADE IND. DE VENDAS NOVAS - SEDE Fozinho de Laveira, Km 6 - Apartado 7 7084-909 VENDAS NOVAS - PORTUGAL Telf: 265 809 220 - Fax: 265 809 220</p>	<p>Capital Social: 1028 100 000\$000 Registo: C.R.C.P. Vendas Novas e Cadastrado: N.º PE 812 803 118</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Figura 80 (vol. anexos): Características técnicas do Aglomerado de Cortiça Expandida Especial MDFACHADA;

Fonte: BCORK (2011a)

N° EDIL.2009_005

Certificate of Conformity

Institute for Ethical and Environmental Certification

Certifies that the product
Expanded Cork Board for insulation
< CORKPAN >

Produced by
AMORIM ISOLAMENTOS S.A.
and distributed by
TECNOSUGHERI s.r.l.

is conform to the general and specific requirements of the
ANAB's Standard for Eco-Building Materials
(MAT_BIOEDIL.01 Ed.00 Rev.02)

	Indicatori
Renewable resources	<i>Proportion of renewable raw materials in product = 100%. Share of energy from renewable resources in total energy consumption > 60%.</i>
Human health	<i>The product and its components are not dangerous for human health.</i>
Ecosystem quality	<i>The product and its components are not dangerous for the environment.</i>

Logo and Conformity Indications

Eco-Building Materials
Complying with **MAT_BIOEDIL.01 Ed.00 Rev.02**

ANAB
PRODOTTI
BIOEDILIZIA
CERTIFICATO PER LA

<p><i>Date of issue</i> February 9th, 2009</p>	<p><i>Date of revision</i></p>	<p><i>Expiry date</i> December 31st, 2011</p>
<p>ICEA Certification Manager Dr. Paolo Foglia</p>	<p>ANAB National Director Arch. Giancarlo Allen</p>	<p>ICEA President Dr. Gaetano Paparella</p>

via Nazario Sauro, 2
40121 BOLOGNA, ITALY
Tel. +39 051 272986,
Fax. +39 051 232021
www.icea.info

This document belongs to ICEA and has to be returned on request; can be suspended or withdrawn at any time in the event of non fulfillment as ascertained by ICEA; is not transaction certificate.

1 / 1 M.0401 - Ed.00 Rev.00

Figura 81 (vol. anexos): Certificado ICEA;

Fonte: BCORK (2011e)

www.positivlisten.info

ZERTIFIKAT NR. R0700144

Die Firma **AMORIM Isolamentos S.A.**
In P - 4536 Mozelos VFR - Portugal

hat für das Produkt :
CORKTHERM 040
eine verbindliche Volldeklaration vorgelegt.

Die entsprechenden Daten sind
im Internet abgelegt unter :

www.positivlisten.info

Erstellt am 15. 3. 2007
ARGE kdR e.V.
60486 Frankfurt am Main
Kasseler Str. 1 A

Ch. Jüres *Holger König*
1. Vorsitzender Vorsitzender des Fachbeirates

Die Ressourcenanteile betragen:

fossil (rot)	0,0 %
neutral (gelb)	0,0 %
nachwachsend (grün)	100,0 %

R
R0700144

Copyright by ARGE kdR e.V. 2007

Figura 82 (vol. anexos): Certificado ICEA;

Fonte: BCORK (2011f)



Certificate of Registration



This is to certify that

Amorim Isolamentos, S.A.

"the certified site"

has been certified in accordance with the requirements of the
Forest Stewardship Council A.C.
using the FSC Chain of Custody standard

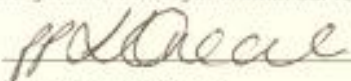
and that

Amorim Isolamentos, S.A.

of

**Unidade Industrial de Vendas Novas, Estrada de Lavre, KM 6 - Apartado
7, 7080-026 Vendas Novas, Portugal.**


is hereby licensed to use the FSC Logo on and sell as FSC certified all
products listed on the attached FSC product schedule as FSC Pure.
This certificate is only valid for sale of FSC products when accompanied by a current
product schedule. Validity of this certificate may also be verified by checking the FSC
database: www.fsc-info.org or by contacting Woodmark: wm@soilassociation.org

Certificate Registration code:	SA-COC-002661
Issued by:	Woodmark South Plaza, Marlborough St Bristol, BS1 3NX United Kingdom
Issue date:	29th September 2010
Valid until the Renewal Date:	28th September 2015 <i>Subject to successful annual surveillance</i>
Signed on behalf of Woodmark by the Soil Association Certification Officer	 Nicholas Underhay


CA-COC-006-11 Sept 08 © Prepared by EcoSylva Ltd on behalf of Soil Association Certification Ltd Page 1

This Certificate is the property of Soil Association Certification Ltd and all copies or reproductions of the certificate shall be returned to the
Soil Association Certification Ltd immediately on request.

A description of the products or services that are included in the scope of the certificate may be obtained from Woodmark on request.
FSC Trademark © 1996 Forest Stewardship Council A.C. FSC-ACC-002



Product Schedule



This schedule details the products which are included in the scope of the Company's certification. It shall accompany the FSC certificate. If the product scope changes a new schedule will be issued. Certificate scope including products and certified sites may also be checked on the FSC web database www.fsc-info.org.

Description of Certificate Holder

Name: Amorim Isolamentos, S.A.
 Address: Estrada de Lavre, KM 6 - Apartado 7, 7080-026 Vendas Novas, Portugal.
 Code/s: SA-COC-002661
 Type of Certificate: Single with 2 sites (see page 2b)
 Date of Issue: 29-Sep-10 Date of Expiry: 28-Sep-15

The Company has complied with the following standard/s: FSC-STD-40-004 V2-0

Sites Included in Scope:


Company Name	Address	Code /Sub-Code
Amorim Isolamentos, SA	Unidade Industrial de Vendas Novas, Estrada de Lavre, KM 6 - Apartado 7, 7080-026 Vendas Novas, Portugal	SA-COC-002661A
Amorim Isolamentos, SA	Unidade de Distribuição, Rua de Corticeira 66, 4535-173 Mozelos VFR, Portugal	SA-COC-002662B

Product Groups available from this Certificate Holder include:

FSC Status	Control System	Product Group	Product code	Species
FSC Pure	Transfer system	Insulation Corkboard	3192a	Quercus suber

Approval

Name: Nicholas Underhay

Signed: 

Date: 29-Sep-10

Woodmark • South Place, Marlborough Street, Bristol, BS1 3NX • United Kingdom
 Telephone (+44) (0) 117 914 2435 • Fax (+44) (0) 117 314 5001
 Email wm@soilassociation.org • www.soilassociation.org/woodmark

Soil Association Certification Ltd • Company Registration No. 725903
 A wholly-owned subsidiary of the Soil Association Charity No. 20686
 FSC Accreditation Code: FSC-ACC-002 • FSC Trademark © 1996 Forest Stewardship Council A.C.

RT-COC-031-21 Dec 2009 (c) Produced by EcoSylva Ltd. on behalf of Soil Association Certification Ltd.

Figura 83 (vol. anexos): Certificado FSC;

Fonte: BCORK (2011g)

 <p>Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I. P. Departamento de Edifícios Núcleo de Revestimentos e Isolamentos Laboratório de Ensaios de Plásticos Celulares</p>	Boleim nº	49/09- LNEC/LEPC
	Pág.	1/2
	Pedido nº	06/09
	Visto	 J. Vasconcelos Costa Director do DEE

ENTIDADE REQUISITANTE: AMORIM ISOLAMENTOS, S.A
 ENDEREÇO: Estrada de Lavre, km 6 – Apartado 7, 7084-909 VENDAS NOVAS
 IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: 06/09-1
 DESCRIÇÃO DA AMOSTRA: 5 provetes de aglomerado de cortiça expandida (ICB)
 DATA DE RECEÇÃO DA AMOSTRA: 2009-02-09
 DATA DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO: 2009-02-12/20
 PROC.: 0603/73/11484

**PROVETES DE AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA (ICB)
 DETERMINAÇÃO DA CONDUTIBILIDADE TÉRMICA**

1 — NORMA/ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO

Norma Europeia EN 12667:2001 - *“Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Products of high and medium thermal resistance”*.

O ensaio incidiu sobre cinco provetes com as seguintes dimensões nominais: comprimento e largura iguais a 300 mm e espessuras de ensaio indicadas no quadro 1 (vd.3).

Os provetes foram previamente condicionados, durante um período de 72 h, num ambiente caracterizado por uma temperatura de (23±2) °C e uma humidade relativa de (50±5) %.

Após conclusão do ensaio os provetes foram secos em estufa ventilada à temperatura de (105± 5) °C até obtenção de massa constante.

O ensaio decorreu num ambiente de características idênticas ao ambiente de condicionamento inicial (23±2 °C; 50±5% hr).

2 — PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM

Amostragem efectuada pela entidade requisitante.

A amostra submetida a ensaio era constituída por cinco provetes de aglomerado de cortiça expandida (ICB) com dimensões nominais de 300 mm x 300 mm x 30 mm.

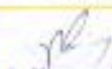
Segundo informação da entidade requisitante, os provetes foram extraídos a partir de uma amostra retirada de um complexo de armazéns frigoríficos que servia de entreposto para o sector do frio no Grande Porto. Aquela construção, actualmente em fase de demolição, denominava-se FRIGOMATO e foi construída em 1964. Segundo o requerente, as placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB) constituintes da amostra enviada ao LNEC para ensaio foram aplicadas na data de construção do referido edifício (1964).

A amostra apresentava a seguinte identificação atribuída pela entidade requisitante: Placas para reciclar de 1964.

LNEC/DEE
 Av. de Brasil, 101, 1700-066 LISBOA CODEX PORTUGAL
 Tel. +351.218443000 Fax. +351.218443027
 Pessoa Colectiva 501 389 660

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I. P.
Departamento de Edifícios
 Núcleo de Revestimentos e Isolamentos
 Laboratório de Ensaios de Plásticos Celulares

Boletim nº 49/09- LNEC/LEPC
 Pág. 2/2
 Pedido nº 06/09

Visto 
 Vasco Vasconcelos Paiva
 Director de IED

3 — RESULTADOS DO ENSAIO

Os resultados do ensaio são apresentados no quadro 1.

Quadro 1 — Valores individuais e médios obtidos no ensaio de determinação da condutibilidade térmica de provetes de aglomerado de cortiça expandida (ICB)

Provete	Características do provete			Condições de ensaio				Resultados do ensaio	
	Espessura de ensaio (mm)	Massa volumétrica aparente após condic. (kg/m ³)	Variação relativa de massa durante a secagem (%) (%)	Direção e sentido do fluxo	Temp ^a média (°C)	Queda de temp ^a (°C)	Densidade de fluxo de calor (W/m ²)		Variação relativa de massa durante o ensaio (kg/kg)
A1	28,5	118,8	0,029	Vertical, ascendente	9,9	16,4	22,4	0,001	0,0390
A2	28,3	101,5	0,036		9,9	16,5	22,8	0,002	0,0391
A3	28,4	108,6	0,039		10,0	16,4	22,5	0,002	0,0396
A4	28,3	98,4	0,036		10,0	16,4	22,7	0,001	0,0391
A5	28,3	106,9	0,036		10,0	16,5	23,3	0,002	0,0399
Média	—	105	—	—	10,0	—	—	—	0,0392

* - Determinada em relação à massa dos provetes após estabilização em ambiente condicionado 23/50

4 — OBSERVAÇÕES

Os resultados do ensaio dizem exclusivamente respeito aos provetes ensaiados.


O ensaio foi realizado num equipamento fluximétrico marca HOLOMETRIX, modelo RK-80 RAPID - K.

O equipamento fluximétrico é verificado trimestralmente para a temperatura média de ensaio de 10 °C por técnicos do LNEC/LEPC. Utiliza-se um material de referência do Institute for Reference Material and measurements (IRMM), identificado por "IRMM-440. Resin Bonded Glass Fibre Board" ($\lambda = 0,0305$ W/m.°C a 10 °C) cuja curva de calibração se encontra em arquivo no LNEC/LEPC. Os procedimentos de calibração constam, igualmente, deste arquivo. A última verificação do equipamento fluximétrico ocorreu em 2008-11-27.


Este Boletim anula e substitui o Boletim nº 25/09-LNEC/LEPC datado de 2009-02-27.

USBOA, 13 de Abril de 2009

O Técnico Experimentador




Manuel V. C. Sodré
Técnico Especialista Principal



José Carlos T. Matos
Auxiliar Técnico de Ensaios

O Chefe do Laboratório de Ensaios



C. A. Pina dos Santos
Investigador Principal

Figura 84 (vol. anexos): Relatório de durabilidade (LNEC);

Fonte: BCORK (2011h)

▪ Empresa Fibrosom:



Figura 85 (vol. anexos): Certificado da Gestão de Qualidade;

Fonte: Fibrosom, S.A.



Figura 86 (vol. anexos): Certificado da Gestão de Qualidade;

Fonte: Fibrosom, S.A.

Produtos referenciados	MK 230	MN 230	MA 230	PN 30	PN 40	PN 55	PN 70
Condutibilidade Térmica (λ) [W/m.°C]	0.038	0.038	0.038	0.038	0.036	0.035	0.034



Figura 87 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE – MK 230;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.



Figura 88 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE – MN 230;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.



Figura 89 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE – MA 230;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.



DEFINIÇÃO:

Rolos flexíveis (Dens. 25/30 Kg/m³), de espessura uniforme, constituídos de fibras de lã de rocha aglutinadas com resina sintética termo-endurecida, sem revestimento, revestidas com papel kraft ou alumínio.

APLICAÇÕES:

Múltiplas como isolamento térmico e acústico.

- MK 230 – aplicações diversas especialmente em posição horizontal.
- MN 230 – exclusivamente em posição horizontal.
- MA 230 – aplicações diversas.

DIMENSÕES LINEARES			NF EN1222 NF EN1223
ESPESSURA (mm)	60	80	100
COMPRIMENTO (mm)	8 000	6 000	5 000
LARGURA (mm)	1200		

Tolerâncias: ESPESSURA: Classe T1 -0% até -5 mm e + excessos permitidos
COMPRIMENTO: ± 2%
LARGURA: ± 1%

RESISTÊNCIA TÉRMICA R _s			EN12667 EN12619
ESPESSURA (mm)	60	80	100
R (m ² .K/W)	1.55	2.10	2.60

VALOR DECLARADO DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA: λ₁₀ : 0.038 W / mK

REACÇÃO AO FOGO	EN13501-1 EN 15011B2
MN 230 e MA 230 INCOMBUSTÍVEL - EUROCLASSE A1 MK 230 INDETERMINADO - EUROCLASSE F	

ABSORÇÃO DE ÁGUA	NF EN1609
Ws ≤1.00 kg/m ²	

FACTOR DE DIFUSÃO AO VAPOR DE ÁGUA	BS 2972
μ : 1,3	



MK 230
MN 230
MA 230

MK 230 RELATÓRIO DE CONFORMIDADE
N.º 0463-05-158903

MN 230 CERTIFICADO DE CONFORMIDADE
N.º 0463-05-158902

MA 230 CERTIFICADO DE CONFORMIDADE
N.º 0463-05-158903

MW EN13162 - T1 - WS



Multifuncionalidade de aplicações

- Bom Rendimento térmico.



Multifuncionalidade de aplicações

- Bom Rendimento térmico.



CONSTRUÇÃO



ISOLAMENTO TÉRMICO



ISOLAMENTO ACÚSTICO

Vantagens:

- Facilidade e rapidez de instalação
- Fácil adaptação aos elementos estruturais
- Melhoria do desempenho acústico
- Segurança em caso de incêndio
- Bom desempenho face a água
- Produto inerte e que respeita o meio ambiente (livre de CFC e HCFC)







INDÚSTRIA TÊRMO-ACÚSTICA, S.A.

www.termolan.pt

www.rocterm.com

www.rocterm.eu

Figura 90 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: MK 230, MN 230 e MA 230;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.

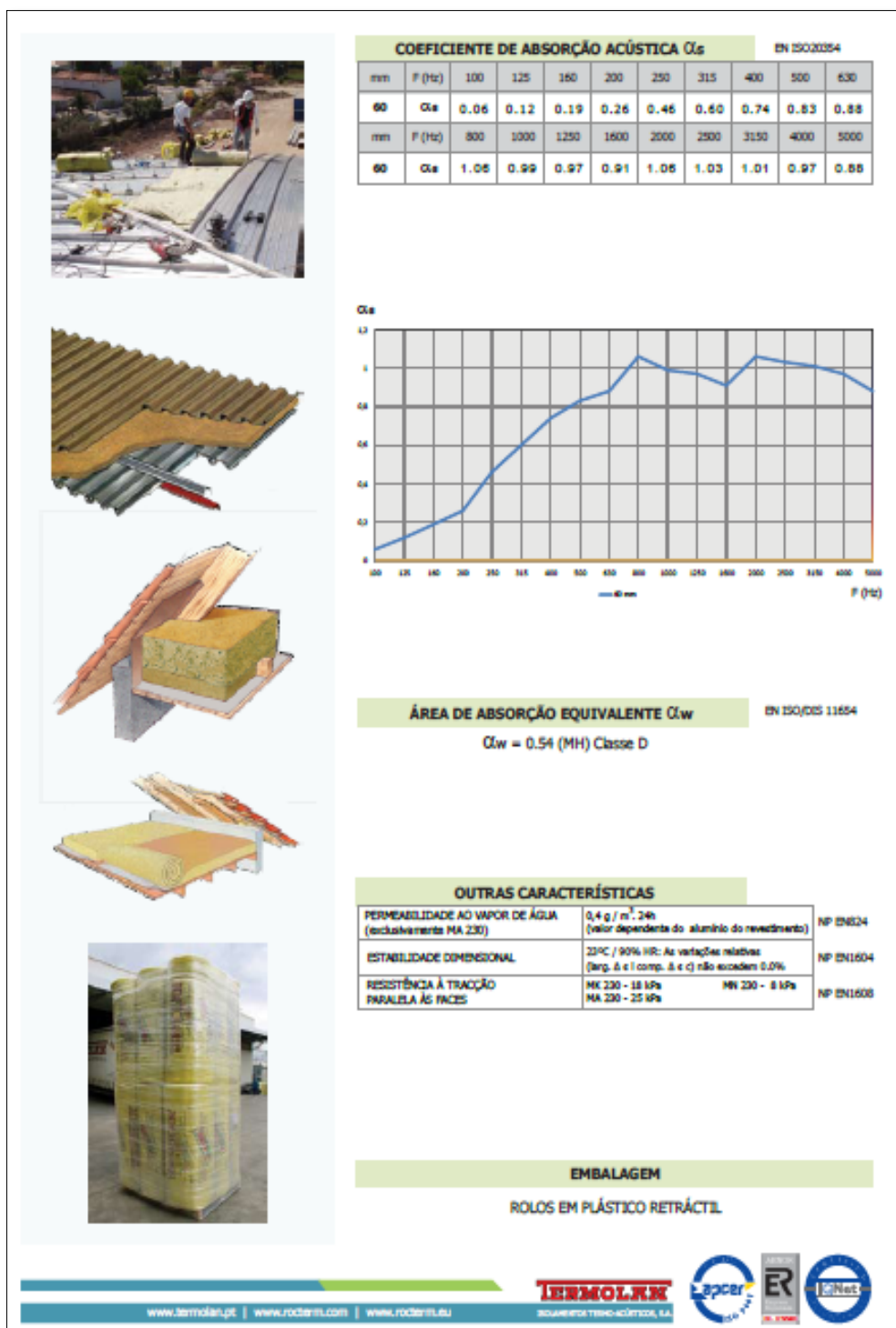


Figura 91 (vol. anexos): Propriedades e características: MK 230, MN 230 e MA 230;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.



DEFINIÇÃO:

painéis semi-rígidos (30 kg/m³) de espessura uniforme, constituídos de fibras de lã de rocha aglutinadas com resina sintética termo-endurecida,
 - PN 30 – sem revestimento.
 - PK 30 – revestido a papel kraft.
 - PA 30 – revestido a alumínio.

APLICAÇÕES:

Múltiplas, em diversas soluções construtivas, como isolamento térmico e acústico com ou sem barreira de vapor.

DIMENSÕES LINEARES						NF EN12722 NF EN12723
ESPESSURA (mm)	40 ^{a)}	50 ^{a)}	60	80	100	120
COMPRIMENTO (mm)						1 350
LARGURA (mm)						600

Tolerâncias: ESPESSURA: Classe T3 -0% até -0 mm a + 0% até +0 mm *
 COMPRIMENTO: ± 2%
 LARGURA: ± 1,5%
 * É válida a menor diferença
 a) PN e PA não se fabrica

RESISTÊNCIA TÉRMICA R _s						EN1 2567 EN1 25109
ESPESSURA (mm)	40	50	60	80	100	120
R (m ² K/W)	1.05	1.30	1.55	2.10	2.60	3.15

VALOR DECLARADO DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA: λ_s : 0,038 W / mK

REACÇÃO AO FOGO		EN1 2501-1 EN1 501182
PN 30 e PA 30 INCOMBUSTÍVEL - EUROCLASSE A1 PK 30 INDETERMINADO - EUROCLASSE F		

ABSORÇÃO DE ÁGUA		NF EN1 060
W _s ≤1.00 kg/m ³		

FACTOR DE DIFUSÃO AO VAPOR DE ÁGUA		BS 2972
μ : 1,3		



PN 30 PK 30 PA 30

PN 30 CERTIFICADO DE CONFORMIDADE
N.º 0402-CPD-356906

PK 30 RELATÓRIO DE CONFORMIDADE
N.º 0402-CPD-356907

PA 30 CERTIFICADO DE CONFORMIDADE
N.º 0402-CPD-356908

MW EN13162 - T3 - W5



Baixa densidade – Produto económico

- Muito boas performances de isolamento.
- Flexibilidade e coesão.



-  CONSTRUÇÃO
-  ISOLAMENTO TÉRMICO
-  ISOLAMENTO ACÚSTICO

Vantagens:

-  Facilidade e rapidez de instalação
-  Fácil adaptação aos elementos estruturais
-  Estabilidade. Aplicado na vertical não se dobra nem se desfaz
-  Segurança em caso de incêndio
-  Bom desempenho face a água
-  Produto inerte e que respeita o meio ambiente (livre de CFC e HCFC)







ISOLAMENTOS TÉRMICO-ACÚSTICOS, S.A.

www.termolan.pt |
 www.rocterm.com |
 www.rocterm.eu

Figura 92 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: PN 30, PK 30 e PA 30;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.

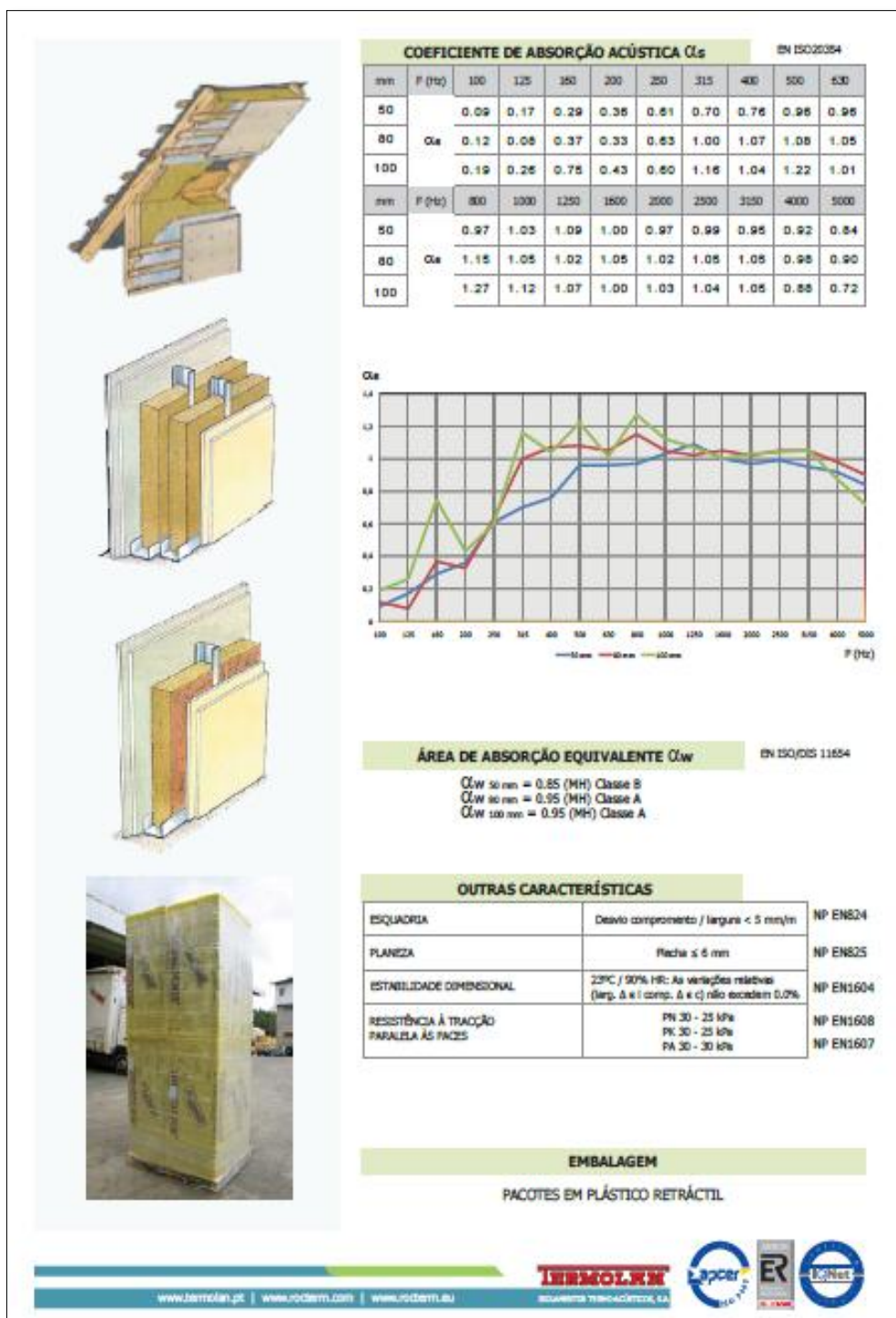


Figura 93 (vol. anexos): Propriedades e caraterísticas: PN 30, PK 30 e PA 30;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.



DEFINIÇÃO:

Painéis semi-rígidos (40 kg/m³) de espessura uniforme, constituídos de fibras de lã de rocha aglutinadas com resina sintética termo-endurecida,

- PN 40 – sem revestimento.
- PK 40 – revestido a papel kraft.
- PA 40 – revestido a alumínio.

APLICAÇÕES:

Múltiplas, em diversas soluções construtivas, como isolamento térmico e acústico com ou sem barreira de vapor.



PN 40 PK 40 PA 40

PN 40 CERTIFICADO DE CONFORMIDADE
N.º 0402-CPD-356909

PK 40 RELATÓRIO DE CONFORMIDADE
N.º 0402-CPD-356910

PA 40 CERTIFICADO DE CONFORMIDADE
N.º 0402-CPD-356911

MW EN13162 - T3 - W5



A excelência em baixa densidade

- Muito bom isolamento acústico.
- Boa proteção mecânica.



- CONSTRUÇÃO
- ISOLAMENTO TÉRMICO
- ISOLAMENTO ACÚSTICO

Vantagens:

- Facilidade e rapidez de instalação
- Fácil adaptação aos elementos estruturais
- Bom isolamento térmico
- Segurança em caso de incêndio
- Bom desempenho face a água
- Produto inerte e que respeita o meio ambiente (livre de CFC e HCFC)

DIMENSÕES LINEARES NF EN1222
NF EN1222

ESPESSURA (mm)	30 ^{II}	40	50	60	80	100
COMPRIMENTO (mm)	1 350					
LARGURA (mm)	600					

Tolerâncias: ESPESSURA: Classe T3 -3% até -3 mm a + 10 % até +20 mm * * É válida a menor diferença
COMPRIMENTO: a 2% a) PK e PA não se fabrica
LARGURA: a 1,5%

RESISTÊNCIA TÉRMICA R_s EN1 2667
EN1 2610

ESPESSURA (mm)	30	40	50	60	80	100
R (m ² .K/W)	0.80	1.10	1.35	1.65	2.20	2.75

VALOR DECLARADO DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA: λ_p = 0.036 W / mK

REACÇÃO AO FOGO EN1 3501-1
EN 15011B2

PN 40 e PA 40 INCOMBUSTÍVEL - EUROCLASSE A1
PK 40 INDETERMINADO - EUROCLASSE F

ABSORÇÃO DE ÁGUA NF EN1 609

W_s ≤ 1.00 kg/m²

FACTOR DE DIFUSÃO AO VAPOR DE ÁGUA BS 2972

μ : 1,3






www.termolan.pt | www.rocterm.com | www.rocterm.es

Figura 94 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: PN 40, PK 40 e PA 40;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.

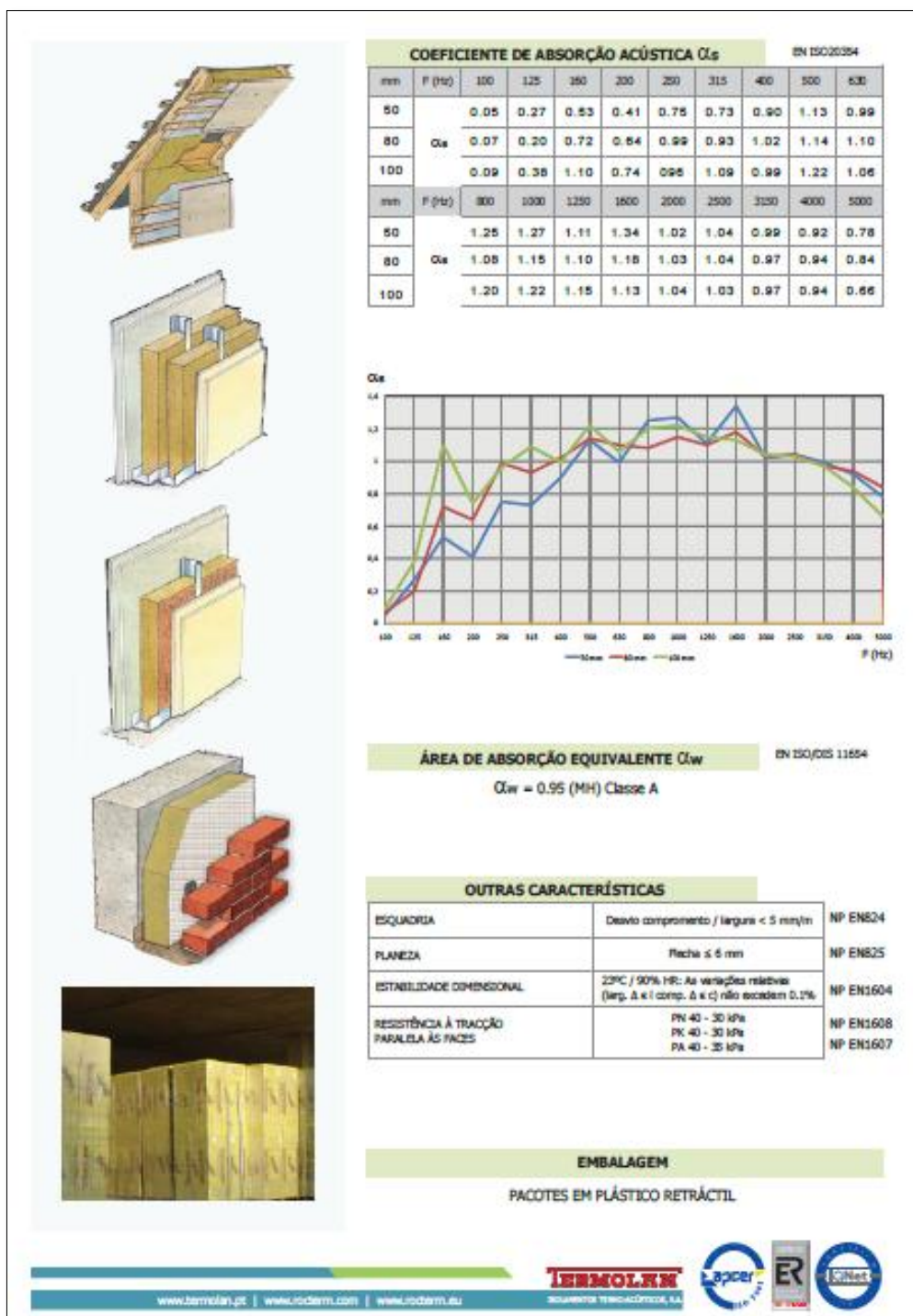


Figura 95 (vol. anexos): Propriedades e caraterísticas: PN 40, PK 40 e PA 40;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.

2007 TERMOACUSTICOS

ROCTERM

Declaração de conformidade CE

2007-12-28

A presente declaração de conformidade é emitida de acordo com a Directiva de produtos de construção (CPD) 89/106/CEE modificada pela Directiva 93/68/CEE e de acordo com o disposto no Anexo ZA da norma **EN 13162 - Thermal insulation products for buildings - Factory made mineral wool (MW) products - Specification**;

Fabricante do produto: **TERMOACUSTICOS** ISOLAMENTOS TERMO-ACÚSTICOS, S. A.

Morada: Av. de Poldrões, 10 - Apartado 11 - 4796-908 VILA DAS AVES - PORTUGAL

Declara que o produto com marca registada **ROCTERM**, referência:

PN 55, é fabricado em conformidade com os requisitos supra citados e com avaliação da conformidade verificada em:

Certificado Nº: **0402-CPD-356914**, emitido pelo Organismo Notificado **SP - Sveriges Provningsoch Forskningsinstitut (402)** com sede em Borås - Suécia.

É um produto isolante de lã mineral (rocha) para construção com as seguintes características e designações:

- Revestimento: **Não revestido.**
- Espessuras: **30 a 100 mm**
- Condutibilidade Térmica, valor declarado: $\lambda_D = 0,035 \text{ W}/(\text{m.K})$
- Reacção ao Fogo: **Euroclasse A1**

Código de Designação: MW - EN13162 - T4 - W5

Vila das Aves, 28 de Dezembro de 2007

ROCTERM

Joaquim Ferreira de Abreu
Presidente do Conselho de Administração

CE

FIBROSOM
MATERIAS DE CONSTRUÇÃO, S.A.
Administração

Pedro Jaquinto
27-03-2008

TERMOACUSTICOS ISOLAMENTOS TERMO-ACÚSTICOS, S. A.
Av. de Poldrões, 10 - Apartado 11 - 4796-908 VILA DAS AVES - PORTUGAL
TEL: 244 30 30 107 - WWW.ROCTERM.COM - WWW.ROCTERM.COM

Figura 96 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: PN 55;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.



DEFINIÇÃO:
Painéis rígidos de espessura uniforme, constituídos de fibras de lã de rocha aglutinadas com resina sintética termo-endurecida, sem revestimento.

APLICAÇÕES:
Múltiplas, como isolamento térmico e acústico em diversas soluções construtivas.

DENSIDADE NOMINAL: 55 kg/m³

DIMENSÕES LINEARES NF EN12622
NF EN12623

ESPESSURA (mm)	30	40	50	60	80	100
COMPRIMENTO (mm)	1 350					
LARGURA (mm)	600					

Tolerâncias: ESPESSURA: classe T4 -3% até -3 mm e +3% até +3mm* * É válida a menor diferença
COMPRIMENTO: ± 2%
LARGURA: ± 1,5%

RESISTÊNCIA TÉRMICA R_s EN12667
EN12669

ESPESSURA (mm)	30	40	50	60	80	100
R (m ² .K/W)	0.85	1.10	1.40	1.70	2.25	2.85

VALOR DECLARADO DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA: λ_s : 0.035 W / mK

REACÇÃO AO FOGO EN13801-1
EN ISO1182
INCOMBUSTÍVEL - EUROCLASSE A1

ABSORÇÃO DE ÁGUA NF EN1069
Ws ≤1.00 kg/m²

FACTOR DE DIFUSÃO AO VAPOR DE ÁGUA EN 2972
μ : 1,3



PN 55

CERTIFICADO DE CONFORMIDADE
N.º 0402-CPD-356914

MW EN 13 162 - T4 - W5



Isolamento +

- Muito bom isolamento térmico.
- Boa proteção mecânica.



-  CONSTRUÇÃO
-  ISOLAMENTO TÉRMICO
-  ISOLAMENTO ACÚSTICO
-  PROTECÇÃO CONTRA INCÊNDIO

Vantagens:

-  Facilidade e rapidez de instalação
-  Fácil adaptação aos elementos estruturais
-  Bom isolamento acústico
-  Segurança em caso de incêndio
-  Muito bom desempenho face a água
-  Produto Inerte e que respeita o meio ambiente (livre de CFC e HCFC)







INDÚSTRIA TÊMO-LAN, S.A.

www.teemolan.pt | www.rocterm.com | www.fibrosom.pt

Figura 97 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: PN 55;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.

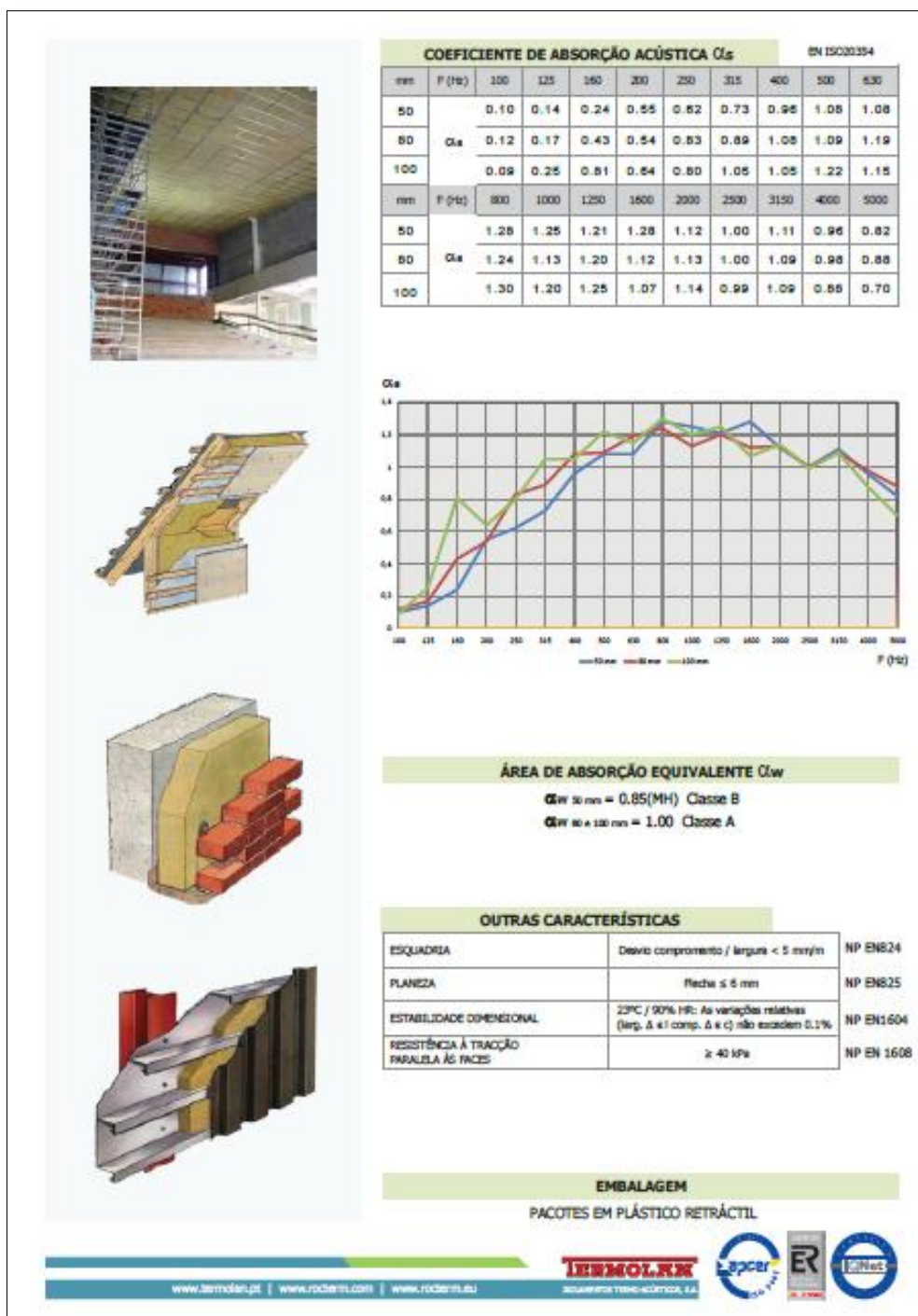


Figura 98 (vol. anexos): Propriedades e características: PN 55;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.

2007 TERMCLAW

Declaração de conformidade CE

2007-12-28

A presente declaração de conformidade é emitida de acordo com a Directiva de produtos de construção (CPD) 89/106/CEE modificada pela Directiva 93/68/CEE e de acordo com o disposto no Anexo ZA da norma **EN 13162** - *Thermal insulation products for buildings - Factory made mineral wool (MW) products - Specification*;

Fabricante do produto: **TERMOLW** ISOLAMENTOS TERMO-ACÚSTICOS, S. A.

Morada: Av. de Politéis, 10 • Apartado 11 • 4796-908 VILA DAS AVES • PORTUGAL

Declara que o produto com marca registada **RCTERM**, referência:

PN 70

é fabricado em conformidade com os requisitos supra citados e com avaliação da conformidade verificada em:

Certificado Nº: 0402-CPD-356912, emitido pelo Organismo Notificado **SP - Sveriges Provningsoch Forskningsinstitut (402)** com sede em Borås - Suécia.

É um produto isolante de lã mineral (rocha) para construção com as seguintes características e designações:

- Revestimento: **Não revestido.**
- Espessuras: **30 a 100 mm**
- Condutibilidade Térmica, valor declarado: $\lambda_D = 0,034 \text{ W/(m.K)}$
- Reacção ao Fogo: **Euroclasse A1**

Código de Designação: MW - EN13162 - T4 - WS

Vila das Aves, 28 de Dezembro de 2007

RCTERM

João Ferreira de Abreu
Presidente do Conselho de Administração

FIBROSOM
MATERIAS DE CONSTRUÇÃO Lda
Administração
Pedro Mesquita
27-03-2008

TERMOLW ISOLAMENTOS TERMO-ACÚSTICOS, S. A.
Av. de Politéis, 10 - Apartado 11 - 4796-908 VILA DAS AVES - PORTUGAL
http://www.termolw.pt - www.rcterm.com - email: termolw@rcterm.pt

Figura 99 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: PN 70;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.





PN 70

CERTIFICADO DE CONFORMIDADE
N.º 0402-CPD-356912

DEFINIÇÃO:
Painéis rígidos de espessura uniforme, constituídos de fibras de lã de rocha aglutinadas com resina sintética termo-endurecida, sem revestimento.

APLICAÇÕES:
Múltiplas, como isolamento térmico e acústico para todas as soluções de maior exigência.

DENSIDADE NOMINAL: 70 kg/m³

DIMENSÕES LINEARES NF EN1272
NF EN1273

ESPESSURA (mm)	30	40	50	60	80	100
COMPRIMENTO (mm)	1 350					
LARGURA (mm)	600					

Tolerâncias: ESPESSURA: classe T4 -3% até -3 mm a +5% até +5mm*
COMPRIMENTO: ± 2%
LARGURA: ± 1.5%
* É válida a menor diferença

RESISTÊNCIA TÉRMICA R_s EN12967
EN12939

ESPESSURA (mm)	30	40	50	60	80	100
R (m ² .K/W)	0.85	1.15	1.45	1.75	2.35	2.90

VALOR DECLARADO DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA: λ_s : 0.034 W / mK

REACÇÃO AO FOGO EN13501-1
EN ISO1182
INCOMBUSTÍVEL - EUROCLASSE A1

ABSORÇÃO DE ÁGUA NF EN1069
W_s ≤1.00 kg/m³

FACTOR DE DIFUSÃO AO VAPOR DE ÁGUA BS 2072
μ : 1,3

MW EN 13 162 - T4 - W5

CE

Isolamento ++

- Excelente isolamento acústico e térmico.
- Muito boa proteção mecânica.



-  CONSTRUÇÃO
-  ISOLAMENTO TÉRMICO
-  ISOLAMENTO ACÚSTICO
-  PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO

Vantagens:

-  Facilidade e rapidez de instalação
-  Fácil adaptação aos elementos estruturais
-  Elevadas performances de isolamento
-  Segurança em caso de incêndio
-  Muito bom desempenho face a água
-  Produto Inerte e que respeita o meio ambiente (livre de CFC e HCFC)






www.termolan.pt | www.rocterm.com | www.rocterm.luj

Figura 100 (vol. anexos): Declaração de Conformidade CE: PN 70;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.

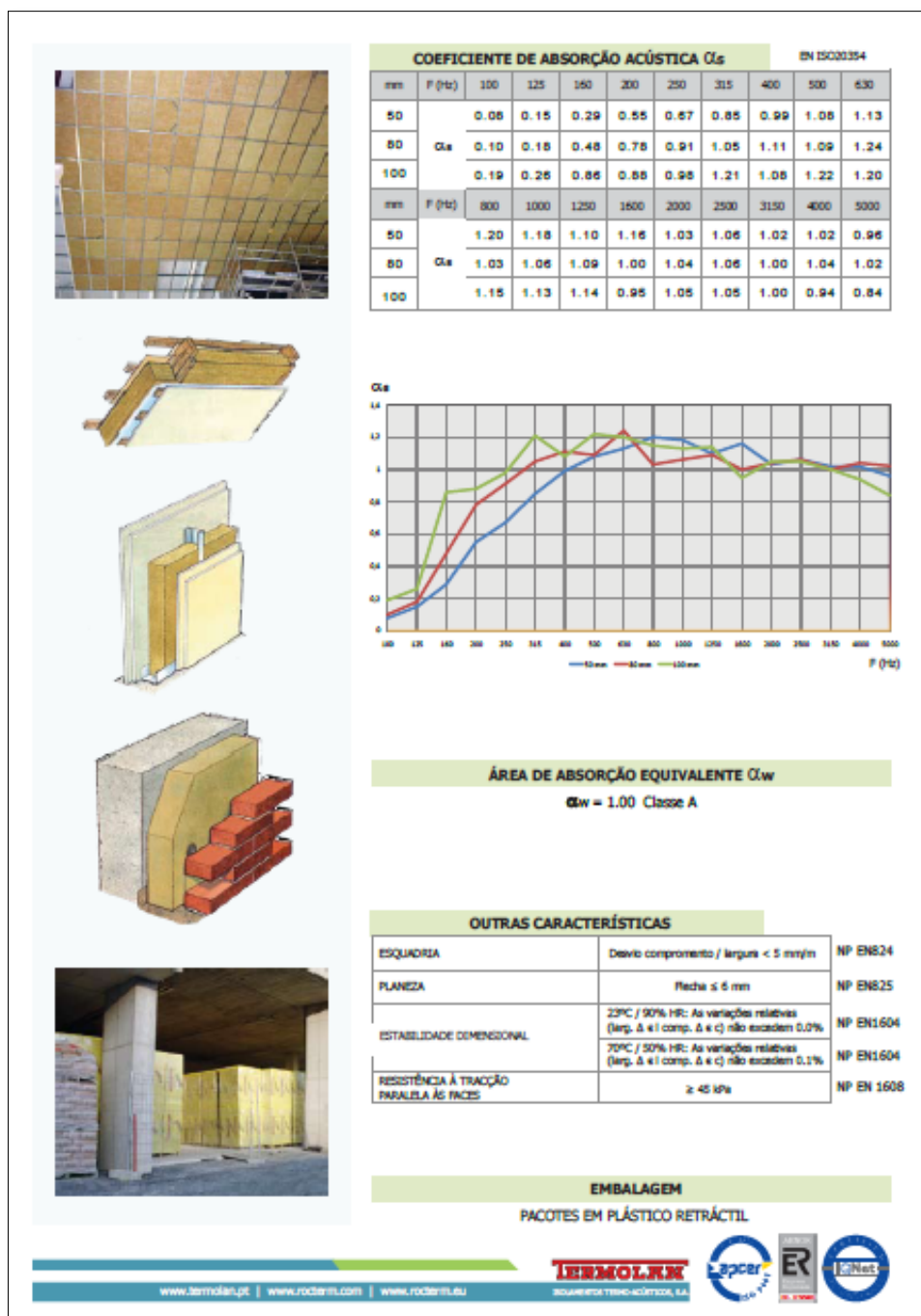


Figura 101 (vol. anexos): Propriedades e características: PN 70;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Fibrosom.

- Empresa Dow:



Figura 102 (vol. anexos): Marcação CE dos produtos ROOFMATE e WALLMATE;

Fonte: Dow (2006, p. 9)

A Marcação CE e a Implementação da Norma de produto EN 13164 para o Poliestireno extrudido

Característica do produto em Poliestireno extrudido	Método de Ensaio	Código de Identificação EN 13164
Valor nominal de Resistência Térmica	EN 12667 / EN 12939	R_e
Valor nominal de Condutibilidade Térmica	EN 12667 / EN 12939	λ_e
Comportamento ao fogo / Euroclasse	EN 13501-1	A, B, C, D, E, F
Resistência à compressão a 10% de deformação	EN 826	CS(10;Y) I
Resistência à tracção perpendicular às faces	EN 1607	TR I
Fluência à compressão – creep	EN 1606	CC(I,1,;y) σ_c
Absorção de água por difusão a longo prazo	EN 12088	WD (V) I
Absorção de água por Imersão a longo prazo	EN 12087	WL (T) I
Estabilidade a ciclos alternados de gelo-degelo	EN 12091	FT1; FT2
Difusão ao vapor de água	EN 12086	MU I
Estabilidade dimensional a temperatura condicionada	EN 1604	DS(T+)
Estabilidade dimensional a temperatura e humidade condicionadas	EN 1604	DS(TH)
Deformação sob carga e temperatura condicionadas	EN 1605	DLT(I)5; I=1, 2
Limite de tolerância na espessura	EN 823	TI (I=1, 2, 3)

Um Código de Identificação para um produto em Poliestireno extrudido efectuado segundo a Marcação CE poderá apresentarse conforme o seguinte exemplo: XPS - EN13164 - T1 - CS(10;Y)300 - DS(TH) - DLT(2)5 - CC(2/1,5/50)130 - WD(V)5 - FT2.

As características deste produto são as seguintes:

T1	O Produto apresenta uma tolerância de classe 1 na sua espessura, para a espessura de 50 Isto significa -2 / +3 mm de tolerância.
CS(10;Y)300	A resistência à compressão correspondente a uma deformação de 10% é no mínimo 300 kPa.
DS(TH)	A estabilidade dimensional na presença de condições de temperatura e humidade pré definidas na norma é garantida. O mesmo que dizer que após o acondicionamento por 48h a T = 23 °C e 90% HR, as variações de comprimento, largura e espessura são inferiores a 2%.
DLT(2)5	A deformação devida a uma solicitação de compressão de 40 kPa a 70 °C de temperatura, e após 168 horas não deve superar em 5% a deformação provocada pela mesma carga de 40 kPa mas com uma temperatura de 23 °C.
CC(2/1,5/50)130	Sob uma carga continua CC de 130 kPa, a deformação total após um periodo de solicitação de 50 anos é no máximo 2% da espessura, dos quais 1,5% é devido à sua fluência.
WD(V)5	No ensaio de absorção de água por difusão WD não é superado o valor de 5% de absorção de água referente ao seu volume total.
FT2	Sujeito a ciclos alternados de gelo-degelo FT, após o ensaio de absorção de água por difusão, o produto não absorve mais que 1% do seu volume em água.

Figura 103 (vol. anexos): Marcação CE para o produto Poliestireno Extrudido;

Fonte: Dow (2006, p. 12)

ROOFMATE						
Dados técnicos						
Propriedade	Norma	Código de designação EN 13164 ⁽⁶⁾	Unidade	ROOFMATE SL-A	ROOFMATE LG-X	ROOFMATE PT-A
Comprimento	EN 822	-	mm	1250	1200	2000
Largura	EN 822	-	mm	600	600	600
Espessura ⁽¹⁾	EN 823	Ti	mm	30, 40, 50, 60, 80	50 + 10	35, 40, 50, 60
Superfície	-	-	-	Lisa	Argamassa	Rugosa e canelada
Corte perimetral	-	-	-	Meia-madeira	Macho-fêmea	Meia-madeira
Densidade mínima	EN 1602	-	kg/m ³	35	32	35
Aplicações	-	-	-	Cobertura plana invertida	Cobertura plana invertida aligeirada	Cobertura inclinada com estrutura contínua

Prestações térmicas:

R_D (resistência térmica) = e (espessura) / λ_D (condutibilidade térmica)

Produto	Espessura (mm)						unidade
	30	35	40	50	60	80	
R_D ROOFMATE SL-A	0.85	-	1.15	1.40	1.70	2.30	m ² .°K / W
R_D ROOFMATE PT-A	-	1.00	1.15	1.40	1.70	-	m ² .°K / W
R_D ROOFMATE LG-X	-	-	-	1.70	2.10	2.75	m ² .°K / W

Conformidade com a norma EN 13164 e certificação:
 Todos os produtos contam com marcação CE.
 Certificação voluntária de produto AENOR (Marca AENOR) para os produtos ROOFMATE SL-A, ROOFMATE PT-A, WALLMATE CW-A, STYROFOAM IB-A e FLOORMATE 200-A produzidos na fábrica de Bilbao, segundo a norma EN 13164.
 Certificação voluntária de produto AENOR (Marca AENOR) para os produtos ROOFMATE SL-A, WALLMATE CW-A e FLOORMATE 200-A produzidos na fábrica de Estarreja, segundo a norma EN 13164.
 Homologação com certificação (DH 779) do Laboratório Nacional de Engenharia Civil para ROOFMATE SL-A na aplicação de isolamento térmico de tetos.

Figura 104 (vol. anexos): Dados técnicos dos produtos ROOFMATE;

Fonte: Dow (2006, p. 16)

ROOFMATE						
Prestações						
Propriedade	Norma	Código de designação EN 13164 ⁽⁶⁾	Unidade	ROOFMATE SL-A	ROOFMATE LG-X	ROOFMATE PT-A
Condutibilidade térmica, λ ⁽²⁾	EN 12667	-	W/mK	0.035	0.029	0.035
Resistência à compressão (mínima) ⁽³⁾	EN 826	CS(10/Y)i	kPa	300	300	300
Resistência à compressão para fluência máx. 2% ⁽⁴⁾	EN 1606	CC(2/1,5/50)i	kPa	130	100	130
Absorção de água por imersão	EN 12087	WL(T)i	% vol.	< 0.7	< 0.7	< 0.7
Absorção de água por difusão	EN 12088	WD(V)i	% vol.	< 3.0	< 3.0	< 3.0
Absorção de água por ciclos gelo / degelo	EN 12091	FTi	% vol.	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Factor de resistência à difusão do vapor de água, μ ⁽⁵⁾	EN 12086	MUi	-	100 - 200	100 - 200	100-200
Capilaridade	-	-	-	Nula	Nula	Nula
Coefficiente de dilatação linear	-	-	mm/m°C	0.07	0.07	0.07
Temperaturas de serviço	-	-	°C	-50 / +75	-50 / +75	-50 / +75
Reacção ao fogo	EN 13501-1	Euroclasse	-	E	E	E

(1) Para outras espessuras, consultar os nossos serviços
 (2) Valor declarado segundo a norma EN 13164, conforme processos estatísticos 90/90 (90% da produção, 90% de intervalo de confiança)
 (3) Ensaio de curto prazo; valor quando se atinge o limite de rotura ou 10% de deformação
 (4) Fluência: deformação a longo prazo sob carga permanente
 (5) Em produtos com pele de extrusão depende da espessura: decresce com o aumento da espessura
 (6) Norma Europeia de Isolamento térmico em poliestireno extrudido. É a base para a marcação CE e para a certificação de produto AENOR. São indicados os códigos de designação para algumas propriedades. Na norma EN 13164 são especificados os valores "1"; que dão origem a diversos níveis para uma determinada propriedade, de acordo com a referida norma de produto.

Figura 105 (vol. anexos): Prestações dos produtos ROOFMATE;

Fonte: Dow (2006, p. 17)

WALLMATE

Dados técnicos

Propriedade	Norma	Código de designação EN 13164 ⁽⁶⁾	Unidade	WALLMATE CW-A	STYROFOAM IB-A
Comprimento	EN 822	-	mm	2600	1250
Largura	EN 822	-	mm	600	600
Espessura ⁽¹⁾	EN 823	Ti	mm	30, 40, 50, 60	30, 40
Superfície	-	-	-	Lisa	Rugosa e punçonada
Corte perimetral	-	-	-	Macho-fêmea	Recto
Densidade mínima	EN 1602	-	kg/m ³	30	30
Aplicações	-	-	-	Paredes duplas	Paredes simples Pontes térmicas

Prestações térmicas:
 R_D (resistência térmica) = e (espessura) / λ_D (condutibilidade térmica)

Produto	Espessura (mm)				unidade
	30	40	50	60	
R_D WALLMATE CW-A	0.85	1.15	1.40	1.70	m ² .°K / W
R_D STYROFOAM IB-A	0.85	1.15	1.40	-	m ² .°K / W

Conformidade com a norma EN 13164 e certificação:
 *Todos os produtos contam com marcação CE.
 Certificação voluntária de produto AENOR (Marca AENOR) para os produtos ROOFMATE SL-A, ROOFMATE PT-A, WALLMATE CW-A, STYROFOAM IB-A e FLOORMATE 200-A produzidos na fábrica de Bilbao, segundo a norma EN 13164
 Certificação voluntária de produto AENOR (Marca AENOR) para os produtos ROOFMATE SL-A, WALLMATE CW-A e FLOORMATE 200-A produzidos na fábrica de Estarreja, segundo a norma EN 13164
 Homologação com certificação (DH 779) do Laboratório Nacional de Engenharia Civil para ROOFMATE SL-A na aplicação de Isolamento térmico de terraços*

Figura 106 (vol. anexos): Dados técnicos dos produtos WALLMATE CW-A e STYROFOAM IB-A;

Fonte: Dow (2006, p. 18)

WALLMATE

Prestações

Propriedade	Norma	Código de designação EN 13164	Unidade	WALLMATE CW-A	STYROFOAM IB-A
Condutibilidade térmica, λ ⁽²⁾	EN 12667	-	W/mK	0.035	0.035
Resistência à compressão (mínima) ⁽³⁾	EN 826	CS(10/Y)j	kPa	200	250
Resistência à compressão para fluência máx. 2% ⁽⁴⁾	EN 1606	CC(2/1,5/50)i	kPa	-	-
Absorção de água por imersão	EN 12087	WL(T)j	% vol.	< 0.7	< 1.5
Absorção de água por difusão	EN 12088	WD(V)j	% vol.	-	-
Absorção de água por ciclos gelo / degelo	EN 12091	FTi	% vol.	-	-
Factor de resistência à difusão do vapor de água, μ ⁽⁵⁾	EN 12086	MUi	-	80-180	80
Capilaridade	-	-	-	Nula	Nula
Coefficiente de dilatação linear	-	-	mm/m°C	0.07	0.07
Temperaturas de serviço	-	-	°C	-50 / +75	-50 / +75
Reacção ao fogo	EN 13501-1	Euroclasse	-	E	E

(1) Para outras espessuras, consultar os nossos serviços
 (2) Valor declarado segundo a norma EN 13164, conforme processos estatísticos 90/90 (90% da produção, 90% de intervalo de confiança)
 (3) Ensaio de curto prazo; valor quando se atinge o limite de rotura ou 10% de deformação
 (4) Fluência: deformação a longo prazo sob carga permanente
 (5) Em produtos com pele de extrusão depende da espessura: decresce com o aumento da espessura
 (6) Norma Europeia de Isolamento térmico em poliestireno extrudido. É a base para a marcação CE e para a certificação de produto AENOR. São indicados os códigos de designação para algumas propriedades. Na norma EN 13164 são especificados os valores "i", que dão origem diversos níveis para uma determinada propriedades, de acordo com a referida norma de produto.

Figura 107 (vol. anexos): Prestações dos produtos WALLMATE CW-A e STYROFOAM IB-A;

Fonte: Dow (2006, p. 19)

▪ Empresa Ediltec:

Produtos referenciados	X-FOAM® HBD	X-FOAM® HBD PLUS, X-FOAM® HBT PLUS e X-FOAM® LMF PLUS
Condutibilidade Térmica (λ) [W/m.°C]	$\lambda = 0.033$ para espessuras de 30 a 40mm $\lambda = 0.034$ para espessuras de 50 a 60mm $\lambda = 0.036$ para espessuras de 70 a 140mm	$\lambda = 0.031$ para espessuras de 20 a 80 mm $\lambda = 0.032$ para espessuras de 88 a 133 mm

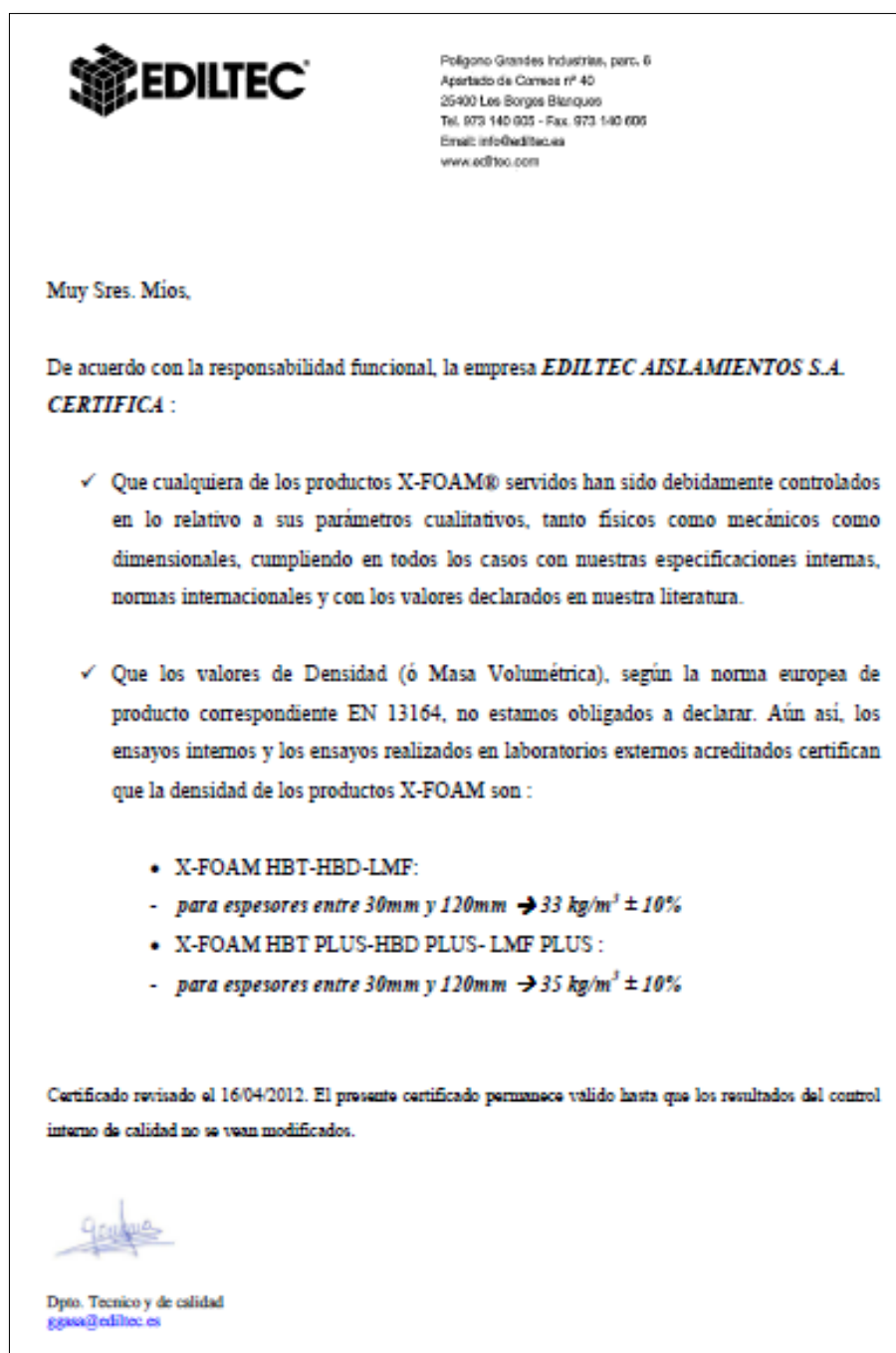



Figura 108 (vol. anexos): Densidades dos produtos;

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Ediltec.



CE

DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE

EDILTEC AISLAMIENTOS S.A.
POL. GRANDES INDUSTRIAS P-6
25400 - LES BORGES BLANQUES (LLEIDA)

Declara, pela sua responsabilidade que o produto:

X-FOAM® HBD

Produzido em Les Borges Blanques (Espanha), cumpre os requisitos essenciais do mandato M/103, da Directiva Comunitária sobre materiais de Construção (89/106/CEE), está sujeito a um controle de produção, e que as análises efectuadas são conforme as exigências da norma técnica:

EN 13164 - Anexo ZA
"PRODUTOS DE ISOLAMENTO TÉRMICO PARA APLICAÇÃO EM EDIFÍCIOS. PRODUTOS MANUFACTURADOS EM POLIESTIRENO EXTRUDIDO (XPS). ESPECIFICAÇÃO"

Esta declaração está baseada nos testes levados a cabo pelos seguintes laboratórios notificados:

CEIS S.L., carretera Villaviciosa de Odón a Mostoles Km 1.5 - 28935 Mostoles (Madrid) com número de acreditação 1/LE991.
AFITI LICOF, Camino del Estrechillo 8 - 28500 Arganda del Rey (Madrid) com número de acreditação 1168.
LABORATOIRE NATIONAL DE METROLOGIE ET D'ESSAIS, 1 rue Gaston Boissier - 75724 Paris Cedex 15 com Número de Acreditación 5-0019
FIW - FORSCHUNGSINSTITUT FÜR WÄRMESCHUTZ e.V. Manchen Lochhamer Schlag 4 - 82166 Gerfelfing com Número de Acreditación 0751.

O Código deste produto é:


Espessuras de 30 a 60mm: XPS-EN13164-T1-CS(10/Y)300-DS(TH)-DLT(2)S-WL(T)0,7-WD(V)S-FT2-MU100

Espessuras de 70 a 140mm: XPS-EN13164-T1-CS(10/Y)300-CC(1,5/1,5/50)90-DS(TH)-DLT(2)S-WL(T)0,7-WD(V)S-FT2-MU100

- Condutividade térmica λ_D declarado:
 - 0.033 W/mK para espessuras de 30 a 40 mm
 - 0.034 W/mK para espessuras de 50 a 60 mm
 - 0.036 W/mK para espessuras de 70 a 140 mm
- Resistência térmica R_D declarada:

Espessuras (mm):	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
R_D (m ² K/W):	0.90	1.20	1.45	1.75	1.90	2.20	2.50	2.75	3.05	3.30	3.60	3.85
- Classificação da reacção ao fogo (Euroclasse): E

Les Borges Blanques
30/04/2010

EDILTEC AISLAMIENTOS S.A.
Resp. Técnico e de Qualidade


Este certificado foi revisto em 30 de Abril de 2010 e será válido enquanto permaneçam em vigor as normas técnicas referidas no documento, e as condições de produção ou o controle de produção em fábrica não se modificarem significativamente.

Figura 109 (vol. anexos): Declaração de conformidade CE do produto X-FOAM® HBD;

Fonte: Ediltec (2010)



ASSOCIATION POUR LA CERTIFICATION DES MATERIAUX ISOLANTS
ASSOCIATION FRANÇAISE EUROPEENNE POUR L'ETUDE ET LE DEVELOPPEMENT DE LA CERTIFICATION TECHNIQUE DES MATERIAUX ISOLANTS
CSTB - LNE

CERTIFICAT ACERMI
N° 10/093/627
Licence n° 10/093/627



ACCREDITATION
 N° 1003
 POUR
 LE SERVICE
 DE CERTIFICATION
 DES MATERIAUX
 ISOLANTS
Édition 2

En application des Règles Générales du Certificat de produit ACERMI et du Règlement Technique de la Certification des matériaux isolants thermiques,

La société :

Raison sociale : **EDILTEC AISLAMIENTOS S.A**
 Company :

Siège social : **Pollgoras Grandes Industrias, - pare 6 - LES BORGES - 25400 Blanques - LLEIDA - Espagne**
 Head Office :

est autorisée à apposer la marque ACERMI sur le produit isolant, sur les emballages et sur tout document concernant directement le produit désigné sous les références commerciales

X-FOAM HBD PLUS - X-FOAM HBT PLUS - X-FOAM LMF PLUS -

et fabriqué par l'usine de : **LES BORGES BLANQUES_LLEIDA (Espagne)**
 Production plant :

avec les caractéristiques certifiées figurant en page 2 du présent certificat.
Certified characteristics are given in page 2.

Ce certificat atteste que ce produit et le système qualité mis en œuvre pour sa fabrication font respectivement l'objet d'essais de conformité et d'audits périodiques avec prélèvement d'échantillons pour essais, suivant les spécifications définies par le Règlement Technique.

This licence, delivered under the ACERMI Technical Regulations, certifies that the products and the relevant quality system are respectively submitted to tests of conformity and periodical audits with sampling for tests, according to the specifications of the Technical Regulations.

Ce certificat a été délivré le 16 décembre 2010 et, sauf décision ultérieure à la présente certification, due en particulier à une modification du produit ou du système qualité mis en place, est valable jusqu'au 31 décembre 2011.
This certificate was issued on December 16th, 2010 and is valid until December 31st, 2011, except new decision due to a modification in the product or in the implemented quality system.

Pour le Président
B. DELCAMBRE



C. BALOCHE

Pour le Secrétaire
J.L. LAURENT



L. DAGALLIER

La validité du certificat peut être vérifiée en consultant la base de données sur le site : www.acermi.com


Révision du certificat n° 10/093/627 Édition 1, délivré le 1^{er} octobre 2010
Revision of certificate n° 10/093/627 Edition 1, issued on October 1st, 2010

Page 1 sur 2

4, avenue du Recteur Poincaré 75782 Paris Cedex 16 - Tél. 33 (0)1 64 68 84 97 - Télécopie 33 (0)1 64 68 83 45


Figura 110 (vol. anexos): Declaração de conformidade CE dos produtos X-FOAM HBD PLUS, X-FOAM HBT PLUS e X-FOAM LMF PLUS;

Fonte: Ediltec (2010a)



ASSOCIATION POUR LA CERTIFICATION DES MATERIAUX ISOLANTS
ASSOCIATION DÉCLARÉE (LOI DU 1ER JUILLET 1901) ORGANISME CERTIFICATEUR DÉCLARÉ (L.93-544 DU 2 JUILLET 1993)
CSTB - LNE

CARACTERISTIQUES CERTIFIEES
Certified properties
CERTIFICAT ACERMI
N° 10/093/627
Licence n° 10/093/627



ACCREDITÉ PAR LE PORTIF
D'INSTRUMENTS DE MESURE
FRANÇAIS
Édition 2

CONDUCTIVITE THERMIQUE CERTIFIEE : 0,031 W/(m.K) (de 20 à 80 mm)
Certified thermal conductivity 0,032 W/(m.K) (de 88 à 133 mm)

Résistance thermique – Thermal resistance											
Épaisseur (mm)	21	31	42	50	53	60	64	75	80	88	100
R (m ² .K/W)	0,65	1,00	1,35	1,60	1,70	1,90	2,05	2,40	2,55	2,75	3,10
Épaisseur (mm)	111	120	122	133	-	-	-	-	-	-	-
R (m ² .K/W)	3,45	3,75	3,80	4,15	-	-	-	-	-	-	-

REACTION AU FEU :
Reaction to fire

- Classe E

AUTRES CARACTERISTIQUES CERTIFIEES :
Other certified properties

Tolérance d'épaisseur	T1
Contrainte en compression	CS(10/V)300
Stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées	DS(TH)
Absorption d'eau à long terme par immersion totale	WL(T)0.7

Profil d'usage ISOLE

Niveaux d'aptitude à l'emploi	Compression	Stabilité dimensionnelle	Comportement à l'eau	Cohésion	Perméance à la vapeur d'eau
Épaisseurs (mm)	I	S	O	L	E
20 à 60	5	1	3	4	3
60 à 100	5	1	3	4	4
100 à 133	5	1	3	4	4

Résistance critique à la compression :

- 20 à 133 mm : $R_{CS} \geq 200$ kPa
Valeur ds mini : 0,8 %
Valeur ds maxi : 1,4 %

Spécifications pour applications sol :

Épaisseurs (mm)	Classement
20 à 133	SCIa 2Ch

Page 2 sur 2

4, avenue du Recteur-Poincaré 75762 Paris Cedex 16 - Tél. 33 (0)1.64.66.04.97 - Télécopie 33 (0)1.64.66.03.45

Figura 111 (vol. anexos): Declaração de conformidade CE dos produtos X-FOAM HBD PLUS, X-FOAM HBT PLUS e X-FOAM LMF PLUS;

Fonte: Ediltec (2010a)

▪ Empresa Plastimar:

Produtos referenciados	EPS 30	EPS 60	ESPS 100	EPS 150	EPS X	NEOPLAS 60	NEOPLAS 100
Condutibilidade Térmica (λ) [W/m.°C]	0.042	0.038	0.036	0.034	0.034	0.032	0.031



COM MARCAÇÃO CE

CLASSES DE EPS

EPS 30 - $\lambda=0,042$ (W/m.°C) 
Aligeiramento estrutural, aplicações sem grandes requisitos térmicos e isolamento acústico.

EPS 60 - $\lambda=0,038$ (W/m.°C) 
Aligeiramento estrutural, isolamento térmico da envolvente dos edifícios e isolamento acústico.

EPS 100 - $\lambda=0,036$ (W/m.°C) 
Aligeiramento estrutural, isolamento térmico da envolvente dos edifícios e isolamento acústico.

EPS 150 - $\lambda=0,034$ (W/m.°C) 
Aligeiramento estrutural, isolamento térmico da envolvente dos edifícios e isolamento acústico.

EPS 200 - $\lambda=0,033$ (W/m.°C) 
Aligeiramento estrutural, isolamento térmico da envolvente dos edifícios.

EN 13163

As aplicações correntes em EPS para isolamento térmico na construção civil cumprem a norma de referência EN 13163.



Código Designação:
EPS -EN 13163-TI-LI-WI-SI-PI-DS(N)i-BS(i)-CS(10)i
 T – Classe de tolerância da espessura
 L – Classe de tolerância do comprimento.
 W – Classe de tolerância da largura.
 S – Classe de tolerância da esquadria.
 P – Classe de tolerância da planeza.
 DS(N) – Classe de estabilidade dimensional.
 BS(i) – Resistência a flexão.
 CS(i) – Resistência a compressão a 10% de deformação.

*"i" é utilizado para indicar o nível ou classe da propriedade.






Plastimar
Periche
Tel: 00351 262 793 130
Fax: 00351 262 790 447

Plastimar
Santo Tirso
Tel: 00351 252 808 100
Fax: 00351 252 809 109

www.plastimar.pt
plastimar@plastimar.pt

Figura 112 (vol. anexos): Marcação CE dos produtos Plastimar (EPS);

Fonte: [adaptado de Plastimar (2011)]




A SYNDRA COMPANY


EPS PLASTIMAR
Ensaiado no LNEC

O EPS fabricado pelo grupo Plastimar para aplicações de Isolamento Térmico e Acústico na construção civil tem marcação CE e contém um aditivo ignífugo que lhe confere características de resistência ao fogo.

ISOLAMENTO ACÚSTICO
Ensaiado no ISQ
Rw=18 db

O isolamento acústico a ruído aéreo conferido por uma placa de EPS 60 com 50 mm de espessura é de 18 db.





PROPRIEDADES FÍSICAS DO EPS		EPS 30	EPS 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200	EPS 250
EN 12967	Condutibilidade térmica, λ	0.042	0.038	0.036	0.034	0.033	0.033
EN 12602	Resistência à compressão - def.2%	5	15	25	35	50	70
EN 12602	Resistência à compressão - def.10%	30	60	100	150	200	250
EN 12602	Resistência à flexão	50	100	150	200	250	350
EN 12927	Absorção de água por imersão	< 5	< 3	< 2	< 2	< 2	< 1
EN 12906	Factor resistência à difusão vapor de água	20-40	20-40	30-70	30-70	40-100	40-100
	Coefficiente dilatação térmica linear	5-7x10 ⁻⁵					
	Estabilidade de forma à temperatura	85					
EN 12952-1	Reacção ao fogo	E					





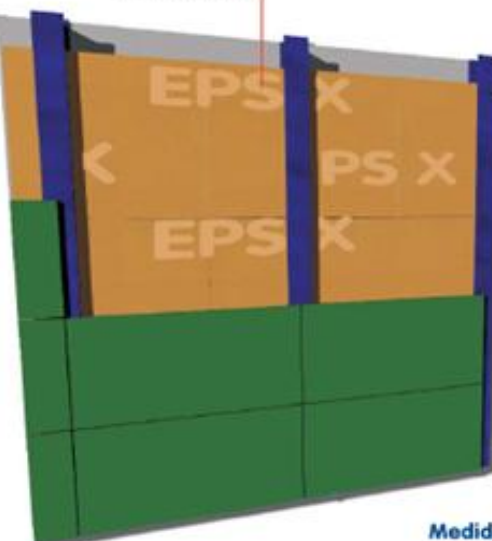
Figura 113 (vol. anexos): Propriedades físicas dos produtos Plastimar (EPS);

Fonte: [adaptado de Plastimar (2011)]




EPS X - BAIXA ABSORÇÃO E CONDUTIBILIDADE

fachada ventilada



sistema ETICS



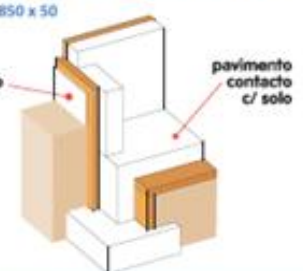
EPS X
 $\lambda=0,033$ (W/m.°C)


O EPS X é um material com elevada resistência a compressão e baixa absorção de água, adequado para isolamento térmico de elementos da envolvente exterior, tais como:

- Paredes e pavimentos em contacto com o solo.
- Isolamento perimetral de elementos de fundações.
- Coberturas planas sistema tradicional.
- Coberturas planas invertidas.
- Fachadas ventiladas.
- Sistema ETICS.

Medidas Standard

<p>Placa Lisa</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1250 x 850 x 30 - 1250 x 850 x 40 - 1250 x 850 x 50 	<p>Placa Ranhurada</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1250 x 850 x 35 - 1250 x 850 x 45
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------





Plastimar
Periche

Tel: 00351 202 780 120
Fax: 00351 202 780 447

Plastimar
São João

Tel: 00351 252 808 191
Fax: 00351 252 808 198

www.plastimar.pt
plastimar@plastimar.pt

Figura 114 (vol. anexos): Produto Plastimar (EPS X);

Fonte: [adaptado de Plastimar (2011a)]

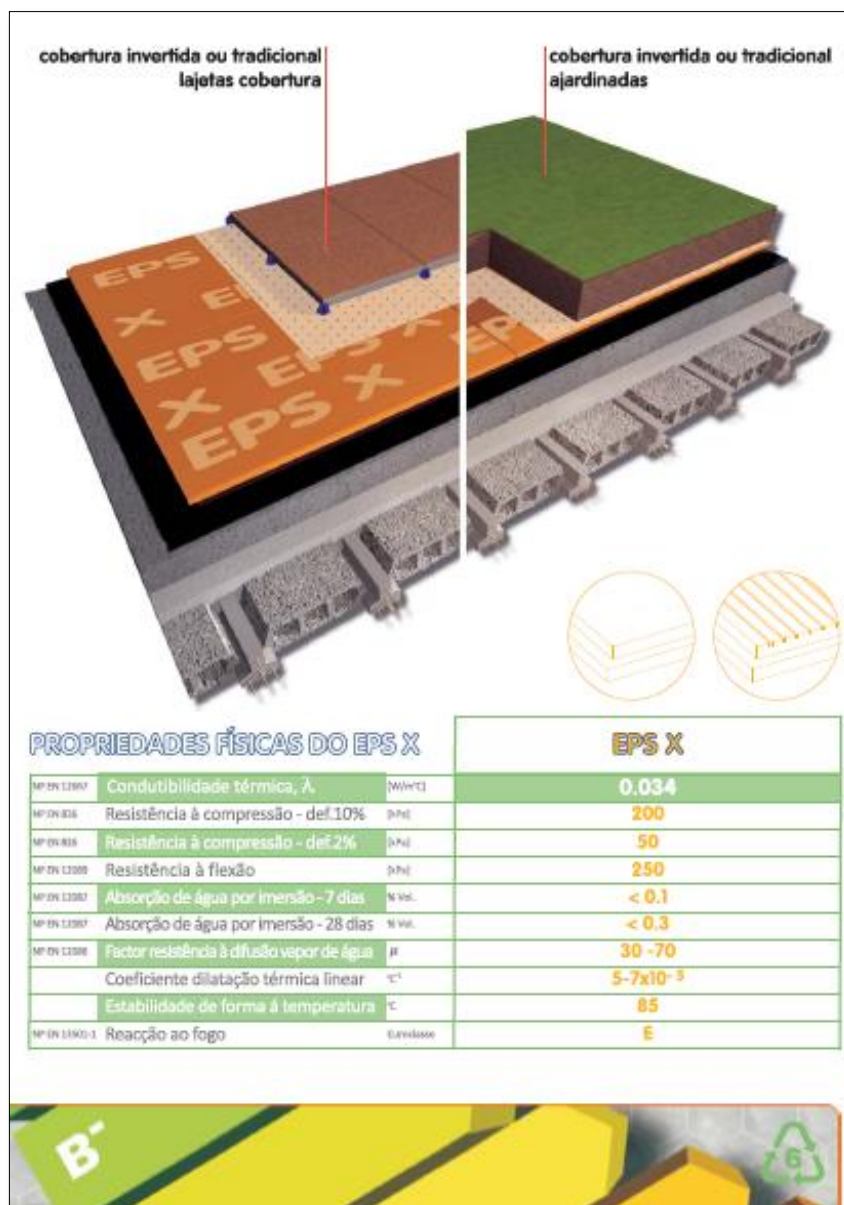


Figura 115 (vol. anexos): Propriedades físicas do EPS X;

Fonte: [adaptado de Plastimar (2011a)]



NEOPLAS MAIS COM MENOS





NEOPLAS
Inovação em isolamento térmico

O NEOPLAS é um EPS (poliestireno expandido) com adição de partículas de grafite que reduzem o efeito da transmissão de calor por radiação. O NEOPLAS é um EPS com condutibilidade térmica melhorada.

CLASSES DE NEOPLAS

NEOPLAS 60 - $\lambda=0,032$ (W/m.°C) **CE**
Aligeiramento estrutural, isolamento térmico da envolvente dos edifícios e isolamento acústico.

NEOPLAS 100 - $\lambda=0,031$ (W/m.°C) **CE**
Isolamento térmico da envolvente dos edifícios e isolamento acústico.

EFICIÊNCIA TÉRMICA
Melhor isolamento térmico para construção civil

O NEOPLAS é o isolante térmico com a condutibilidade térmica mais baixa, comparativamente aos materiais presentes no mercado nacional, nomeadamente XPS, MW, PIR/PUR e ICB, de acordo com LNEC ITE 50.

O NEOPLAS para aplicações de Isolamento Térmico e Acústico na construção civil tem marcação CE e contém um aditivo ignífugo que lhe confere características de resistência ao fogo.

ISOLAMENTO ACÚSTICO
Rw=18 dB

O isolamento acústico a ruído aéreo conferido por uma placa de NEOPLAS 60 com 50 mm de espessura é de **18 dB**.



Plastimar
Feixida

Tel: 00351 252 760 130
Fax: 00351 252 769 467


Plastimar
Santo Tiraz

Tel: 00351 353 809 800
Fax: 00351 252 808 108

www.plastimar.pt
plastimar@plastimar.pt

Figura 116 (vol. anexos): Marcação CE dos produtos Plastimar (Neoplas);

Fonte: [adaptado de Plastimar (2011b)]



Plastimar
A SYMBRA COMPANY

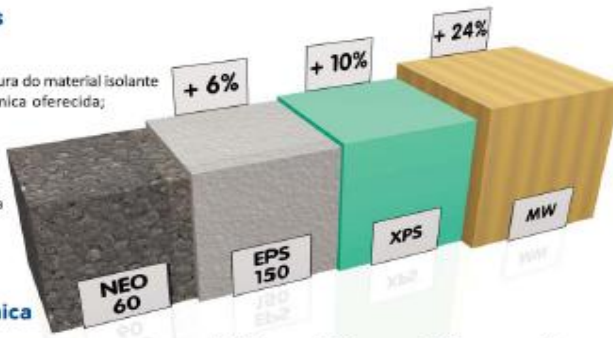
Mais com menos
 $R=e/\lambda$

i) Quanto maior a espessura do material isolante maior a resistência térmica oferecida;

ii) Quanto menor a condutibilidade térmica do material isolante maior a resistência térmica oferecida;

MELHOR resistência térmica = MAIOR eficiência energética = MAIOR sustentabilidade

Para conseguir a mesma resistência térmica de uma placa **Neoplas 60** com 0,05 m de espessura são necessárias maiores espessuras nos diversos materiais:



Material	Espessura (m)	Condutibilidade térmica (W/m·K)	Variação (%)
EPS 150	0,053 m	0,034 W/m·K	+6%
EPS 200	0,052 m	0,033 W/m·K	+4%
XPS*	0,055 m	0,035 W/m·K	+10%
MW**100	0,062 m	0,040 W/m·K	+24%

O **Neoplas 60** comparativamente a outros materiais isolantes presentes no mercado nacional consegue a mesma resistência térmica com menor espessura.

PROPRIEDADES FÍSICAS DO NEOPLAS

		NEOPLAS 60	NEOPLAS 100
EN 12547	Condutibilidade térmica, λ	0,032	0,031
EN 12548	Resistência à compressão - def.2%	15	25
EN 12548	Resistência à compressão - def.10%	60	100
EN 12549	Resistência à flexão	100	150
EN 12547	Absorção de água por imersão	< 3	< 2
EN 12548	Factor resistência à difusão vapor de água	20-40	30-70
	Coefficiente dilatação térmica linear	$5-7 \times 10^{-5}$	
	Estabilidade de forma à temperatura	85	
	Reacção ao fogo	E	

O Neoplas é fabricado em embalagem opaca que garante protecção das radiações ultravioleta. As placas devem ser protegidas da incidência directa da luz solar preferencialmente no interior ou em locais onde não haja incidência directa da luz solar.
Na aplicação do Neoplas deve ser evitado o contacto com materiais que possam causar danos por abrasão ou por impacto.
* Valores de massa por metro quadrado.
** Valores de massa por metro quadrado.

Figura 117 (vol. anexos): Propriedades físicas do Neoplas 60 e Neoplas 100;

Fonte: [adaptado de Plastimar (2011b)]

▪ Empresa Knauf Insulation:

Produtos referenciados	Painel Sem Revestimento (TP 116) (30 – 200 mm)	Ultracoustic P (30 – 220 mm)	Ultracoustic P (20 – 25 mm)	Painel Plus (TP138) (30 – 160 mm)
Condutibilidade Térmica (λ) [W/m.°C]	0.037	0.037	0.032	0.032

Produto	Espessura	Kg/m ³	Lambda	Rdecl.
Ultracoustic P	20	55	0,032	0,60
	45	17	0,037	1,20
	45	17	0,037	1,20
	60	17	0,037	1,60
	60	17	0,037	1,60
	70	17	0,037	1,85
	70	17	0,037	1,85
	100	17	0,037	2,70
	100	17	0,037	2,70
TP 116	50	15	0,037	1,35
	60	15	0,037	1,60
	75	15	0,037	2,00
	100	15	0,037	2,70
TP 138	50	32	0,032	1,55
	60	32	0,032	1,85
	100	32	0,032	3,10

Figura 118 (vol. anexos): Dados das densidades dos produtos de Lã Mineral - Lã de Vidro;

Fonte: *Dados fornecidos pela empresa* Knauf Insulation



Figura 119 (vol. anexos): Marcação CE do Pannel Sem Revestimento (TP 116);

Fonte: Knauf Insulation (2009)

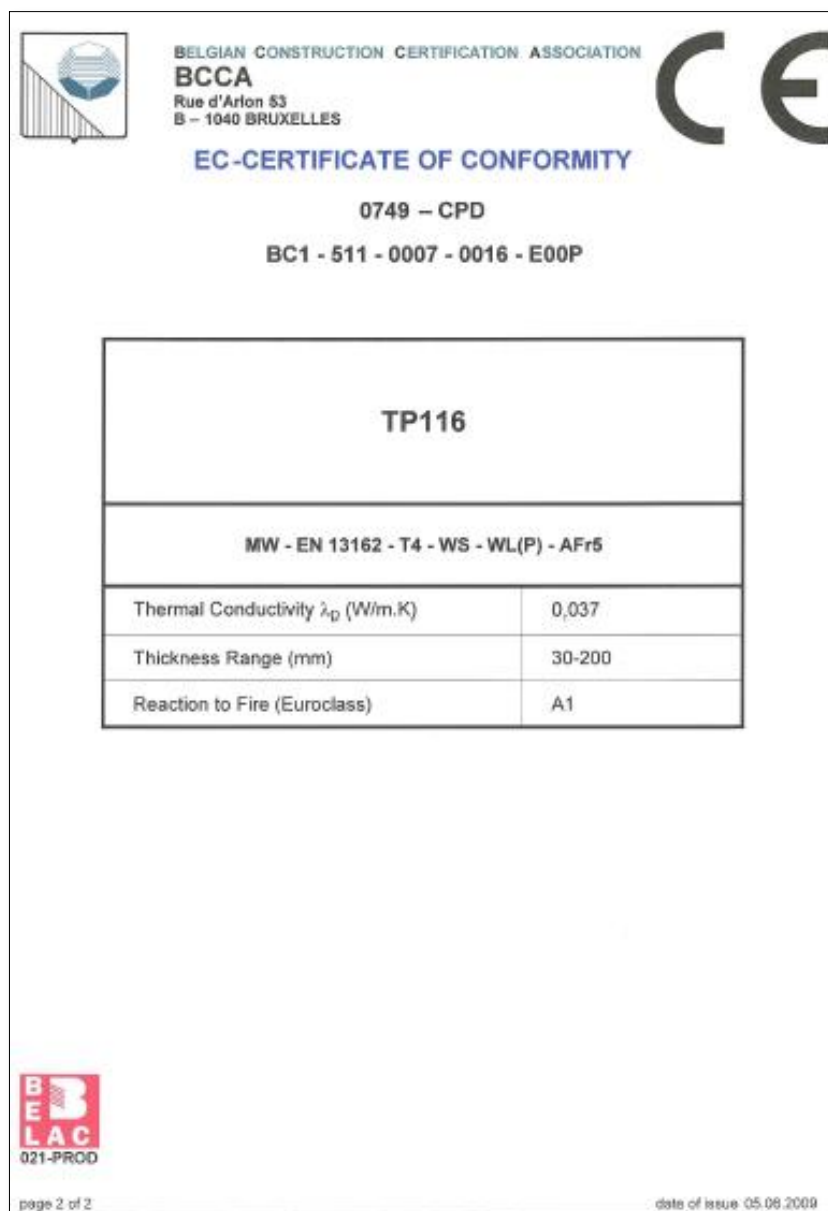


Figura 120 (vol. anexos): Marcação CE do Painel Sem Revestimento (TP 116);

Fonte: Knauf Insulation (2009)

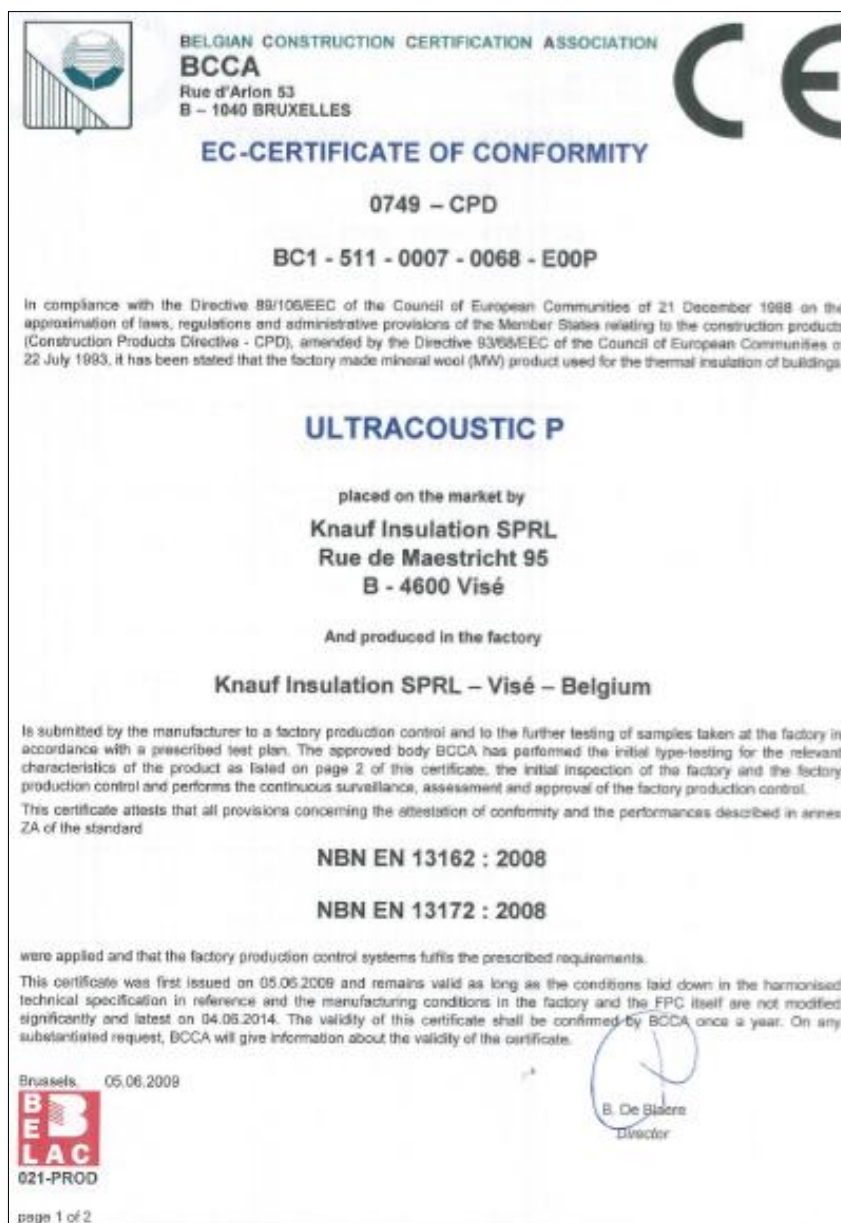


Figura 121 (vol. anexos): Marcação CE do Ultracoustic P;
Fonte: Knauf Insulation (2009a)

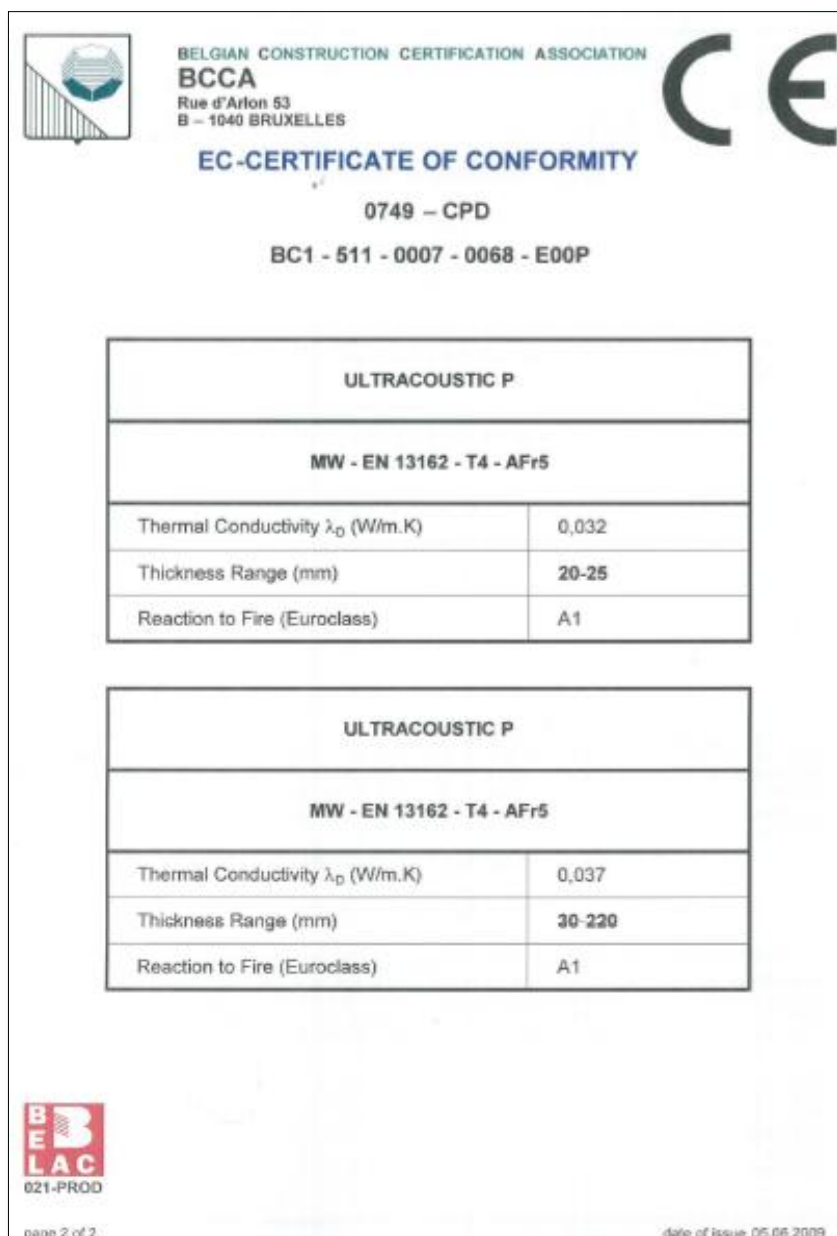


Figura 122 (vol. anexos): Marcação CE do Ultracoustic P;

Fonte: Knauf Insulation (2009a)



Figura 123 (vol. anexos): Marcação CE do Painel Plus TP138;

Fonte: Knauf Insulation (2009b)

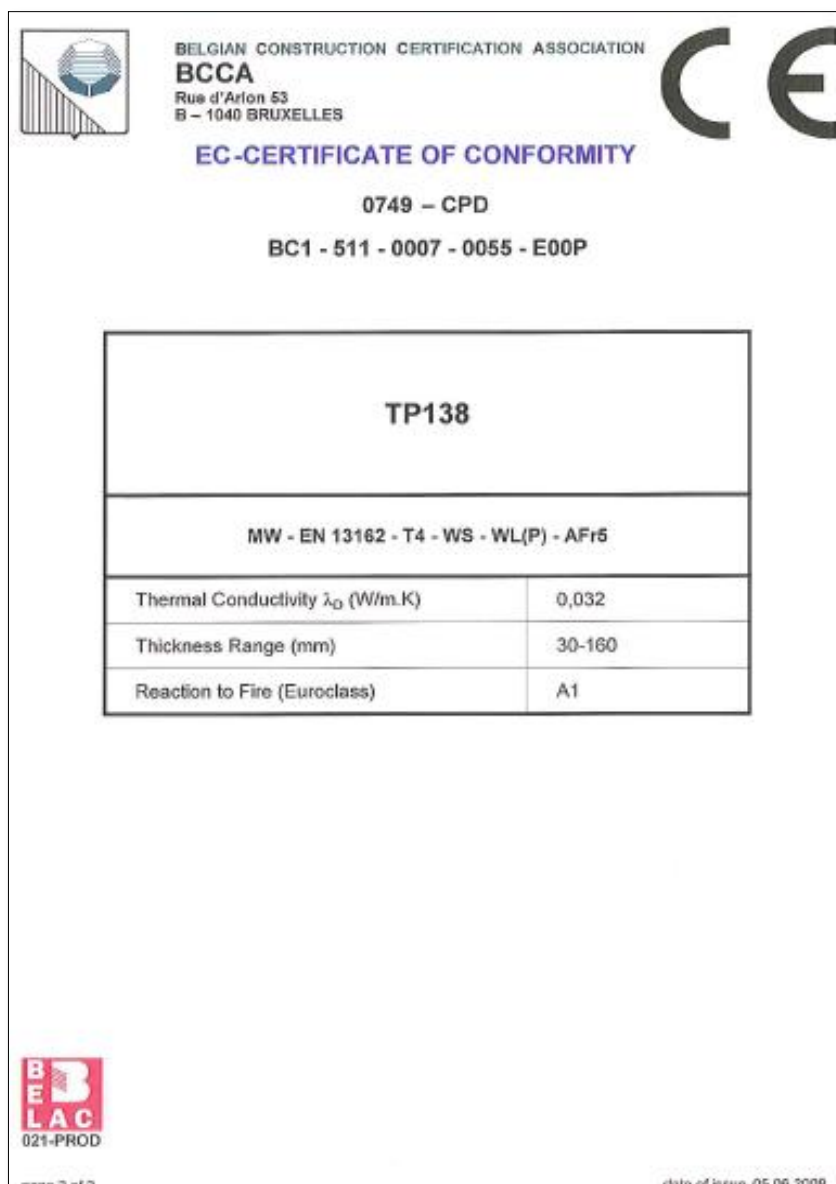


Figura 124 (vol. anexos): Marcação CE do Painel Plus TP138;

Fonte: Knauf Insulation (2009b)

ANEXO 5 – Características de desempenho de vários materiais de isolamento térmico

Tabela 16 (vol. anexos): As características de desempenho de materiais de isolamento comuns na construção

Fonte: [adaptado de Al-Homoud (2005, p. 362 e 363)]

Forma	Material	Densidade ^a (Kg/m ³)	Condutibilidade Térmica (W/m.°C)	Resistência ao Fogo	Efeito como barreira vapor (% absorção de água)	Efeito como barreira à infiltração	Resistência à luz solar direta	Temperaturas máximas de serviço (C°)	Durabilidade	Absorção sonora (%)	Custo por valor do R	Potenciais riscos para a saúde	Típicas aplicações
Mantas Pedacos de tecidos utilizados para enchimento ou em rolos	Fibra de vidro (areia e vidro reciclado)	12 – 56	0,04 – 0,033	Bom	Pobre (with facing)	Pobre (with facing)	Excelente	- 4 – 260°	Compressão reduz valor de R	Alta	Baixo	Produção de pó que é irritante durante a instalação	Quadro de parede ou teto, divisórias, casas pré-fabricadas, dutos e tubos.
	Lã de rocha	40 – 200	0,037	Excelente	Pobre	Pobre (with facing)	Excelente	- 240 – 800°	Compressão reduz valor de R	Muito alta	Baixo	Produção de pó que é irritante durante a instalação	Quadro de parede ou teto, divisórias, casas pré-fabricadas, dutos e tubos.
	Polietileno	35 – 40	0,041	Pobre	Boa	Boa	Boa	- 40 – 90°	Valor R diminui w / hora		Baixo	Fumos tóxicos	Tetos, cabides, tapete subjacente, articulações.
Insuflação, projeção e injeção	Fibra de vidro (Estrutura de célula aberta)	10 – 48	0,038 – 0,030	Muito Bom	Pobre (1% do peso)	Pobre	Excelente	- 4 – 260°	Compressão e humidade degradam o valor R	Alta	Baixo	Produção de pó que é irritante durante a instalação	Cavidades, acrescentada cola proporciona mais resistência ao ar e infiltrações.
	Lã de Rocha (Estrutura de célula aberta)		0,040	Excelente	Pobre (1% do peso)	Pobre	Excelente	- 240 – 800°	Compressão e humidade degradam o valor R	Muito Alta	Baixo	Produção de pó que é irritante durante a instalação	Cavidades.
	Celulose (resíduos de papel)	24 – 36	0,054 – 0,046	Muito Bom (adicionado resistentes ao fogo produtos químicos)	Pobre (5% a 20% do peso)	Pobre	Bom	80°	Compressão e humidade degradam o valor R	Baixa	Baixo	Produção de pó que é irritante durante a instalação	Injetado em pequenas cavidades.
	Perlite	32 – 176	0,06 – 0,04	Excelente	Justo	Bom	Bom	760°	Boa	Baixa	Alto	Inorgânico	Enchimento ou misturado com cimento Portland para paredes, tetos e pisos, reboco.
	Vermiculite	64 – 130	0,068 – 0,063	Excelente	Pobre (seca lentamente)	Bom	Bom	1315°	Boa	Baixa	Alto	Inorgânico	Vertido em tetos, paredes da cavidade.

Tabela 16 (vol. anexos): As características de desempenho de materiais de isolamento comuns na construção (cont.)

Fonte: [adaptado de Al-Homoud (2005, p. 362 e 363)]

Forma	Material	Densidade ^a (Kg/m ³)	Condutibilidade Térmica (W/m.°C)	Resistência ao Fogo	Efeito como barreira vapor (% absorção de água)	Efeito como barreira à infiltração	Resistência à luz solar direta	Temperaturas máximas de serviço (C°)	Durabilidade	Absorção sonora (%)	Custo por valor do R	Potenciais riscos para a saúde	Típicas aplicações
Placa Rígida	Fibra de vidro (Estrutura de célula aberta)	24 – 112	0,035 – 0,032	Bom	Bom (0,2%)	Bom	Excelente	- 4 – 350°	Mais rígida do que as mantas	Médio	Médio	Inorgânico (orgânicos ligações)	Paredes duplas, telhados e estruturas pré- fabricadas.
	Poliestireno Expandido (Espuma de célula fechada)	16 – 35	0,038 – 0,037	Pobre	Bom (1,0 – 2,5%)	Bom	Pobre	100°	Valor R diminui w / hora	Baixa	Mais baixos dos tipos de painéis rígidos	Orgânica (usa gás pentano como agente de expansão, tóxico)	Paredes, tetos e pisos.
	Poliestireno Extrudido (Espuma de célula fechada)	26 – 45	0,032 – 0,030	Pobre	Excelente (0,2 – 1,0%)	Muito Bom	Pobre	100°	Valor R diminui w / hora	Baixa	Alto	Orgânica (Utilização de gases como HCFC ou CFC como agente de expansão, fumos tóxicos)	Paredes, tetos, pisos, perímetro, caves e fundações.
Poliuretano	Polisocianurato (Espuma de célula fechada)	40 – 55	0,023	Pobre	Bom (0,5 – 1,5%)	Excelente	Pobre	95°	Valor R diminui w / hora	Alta	Alta	Orgânica (Utilização de gases CO ₂ ou CFC como agente de expansão, fumos tóxicos)	Paredes e telhados.
	Perlite (natural vulcânica vidro rock)	32 – 176	0,06 – 0,04	Excelente	Justo	Excelente	Bom	760°	Alta	Baixa	Alta	Inorgânica	Blocos de isolamento industrial e comercial.
	Vermiculite (Mineral Natural)	64 – 130	0,068 – 0,063	Excelente	Bom	Excelente	Bom	1315°	Muito Alta	Baixa	Alta	Inorgânica	Não em casas (peso elevado).

Tabela 16 (vol. anexos): As características de desempenho de materiais de isolamento comuns na construção (cont.)

Fonte: [adaptado de Al-Homoud (2005, p. 362 e 363)]

Forma	Material	Densidade ^a (Kg/m ³)	Condutibilidade Térmica (W/m.°C)	Resistência ao Fogo	Efeito como barreira vapor (% absorção de água)	Efeito como barreira à infiltração	Resistência à luz solar direta	Temperaturas máximas de serviço (C°)	Durabilidade	Absorção sonora (%)	Custo por valor do R	Potenciais riscos para a saúde	Típicas aplicações
Pulverizado no Local	Celulose (papel reciclado)	24 – 36	0,054 – 0,046	Muito Bom	Pobre	Muito Bom (adesivos agregado)	Bom	80°	Químico retardador de fogo pode corroer metais	Baixa	Alta	Orgânica. Requer proteção contra a inalação de partículas finas	Adaptação de sótãos precisa de tempo para secar para evitar problemas de humidade.
Espuma aplicada no Local	Polisocianurato (Espuma de célula fechada)	40 – 55	0,023	Pobre	Bom	Excelente	Pobre	95°		Baixa	Alta	Orgânica (fumos tóxicos)	Telhados, cavidades, superfícies irregulares e ásperas (necessário mão de obra especializada). Difícil de controlar a qualidade e espessura no local. Precisa de tempo para secar para evitar problemas de humidade.
Sistemas Refletores	Folhas finas de alumínio (Película reflectora, separada por espaços de ar) ^b		Apenas reduz calor radiante ^c	Boa	Excelente	Excelente	Excelente	Alta	^d				Tetos, paredes e pisos. Mais eficazes na redução do fluxo de calor para baixo (ou seja, ganho de calor do verão em refrigeração). Fabricado numa variedade de embalagens incluem papel kraft, filme plástico, cartão, ou bolhas de polietileno.
	Revestimentos Cerâmicos (tinta acrílica cheia microesferas de cerâmica - pincel, rolo ou spray)	1,25	Controle da Radiação	Muito Bom	Excelente (impermeabiliza ção perfeita)	Excelente	Excelente	Alta	Alta (à prova de ferrugem)			Requer roupas e óculos protetores quando aplicada	Telhados de metal, construção para telhados, muros, sistemas de armazenamento.

Nota:

- ^a – A condutividade térmica varia com a densidade do material e espessura bem como as condições de temperatura e humidade.
- ^b – Se uma única superfície reflectora é usada em contacto com um espaço aberto, denomina-se como barreira radiante.
- ^c – A eficácia da resistência ao fluxo de calor depende do espaçamento, orientação do espaço aéreo e a direcção do fluxo de calor. Deve ter baixa emitância (≤ 0.1) e alta refletância (≥ 0.9).
- ^d – Folha deve enfrentar o espaço aéreo com a face virada para baixo para evitar acumulação de poeira.

Tabela 17 (vol. anexos): Características de desempenho do aglomerado de cortiça expandida – (empresa Amorim) e poliestireno expandido extrudido – (empresa Dow)

Fonte: [adaptado de BCORK (2011), BCORK (2011a) e Dow (2006)]

Nome do fabricante e forma	Material	Densidade (Kg/m ³)	Condutibilidade Térmica (W/m.°C)	Resistência ao Fogo	Absorção água	Temperaturas máximas de serviço (C°)	Típicas aplicações
Amorim Isolamentos, S.A. (ICB – Insulation Cork Board)	Aglomerado de Cortiça Expandida (ICB)	≤ 130	0,040	Euroclasse E	≤ 0,5 Kg/m ² Classe: WS		– Açoteias e terraços: isolamentos térmicos de vibrações, de condensação de humidade, impermeabilização; – Isolamento térmico de coberturas planas; – Solos: isolamento vibrátil e térmico; – Isolamento térmico de telhados e sótãos; – Pontes: isolamento térmico, juntas de descontinuidade /dilatação. – Paredes e tetos - correção acústica, isolamento térmico, conforto ambiental, decoração.
	Especial MDFachada (Expandido)	140 – 160	0,040 – 0,042	Euroclasse E	0,30 Wp (kg/m)	- 180 / + 120°C	– Recomendado para aplicações de Exterior.
Dow Placa Rígida	ROOFMATE SL-A Poliestireno Extrudido (Espuma de célula fechada)	Densidade mínima 35	0,035	Euroclasse E	Absorção de água por imersão: < 0,7 Absorção de água por difusão: < 3,0	- 50 /+ 75°	– Cobertura plana invertida.
	ROOFMATE LG-X Poliestireno Extrudido (Espuma de célula fechada)	Densidade mínima 32	0,029	Euroclasse E	Absorção de água por imersão: < 0,7 Absorção de água por difusão: < 3,0	- 50 /+ 75°	– Cobertura plana invertida aligeirada
	ROOFMATE PT-A Poliestireno Extrudido (Espuma de célula fechada)	Densidade mínima 35	0,035	Euroclasse E	Absorção de água por imersão: < 0,7 Absorção de água por difusão: < 3,0	- 50 /+ 75°	– Cobertura inclinada com estrutura contínua.
	WALLMATECW-A Poliestireno Extrudido (Espuma de célula fechada)	Densidade mínima 30	0,035	Euroclasse E	Absorção de água por imersão: < 0,7 Fator resistência à difusão vapor de água: 80 – 180 μ	- 50 /+ 75°	– Paredes duplas.
	STYROFOAM IB-A Poliestireno Extrudido (Espuma de célula fechada)	Densidade mínima 30	0,035	Euroclasse E	Absorção de água por imersão: < 1,5 Fator resistência à difusão vapor de água: 80 μ	- 50 /+ 75°	– Paredes simples e pontes térmicas.

Tabela 18 (vol. anexos): Características de desempenho da argila expandida – (empresa Fibrosom)

Fonte: [adaptado de Fibrosom]

Nome do fabricante	Material	Densidade (Kg/m ³)	Condutibilidade Térmica (W/m.°C)	Resistência ao Fogo	Absorção água	Temperaturas máximas de serviço (C°)	Típicas aplicações
Fibrosom	Argila Expandida Classe Nominal Granulométrica: 2 – 4 Classe Granulométrica: 1,6 – 5,5(mm)	360	0,13	Incombustível Classe A1	Absorção de água por imersão (% em volume às 24 horas): 9		<ul style="list-style-type: none"> – Como agregado de betão leve; – Camada de enchimento; – Isolamento térmico e acústico; – Projeto de jardinagem e arquitetura paisagista; – Vias de comunicação; – Aterros; – Camadas drenantes; – Fabrico de materiais de construção civil (abobadilhas, blocos).
	Argila Expandida Classe Nominal Granulométrica: 3 – 8F* Classe Granulométrica: 5,5 – 9,5 (mm) *Própria para betonagem com bomba	380	0,11	Incombustível Classe A1	Absorção de água por imersão (% em volume às 24 horas): 5,5		<ul style="list-style-type: none"> – Como agregado de betão leve; – Camada de enchimento; – Isolamento térmico e acústico; – Projeto de jardinagem e arquitetura paisagista; – Vias de comunicação; – Aterros; – Camadas drenantes; – Fabrico de materiais de construção civil (abobadilhas, blocos).
	Argila Expandida Classe Nominal Granulométrica: 3 – 8 Classe Granulométrica: 9,5 – 12,5(mm)	370	0,11	Incombustível Classe A1	Absorção de água por imersão (% em volume às 24 horas): 5,5		<ul style="list-style-type: none"> – Como agregado de betão leve; – Camada de enchimento; – Isolamento térmico e acústico; – Projeto de jardinagem e arquitetura paisagista; – Vias de comunicação; – Aterros; – Camadas drenantes; – Fabrico de materiais de construção civil (abobadilhas, blocos).
	Argila Expandida Classe Nominal Granulométrica: 8 – 16 Classe Granulométrica: 12,5 – 22 (mm)	340	0,10	Incombustível Classe A1	Absorção de água por imersão (% em volume às 24 horas): 6		<ul style="list-style-type: none"> – Como agregado de betão leve; – Camada de enchimento; – Isolamento térmico e acústico; – Projeto de jardinagem e arquitetura paisagista; – Vias de comunicação; – Aterros; – Camadas drenantes; – Fabrico de materiais de construção civil (abobadilhas, blocos).

Tabela 19 (vol. anexos): Características de desempenho de películas reflectantes e lã de rocha – (empresa Fibrosom)

Fonte: [adaptado de Fibrosom]

Nome do fabricante e forma	Material	Densidade (Kg/m ³)	Condutibilidade Térmica (W/m.°C)	Resistência ao Fogo	Absorção água	Temperaturas máximas de serviço (C°)	Típicas aplicações
Fibrosom Em ambos os produtos: - Coeficiente de Reflexão = 95% - Emissividade = 0.05%	Tela Refletora (Laje/Pisos) Espessura: 5 mm Comprimento: 48 m Largura: 1.25 m		0,028	(face de alumínio) MI		- 25 /+ 85°	– Isolamento de caixas de ar; – Isolamento de pisos; – Isolamento de coberturas; – Revestimento de condutas de ar forçado; – Isolamento de construções metálicas (paredes laterais e cobertura).
	Tela Refletora Caixa de ar (mm) Espessura: 10 mm Comprimento: 48 m Largura: 1.25 m		0,027	(face de alumínio) MI		- 25 /+ 85°	– Isolamento de caixas de ar; – Isolamento de pisos; – Isolamento de coberturas; – Revestimento de condutas de ar forçado; – Isolamento de construções metálicas (paredes laterais e cobertura).
Fibrosom Manta de Lã de Rocha	MK 230: Revestido com papel Kraft	25 – 30	0,038	Indeterminado Euroclasse F	Ws ≤ 1,00 Kg/m ² Fator difusão ao vapor de água (μ: 1,3)		Aplicações diversas especialmente em posição horizontal – Isolamento térmico/acústico aplicado na horizontal em lajes de esteira, tetos falsos coberturas inclinadas, duplas de naves industriais.
	MN 230: Sem revestimento	25 – 30	0,038	Incombustível Euroclasse A1	Ws ≤ 1,00 Kg/m ² Fator de difusão ao vapor de água (μ: 1,3)		Exclusivamente em posição horizontal – Isolamento térmico/acústico aplicado na horizontal em lajes de esteira, tetos falsos coberturas inclinadas, duplas de naves industriais.
	MA 230: Revestido com alumínio	25 – 30	0,038	Incombustível Euroclasse A1	Ws ≤ 1,00 Kg/m ² Fator de difusão ao vapor de água (μ: 1,3)		– Aplicações diversas.
Fibrosom Lã de Rocha (Painéis semirrígidos)	PN 30: Sem revestimento	30 Kg/m ³	0,038	Incombustível Euroclasse A1	Ws ≤ 1,00 Kg/m ² Fator de difusão ao vapor de água (μ: 1,3)		– Isolamento térmico/acústico p/soluções de elevada exigência (habitação).
	PN 40: Sem revestimento	40 Kg/m ³	0,036	Incombustível Euroclasse A1	Ws ≤ 1,00 Kg/m ² Fator de difusão ao vapor de água (μ: 1,3)		– Isolamento térmico/acústico p/soluções de elevada exigência (habitação).
	PN 55: Sem revestimento	55 Kg/m ³	0,035	Incombustível Euroclasse A1	Ws ≤ 1,00 Kg/m ² Fator de difusão ao vapor de água (μ: 1,3)		– Isolamento térmico/acústico p/soluções de elevada exigência (habitação).
	PN 70: Sem revestimento	70 Kg/m ³	0,034	Incombustível Euroclasse A1	Ws ≤ 1,00 Kg/m ² Fator de difusão ao vapor de água (μ: 1,3)		– Isolamento térmico/acústico p/soluções de elevada exigência (habitação).

Tabela 20 (vol. anexos): Características de desempenho do poliestireno expandido extrudido – (empresa Ediltec) e poliestireno expandido moldado – (empresa Plastimar)

Fonte: [adaptado de Ediltec (2010), Ediltec (2010a) e Plastimar (2011b)]

Nome do fabricante	Material	Densidade (Kg/m ³)	Condutibilidade Térmica (W/m.°C)	Resistência ao Fogo	Absorção água	Temperaturas máximas de serviço (C°)	Típicas aplicações
Ediltec Poliestireno Expandido Extrudido (XPS)	X-FOAM® HBD Para espessuras de: 30 a 40 mm	33	0,033	Euroclasse E	Absorção de água por imersão (% Vol.): ≤ 0,2 Fator resistência à difusão vapor de água: 100 μ	+ 75	– Cobertura em telha assente em ripado de madeira; – Pisos residenciais com isolamento sob o pavimento; – Pavimentos radiantes.
	X-FOAM® HBD Para espessuras de: 50 a 60 mm	33	0,034	Euroclasse E	Absorção de água por imersão (% Vol.): ≤ 0,2 Fator resistência à difusão vapor de água: 100 μ	+ 75	– Cobertura em telha assente em ripado de madeira; – Pisos residenciais com isolamento sob o pavimento; – Pavimentos radiantes.
	X-FOAM® HBD Para espessuras de: 70 a 140mm	33	0,036	Euroclasse E	Absorção de água por imersão (% Vol.): ≤ 0,2 Fator resistência à difusão vapor de água: 100 μ	+ 75	– Cobertura em telha assente em ripado de madeira; – Pisos residenciais com isolamento sob o pavimento; – Pavimentos radiantes.
Ediltec X-FOAM® HBD PLUS, X-FOAM® HBT PLUS e X-FOAM® LMF PLUS	Para espessuras de: 20 a 80 mm	35	0,031	Euroclasse E	Absorção de água por imersão (% Vol.): ≤ 0,7	+ 75	– Cobertura invertida não transitável; – Cobertura invertida transitável, com proteção pesada; – Cobertura invertida ajardinada; – Muros enterrados.
	Para espessuras de: 88 a 133 mm	35	0,032	Euroclasse E	Absorção de água por imersão (% Vol.): ≤ 0,7	+ 75	– Cobertura invertida não transitável; – Cobertura invertida transitável, com proteção pesada; – Cobertura invertida ajardinada; – Muros enterrados.
PLASTIMAR Poliestireno Expandido Moldado (EPS) O NEOPLAS é um EPS (poliestireno expandido) com adição de partículas de grafite que reduzem o efeito da transmissão de calor por radiação	NEOPLAS 60	15	0,032	Euroclasse E	Absorção de água por imersão (% Vol.): < 3 Fator resistência à difusão vapor de água: 20 – 40 μ	Estabilidade de forma à temperatura = 85 (Coeficiente de dilatação térmica linear = 5-7x10 ⁻⁵)	
	NEOPLAS 100	20	0,031	Euroclasse E	Absorção de água por imersão (% Vol.): < 2 Fator resistência à difusão vapor de água: 30 – 70 μ	Estabilidade de forma à temperatura = 85 (Coeficiente de dilatação térmica linear = 5-7x10 ⁻⁵)	

Tabela 21 (vol. anexos): Características de desempenho do poliestireno expandido moldado – (empresa Plastimar)

Fonte: [adaptado de Plastimar (2011) e Plastimar (2011b)]

Nome do fabricante	Material	Densidade (Kg/m ³)	Condutibilidade Térmica (W/m.°C)	Resistência ao Fogo	Absorção água	Temperaturas máximas de serviço (C°)	Típicas aplicações
PLASTIMAR	Poliestireno Expandido Moldado (EPS): EPS 30	12 Kg/m ³	0,042	Euroclasse E	Absorção de água por imersão (% Vol.): < 5 Fator resistência à difusão vapor de água: 20 – 40 μ	Estabilidade de forma à temperatura = 85 (Coeficiente de dilatação térmica linear = 5-7x10 ⁻⁵)	– Aligeiramento estrutural, aplicações sem grandes requisitos térmicos e isolamento acústico.
	Poliestireno Expandido Moldado (EPS): EPS 60	15 Kg/m ³	0,038	Euroclasse E	Absorção de água por imersão (% Vol.): < 3 Fator resistência à difusão vapor de água: 20 – 40 μ	Estabilidade de forma à temperatura = 85 (Coeficiente de dilatação térmica linear = 5-7x10 ⁻⁵)	– Aligeiramento estrutural, isolamento térmico da envolvente dos edifícios e isolamento acústico.
	Poliestireno Expandido Moldado (EPS): ESPS 100	20 Kg/m ³	0,036	Euroclasse E	Absorção de água por imersão (% Vol.): < 2 Fator resistência à difusão vapor de água: 30 – 70 μ	Estabilidade de forma à temperatura = 85 (Coeficiente de dilatação térmica linear = 5-7x10 ⁻⁵)	– Aligeiramento estrutural, isolamento térmico da envolvente dos edifícios e isolamento acústico.
	Poliestireno Expandido Moldado (EPS): EPS 150	25 Kg/m ³	0,034	Euroclasse E	Absorção de água por imersão (% Vol.): < 2 Fator resistência à difusão vapor de água: 30 – 70 μ	Estabilidade de forma à temperatura = 85 (Coeficiente de dilatação térmica linear = 5-7x10 ⁻⁵)	– Aligeiramento estrutural, isolamento térmico da envolvente dos edifícios e isolamento acústico.
	Poliestireno Expandido Moldado (EPS): EPS X	30 Kg/m ³	0,034	Euroclasse E	Absorção de água por imersão – 7 dias (% Vol.): < 0,1 Absorção de água por imersão – 28 dias (% Vol.): < 0,3 Fator resistência à difusão vapor de água: 30 – 70 μ	Estabilidade de forma à temperatura = 85 (Coeficiente de dilatação térmica linear = 5-7x10 ⁻⁵)	- Paredes e pavimentos em contato com o solo; - Isolamento perimetral de elementos de fundação; - Coberturas planas sistema tradicional; - Coberturas planas invertidas; - Fachadas ventiladas; - Sistemas ETICS.

Tabela 22 (vol. anexos): Características de desempenho da lã de vidro – (empresa Knauf Insulation)

Fonte: [adaptado de Knauf Insulation (2009), Knauf Insulation (2009a) Knauf Insulation (2009b)]

Nome do fabricante	Material	Densidade (Kg/m ³)	Condutibilidade Térmica (W/m.°C)	Resistência ao Fogo	Absorção água	Típicas aplicações
Knauf Insulation	Lã de Vidro: Painel Sem Revestimento (TP 116) (30 – 200 mm)	15	0,037	Euroclasse A ₁	Absorção de água a curto prazo: ≤ 1 Kg/m ² Absorção de água a longo prazo: ≤ 3 Kg/m ² Fator resistência à difusão vapor de água: 1 μ	- Isolamento térmico/acústico
	Lã de Vidro: Ultracoustic P (20 – 25 mm)	55	0,032	Euroclasse A ₁	Fator resistência à difusão vapor de água: 1 μ	- Isolamento térmico/acústico
	Lã de Vidro: Ultracoustic P (30 – 220 mm)	17	0,037	Euroclasse A ₁	Fator resistência à difusão vapor de água: 1 μ	- Isolamento térmico/acústico
	Lã de Vidro: Painel Plus (TP138) (30 – 160 mm)	32	0,032	Euroclasse A ₁	Absorção de água a curto prazo: ≤ 1 Kg/m ² Absorção de água a longo prazo: ≤ 3 Kg/m ² Fator resistência à difusão vapor de água: 1 μ	- Isolamento térmico/acústico