

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÓMICA DE SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO APLICADAS EM EDIFÍCIOS ANTIGOS

DUARTE NUNO ANTUNES LEONES FERNANDES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Professora Maria Helena Póvoas Corvacho

MARÇO DE 2012

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2011/2012 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço o apoio e disponibilidade prestados pela minha orientadora Prof. Maria Helena Póvoas Corvacho, bem como toda a informação técnica facultada pelos Engenheiros Cívicos Rogério Lopes Pereira, Miguel Pereira e João Jácome Fornelos. Agradeço ainda a disponibilidade do arquitecto Renato Martins, pela facilidade concedida no acesso a toda a documentação, relacionada como os projectos em análise.

Importa igualmente destacar o apoio prestado pelo Município de Ponte de Lima, em especial ao seu Presidente Victor Mendes, que me proporcionou a oportunidade de realização de um estágio, e me possibilitou uma melhor aprendizagem dos conceitos de reabilitação.

Por fim agradeço aos meus pais e irmãos que me ajudaram em tudo o que estava ao seu alcance.

RESUMO

A dissertação intitula-se “Avaliação técnico-económica de soluções de reabilitação aplicadas em edifícios antigos” e, como tal, baseia-se numa análise exaustiva de soluções de reabilitação, propostas para três edifícios antigos do concelho de Ponte de Lima. Como é de conhecimento geral, a reabilitação propriamente dita tem como objectivo melhorar as condições de conforto e o nível de qualidade dos próprios edifícios, repondo o desempenho perdido e eventualmente melhorando-o. Nesta dissertação avaliar-se-á portanto o cumprimento do conceito de reabilitação, ou seja, irá verificar-se se as soluções propostas para a reabilitação dos edifícios são económica e tecnicamente vantajosas.

Essa análise é realizada ao nível técnico, avaliando não só as características dos distintos materiais isolantes, de revestimento interior e exterior, de elementos de alvenaria e ainda de impermeabilização propostos. Ao nível económico examinar-se-ão os custos de investimento das soluções, a poupança anual e o seu período de retorno.

De maneira a garantir uma melhor avaliação, será também apresentado um estudo energético. Esse estudo irá basear-se em cálculos de verificação do RCCTE de cada um dos edifícios, nos quais serão avaliadas duas situações distintas: edifício sem soluções de reabilitação e edifício provido de soluções de reabilitação. Devido à ausência de alguns dados relativos às situações originais dos edifícios, é impossível garantir a total veracidade dos resultados obtidos para a situação dita “desfavorável”. No entanto, o objectivo deste estudo é evidenciar as diferenças e consequentes melhorias na poupança energética.

Como complemento, esta dissertação tem ainda como objectivo tentar encontrar e sugerir outro tipo de solução ou material alternativo ao proposto. Essa sugestão será seguida de uma indispensável fundamentação na qual se evidenciarão as vantagens da alternativa comparativamente à solução inicialmente proposta.

Será também importante ressaltar as restrições impostas a edifícios antigos, principalmente edifícios localizados em zonas históricas aquando da realização de qualquer tipo de obra de reabilitação.

A título de conclusão apresentar-se-á uma opinião sobre cada solução proposta e sobre as alternativas propostas, deixando ainda em aberto temas para possíveis posteriores análises.

PALAVRAS-CHAVE: reabilitação, isolamento, conforto, qualidade, economia.

ABSTRACT

The dissertation is entitled “Technical and economical evaluation of rehabilitating solutions applied in ancient buildings and possible alternatives”, and thus, is based in an exhaustive analysis of rehabilitating solutions proposed for three old buildings in the municipality of Ponte de Lima. As is commonly known, the actual rehabilitation aims to improve the comfort and quality level of the building, replacing the lost performance and possibly improving it. Therefore, this dissertation will evaluate the compliance of the concept of rehabilitation, verifying if the proposed solutions for the rehabilitation of the buildings are economically and technically worthwhile.

The analysis is conducted at a technical level, analyzing not only the characteristics of the distinct isolating materials, of the interior and exterior covering, of the masonry elements and the sealing proposed, and analyzing in an economical level the solution’s investment cost, the annual savings and its payback period.

In order to ensure a better assessment, an energetic study will also be presented. This study will be based on calculations of RCCTE verification, of each of the buildings, in which will be evaluated two distinct situations, building without rehabilitation solutions and building provided with rehabilitation solutions. Due to lack of data on some original situations of the buildings, it is impossible to guarantee the full accuracy of the results for the situation said "bad", however, the objective of this study is to highlight the differences and consequent improvements in energy savings.

In addition, this work also aims to try to find and suggest another type of solution or alternative material to the one proposed. This suggestion will be followed by an essential foundation on which will be emphasized the advantages of an alternative solution compared to the initially proposed.

It will also be important to note the restrictions imposed on old buildings, especially buildings located in historic areas when carrying out any work of rehabilitation.

As a conclusion, an informed opinion will be presented on each proposed solution and on the proposed alternatives, leaving still open issues for possible further analysis.

KEYWORDS: rehabilitation, isolation, comfort, quality, economy.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v

1. INTRODUÇÃO

1

1.1. ENQUADRAMENTO	1
--------------------------	---

1.2. OBJECTIVOS E MOTIVAÇÕES	1
------------------------------------	---

1.3. ESTRUTURA	1
----------------------	---

2. DESCRIÇÃO DOS EDIFÍCIOS A ANALISAR

3

2.1. DESCRIÇÃO E EXPOSIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS E FUTURAS FUNCIONALIDADES DOS EDIFÍCIOS	3
--	---

2.1.1. NOTA INTRODUTÓRIA	3
--------------------------------	---

2.1.2. HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º9	3
---	---

2.1.2.1. Descrição do imóvel e da intervenção a realizar	3
--	---

2.1.2.2. Peças desenhadas e Pormenores construtivos	5
---	---

2.1.3. HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º24	9
--	---

2.1.3.1. Descrição do imóvel e da intervenção a realizar	9
--	---

2.1.3.2. Peças desenhadas e Pormenores construtivos	11
---	----

2.1.4. CASA TORREADA DOS BARBOSA ARANHA	15
---	----

2.1.4.1. Descrição do imóvel e da intervenção a realizar	15
--	----

2.1.4.2. Peças desenhadas e Pormenores construtivos	17
---	----

2.2. RESUMO DAS INTERVENÇÕES NOS EDIFÍCIOS	20
--	----

2.2.1. HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º9	20
---	----

2.2.2. HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º24	21
--	----

2.2.3. CASA TORREADA DOS BARBOSA ARANHA	22
---	----

3. AVALIAÇÃO TÉCNICA DAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO 23

3.1. AVALIAÇÃO TÉCNICA DAS SOLUÇÕES – ANÁLISE DE DURABILIDADE, TÉRMICA, IMPACTO AMBIENTAL, SEGURANÇA E FUNCIONALIDADE DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA REABILITAÇÃO DOS EDIFÍCIOS ANTIGOS EM ESTUDO..... 23

3.1.1. NOTA INTRODUTÓRIA..... 23

3.1.2. ISOLANTES UTILIZADOS E LOCAIS DE APLICAÇÃO 26

3.1.2.1. Descrição introdutória 26

3.1.2.2. XPS (espuma rígida de poliestireno extrudido)..... 27

3.1.2.3. Lã-de-rocha 28

3.1.2.4. PUR (espuma rígida de poliuretano)..... 29

3.1.2.5. Isolante reflector - revestimento de baixa emissividade 30

3.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO 31

3.1.3.1. Emulsão betuminosa 31

3.1.4. REVESTIMENTOS EXTERIORES UTILIZADOS E LOCAIS DA SUA APLICAÇÃO..... 32

3.1.4.1. Descrição introdutória..... 32

3.1.4.2. Reboco tradicional..... 32

3.1.4.3. Chapa de Zinco 33

3.1.4.4. Granito 33

3.1.4.5. Telha cerâmica 34

3.1.5. REVESTIMENTOS INTERIORES UTILIZADOS E LOCAIS DA SUA APLICAÇÃO 35

3.1.5.1. Descrição introdutória..... 35

3.1.5.2. Madeira de pinho de Riga Nova..... 36

3.1.5.3. Gesso Cartonado..... 38

3.1.5.4. Gesso Cartonado Hidrófugo..... 38

3.1.5.5. Pavimento Vinílico 39

3.1.5.6. Mosaico Cerâmico 39

3.1.5.7. Painéis de MDF (medium density fiberboard) 40

3.1.6. REVESTIMENTOS EXTERIORES UTILIZADOS E LOCAIS DA SUA APLICAÇÃO..... 41

3.1.6.1. Descrição introdutória..... 41

3.1.6.2. Tijolo Cerâmico..... 42

3.1.6.3. Bloco térmico / Tijolo cerâmico térmico..... 43

3.1.6.4. Granito 43

3.2. ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO ISOLE DOS DIFERENTES TIPOS DE ISOLANTES PROPOSTOS PARA PAREDES, COBERTURAS E PAVIMENTOS	44
3.3. ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO UPEC DOS DIFERENTES TIPOS DE REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS	47
3.3.1. CLASSIFICAÇÃO UPEC DE LOCAIS E DE REVESTIMENTOS DE PISO	47
3.3.2. CLASSE U – RESISTÊNCIA AO USO	48
3.3.3. CLASSE P – RESISTÊNCIA AO PUNÇOAMENTO	48
3.3.4. CLASSE E – ACÇÃO DA ÁGUA	48
3.3.5. CLASSE C – ACÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS E DOMÉSTICOS	49
3.3.6. ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO UPEC DOS DIFERENTES TIPOS DE PAVIMENTO.....	49
3.4. AVALIAÇÃO TÉCNICA DAS SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EXTERIORES.....	50
3.4.1. ANÁLISE CRÍTICA DAS SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO DAS PAREDES EXTERIORES	50
3.4.2. ANÁLISE CRÍTICA DAS SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO DAS COBERTURAS	51
3.4.3. ANÁLISE CRÍTICA DAS SOLUÇÕES DE VÃOS ENVIDRAÇADOS	52
 4. CÁLCULOS DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS – RCCTE.....	 53
4.1. CÁLCULO DE VERIFICAÇÃO DO RCCTE DOS RESPECTIVOS EDIFÍCIOS ANTIGOS A ANALISAR, COM E SEM MELHORIAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO.....	53
4.1.1. NOTA INTRODUTÓRIA	53
4.1.2. CÁLCULOS DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DO HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º9.....	54
4.1.3. CÁLCULOS DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DO HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º24.....	55
4.1.4. CÁLCULOS DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DA CASA TORREADA DOS BARBOSA ARANHA	56
4.2. RESUMO E CONCLUSÕES DA ANÁLISE DA VERIFICAÇÃO DO RCCTE	57
 5. AVALIAÇÃO ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO	 59
5.1. AVALIAÇÃO ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES – ESTIMATIVA DE REDUÇÃO ANUAL DA FACTURA ENERGÉTICA, DO CUSTO ESTIMADO DE INVESTIMENTO E DO PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO	59
5.1.1. NOTA INTRODUTÓRIA	59
5.1.2. DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES ANALISADAS PARA PAREDES EXTERIORES, COBERTURAS E VÃOS ENVIDRAÇADOS.....	60
5.1.3. SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DO HOTEL ALÉM PONTE – CASA N.º9.....	62

5.1.3.1. Descriminação de soluções a avaliar e análise económica das mesmas	62
5.1.4. SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DO HOTEL ALÉM PONTE – CASA N.º24	69
5.1.4.1. Descriminação de soluções a avaliar e análise económica das mesmas	69
5.1.5. SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DA CASA TORREADA DOS BARBOSA ARANHA	77
5.1.5.1. Descriminação de soluções a avaliar e análise económica das mesmas	77
5.2. RESUMO E CONCLUSÕES DA AVALIAÇÃO ECONÓMICA DOS EDIFÍCIOS	84

6. POSSÍVEIS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

6.1. NOTA INTRODUTÓRIA	87
6.2. ASPECTOS RESTRITIVOS DAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO	87
6.3. ASPECTOS GERAIS DAS RESTRIÇÕES DE CADA EDIFÍCIO	88
6.4. EXEMPLOS DE MATERIAIS ALTERNATIVOS	89
6.4.1. DESCRIÇÃO DE POSSÍVEIS ALTERNATIVAS AOS MATERIAIS PROPOSTOS	89
6.4.2. POLIUREIA	90
6.4.3. BETÃO CELULAR AUTOCLAVADO.....	91
6.4.4. ESPUMA DE POLIISOCIANURATO (PIR)	92
6.4.5. PVC (POLICLORETO DE VINILO)	93

7. CONCLUSÃO

7.1. NOTAS FINAIS	95
7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	96

BIBLIOGRAFIA	97
---------------------------	-----------

ANEXOS	99
---------------------	-----------

ANEXO I – VALORES UTILIZADOS NOS CÁLCULOS ENERGÉTICOS – HOTEL N.º9	99
ANEXO II - VALORES UTILIZADOS NOS CÁLCULOS ENERGÉTICOS – HOTEL N.º24	101
ANEXO III - VALORES UTILIZADOS NOS CÁLCULOS ENERGÉTICOS – C.B.A.	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Imóvel preexistente Hotel Largo Além Ponte – Casa n.º9	4
Fig. 2.2 - Alçado da fachada principal orientada a Norte – Casa n.º9	5
Fig. 2.3 - Alçado da fachada posterior orientada a Sul – Casa n.º9	5
Fig. 2.4 - Alçado da fachada lateral orientada a Este – Casa n.º9	6
Fig. 2.5 - Planta do Piso 0 – Casa n.º9	6
Fig. 2.6 - Planta do Piso 1 e 2 – Casa n.º9	7
Fig. 2.7 - Planta da cobertura – Casa n.º9	7
Fig. 2.8 - Corte do edifício – Casa n.º9	8
Fig. 2.9 - Pormenores construtivos do edifício – Casa n.º9	8
Fig. 2.10 - Imóvel preexistente Hotel Largo Além Ponte – Casa n.º24.....	9
Fig. 2.11 e 2.12 - Alçado da fachada posterior orientada a Norte e da fachada principal orientada a Sul (esquerda e direita respectivamente) – Casa n.º24.....	11
Fig. 2.13 - Alçado da fachada lateral orientada a Oeste – Casa n.º24.....	12
Fig. 2.14 - Planta do Piso R/C – Casa n.º24	12
Fig. 2.15 - Planta do Piso 1A/1B e 2A/2B – Casa n.º24	13
Fig. 2.16 - Planta do Piso 3A/ (2B em vista) – Casa n.º24	13
Fig. 2.17 - Planta da cobertura – Casa n.º24.....	13
Fig. 2.18 - Corte do edifício – Casa n.º24	14
Fig. 2.19 - Pormenores construtivos do edifício – Casa n.º24.....	14
Fig. 2.20 - Imóvel preexistente, Casa Torreada dos Barbosa Aranha.....	16
Fig. 2.21 - Alçados - C.B.A.....	17
Fig. 2.22 - Corte do edifício - C.B.A.	18
Fig. 2.23 e 2.24 - Plantas do Piso R/C (esquerda) e Piso 1 (direita) – C.B.A.	18
Fig. 2.25 e 2.26 - Plantas do Piso 2 (esquerda) e da cobertura (direita) – C.B.A.	19
Fig. 2.27 - Pormenores construtivos – C.B.A.....	19
Fig. 2.28 - Alçado da fachada Principal do Hotel Largo Além Ponte – Casa n.º9	20
Fig. 2.29 - Alçado da fachada principal do Hotel Largo Além Ponte – Casa n.º24	21
Fig. 2.30 - Alçado da fachada Principal da Casa Torreada dos Barbosa Aranha	22
Fig. 3.1 - Pormenor construtivo da ligação da parede exterior com a cobertura (desvão ocupado) – Casa n.º9	24
Fig. 3.2 - Pormenor construtivo da parede exterior dos pisos R/C e 1 – Casa n.º9.....	24

Fig. 3.3 - Pormenor construtivo da ligação da parede exterior com a cobertura (desvão não-ocupado) – Casa n.º24	25
Fig. 3.4 e 3.5 - Pormenor construtivo da parede exterior (esquerda) e da cobertura (desvão ocupado) – Casa n.º24	25
Fig. 3.6 - Pormenor construtivo da ligação da parede exterior com a cobertura (desvão ocupado) – C.B.A.....	26
Fig. 3.7 - Exemplo de placas do isolante XPS	27
Fig. 3.8 - Exemplo de placas do isolante lã-de-rocha	28
Fig. 3.9 - Exemplo de painel sandwich com revestimento a chapa metálica e PUR como material isolante.....	29
Fig. 3.10 e 3.11 - Exemplos do Isolante reflector	30
Fig. 3.12 - Pormenor de aplicação do Isolante reflector.....	31
Fig. 3.13 - Exemplo de chapa de zinco	33
Fig. 3.14 e 3.15 - Exemplos de cantaria de granito - Torre em granito da C.B.A. e do seu brasão	34
Fig. 3.16 e 3.17 - Exemplos de telha cerâmica lusa	35
Fig. 3.18 - Exemplo de revestimento em madeira.....	36
Fig. 3.19 - Exemplo soalho de pinho	37
Fig. 3.20 - Exemplo de parede interior de gesso cartonado (revestimento e respectivo material de suporte).....	38
Fig. 3.21 - Exemplo de pavimento vinílico	39
Fig. 3.22 - Exemplo de casa de banho com revestimento cerâmico	40
Fig. 3.23 - Exemplo de placa de parede de MDF.....	41
Fig. 3.24 - Exemplos de tijolos cerâmicos furados.....	42
Fig. 3.25 - Exemplo de alvenaria de tijolos cerâmicos furados	42
Fig. 3.26 - Exemplo de tijolo de cerâmico térmico	43
Fig. 3.27 - Exemplo de alvenaria de granito.....	43
Fig. 3.28 - Etiqueta informativa ACERMI.....	44
Fig. 5.1 - Dados a inserir no programa de cálculo OPTITERM - LFC.....	61
Fig. 5.2 - Legenda dos resultados do OPTITERM - LFC	62
Fig. 5.3 - Gráfico da percentagem de custos de cada solução	63
Fig. 5.4 - Ficha da “solução de parede exterior A 1.1.” gerada pelo OPTITERM – LFC	64
Fig. 5.5 - Ficha da “solução de parede exterior B 1.2.” gerada pelo OPTITERM - LFC	65
Fig. 5.6 - Ficha da “solução de cobertura C 1.3.” gerada pelo OPTITERM – LFC	66
Fig. 5.7 - Ficha da “solução de envidraçados E 1.4.” gerada pelo OPTITERM – LFC	67

Fig. 5.8 - Ficha da “solução de envidraçados F 1.5.” gerada pelo OPTITERM – LFC	68
Fig. 5.9 - Gráfico da percentagem de custos de cada solução.....	70
Fig. 5.10 - Ficha da “solução de parede exterior A 2.1.” gerada pelo OPTITERM - LFC.....	71
Fig. 5.11 - Ficha da “solução de parede exterior B 2.2.” gerada pelo OPTITERM - LFC.....	72
Fig. 5.12 - Ficha da “solução de cobertura C 2.3.” gerada pelo OPTITERM – LFC.....	73
Fig. 5.13 - Ficha da “solução de cobertura D 2.4.” gerada pelo OPTITERM – LFC.....	74
Fig. 5.14 - Ficha da “solução de envidraçados E 2.5.” gerada pelo OPTITERM – LFC.....	75
Fig. 5.15 - Ficha da “solução de envidraçados F 2.6.” gerada pelo OPTITERM – LFC	76
Fig. 5.16 - Gráfico da percentagem de custos de cada solução.....	78
Fig. 5.17 - Ficha da “solução de parede exterior A 3.1.” gerada pelo OPTITERM - LFC.....	79
Fig. 5.18 - Ficha da “solução de cobertura C 3.2.” gerada pelo OPTITERM – LFC.....	80
Fig. 5.19 - Ficha da “solução de cobertura C 3.3.” gerada pelo OPTITERM – LFC.....	81
Fig. 5.20 - Ficha da “solução de cobertura C 3.4.” gerada pelo OPTITERM – LFC.....	82
Fig. 5.21 - Ficha da “solução de envidraçados E 3.5.” gerada pelo OPTITERM – LFC.....	83
Fig. 5.22 - Gráfico do conjunto de custos das soluções de intervenção.....	85
Fig. 5.23 - Gráfico de custos das distintas soluções de intervenção	86
Fig. 7.1 - Exemplo de aplicação de Poliureia numa cobertura plana.....	90
Fig. 7.2 - Exemplo de blocos de B.C.A. de diferentes formas e medidas.....	91
Fig. 7.3 - Exemplos de placas de PIR	92
Fig. 7.4 - Exemplo de caixilharia de PVC.....	93

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Propriedades do certificado ACERMI - ISOLE	44
Quadro 3.2 - Verificação do cumprimento dos níveis mínimos de aptidão de utilização dos isolantes nas paredes, coberturas e pavimentos dos imóveis analisados.....	45
Quadro 3.3 - Verificação do cumprimento dos níveis mínimos de aptidão de utilização de revestimentos de pavimentos nos respectivos locais de aplicação.....	49
Quadro 4.1 - Cálculos das necessidades energéticas – Casa n.º9	54
Quadro 4.2 - Cálculos das necessidades energéticas – Casa n.º24	55
Quadro 4.3 - Cálculos das necessidades energéticas – C.B.A.	56
Quadro 5.1 - Listagem das soluções e custos associados – Casa n.º9	62
Quadro 5.2 - Listagem das soluções e custos associados – Casa n.º24	69
Quadro 5.3 - Listagem das soluções e custos associados – C.B.A.	77
Quadro 5.4 - Resumo dos cálculos OPTITERM	84

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

U - Coeficiente de transmissão térmica [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]

λ – Condutibilidade térmica [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$]

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

Nic - Necessidades nominais de energia útil para aquecimento [$\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$]

Ni - Necessidades máximas de energia útil para aquecimento [$\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$]

Nvc - Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento [$\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$]

Nv - Necessidades máximas de energia útil para arrefecimento [$\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$]

Nac - Necessidades nominais de energia para preparação de águas quentes sanitárias [$\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$]

Na - Necessidades máximas de energia para preparação de águas quentes sanitárias [$\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$]

Ntc - Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária [$\text{kgep}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$]

Nt - Necessidades máximas globais anuais nominais específicas de energia primária [$\text{kgep}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$]

C.B.A. – Casa Torreada dos Barbosa Aranha

XPS – Espuma rígida de poliestireno extrudido

PUR – Espuma rígida de poliuretano

PIR – Espuma rígida de poliisocianurato

MDF – Pannel de Fibras de Média Densidade

PVC – Policloreto de Vinilo

IIP – Imóvel de Interesse Público

ACERMI – Association por la Certification des Matériaux Isolants

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

CE – Certificação Europeia

IGESPAR – Instituto de Gestão do Património Arquitectónico e Arqueológico

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

No âmbito do ramo das construções, parece demasiado evidente que, perante a conjuntura actualmente apresentada no sector de construção civil, a área que deverá merecer substancial atenção será a reabilitação e reconstrução dos imóveis existentes. Isto porque principalmente as zonas históricas ou de edifícios antigos do nosso país, de um modo generalizado, além de apresentarem condições de conforto insatisfatórias, estão a atingir um ponto de degradação extremamente elevado.

Deste modo, conciliando medidas de recuperação com a reabilitação propriamente dita, poderá começar a evidenciar-se a revitalização e dinamização desses imóveis e consequentemente das zonas nas quais estes se inserem. É fundamental que assim seja não só para direccionar a sector da construção civil para a vertente da reabilitação que neste momento se apresenta como a melhor área a explorar face ao excesso de oferta de edifícios novos relativamente à procura dos mesmos, mas também de forma a conseguir preservar os edifícios antigos melhorando-lhes as condições de habitabilidade e conforto interior.

A reabilitação de edifícios antigos assume-se portanto como uma importante metodologia que pretende melhorar o nível de conforto a proporcionar pelos edifícios aos utilizadores dos mesmos, sendo que as medidas de reabilitação a aplicar em qualquer imóvel deverão reger-se pela sustentabilidade e poupança económica dos investimentos de melhoria, criando assim condições para que haja uma interligação entre um bom nível de conforto e uma poupança energética.

Existem diversas medidas de melhoria que podem ser aplicadas com vista à reabilitação eficiente de um edifício. Cabe aos Arquitectos e aos Engenheiros criar e executar projectos nos quais sejam adoptadas as medidas mais apropriadas para cada edifício específico. É sempre necessário ter em conta essencialmente o tipo de edificação e o local onde se insere.

1.2. OBJECTIVOS E MOTIVAÇÕES

A realização desta dissertação tem como objectivo efectuar uma “Avaliação técnico-económica de soluções de reabilitação aplicadas em edifícios antigos”, isto é, pretende-se estudar as soluções projectadas para alguns edifícios a reabilitar no Concelho de Ponte de Lima de forma a ser possível avaliar a viabilidade técnico-económica de aplicação das mesmas, bem como ensaiar soluções alternativas.

1.3. ESTRUTURA

A dissertação está estruturada da seguinte forma: descrição dos edifícios a analisar, avaliação técnica, cálculos energéticos, avaliação económica, possíveis alternativas e conclusão.

2

DESCRIÇÃO DOS EDIFÍCIOS A ANALISAR

2.1. DESCRIÇÃO E EXPOSIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS E FUTURAS FUNCIONALIDADES DOS EDIFÍCIOS

2.1.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Para facilitar a compreensão e interpretação de todo o tipo de intervenções a efectuar, vai apresentar-se no ponto seguinte uma explicação e caracterização de cada um dos edifícios a estudar. É também explicado o tipo de intervenção a que o edifício vai ser sujeito, os objectivos a alcançar com estas intervenções e a futura funcionalidade à qual se destinará o imóvel a reabilitar. É de grande importância realçar o facto de que a reabilitação destes edifícios tem como objectivo recuperar os mesmos visto que, tal como uma grande maioria dos edifícios antigos do nosso país, se encontram num avançado estado de degradação.

2.1.2. HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º9

2.1.2.1. Descrição do imóvel e da intervenção a realizar

O primeiro edifício antigo a descrever é o Hotel Largo Além Ponte - Casa n.º 9, cujo imóvel preexistente se situa no Largo da Alegria, em Ponte de Lima.

Esta intervenção, reconstrução e ampliação do imóvel, insere-se na estratégia de requalificação urbana e de valorização ambiental concebida para o Largo da Alegria, criando um local de alojamento inserido na essência histórica do lugar, e proporcionando a criação de outros elementos de hotelaria nos restantes edifícios a si agregados e, em complemento com as áreas de comércio e outras actividades, gerar-se a dinamização do Largo.

Haverá o aproveitamento possível do edifício preexistente, de acordo com o estado de conservação do imóvel, mantendo-se, se for viável, a maioria das paredes estruturais, a serem complementadas com pilares em betão armado. Em termos de aparência exterior, o edifício existente possui reboco e pintura em cor clara, com as cantarias de granito à vista, fiel às principais linhas históricas do edifício. A partir do alinhamento interior das paredes, surgirá um volume a reconstruir no piso superior, com um aspecto idêntico ao que outrora existiu. Este elemento novo é todo revestido a chapa tipo camarinha, de zinco em cor escura, metálica. Esse mesmo tipo de chapa, está também previsto para o revestimento das coberturas planas dos pisos 1 e 2.

A área de recepção do Hotel propriamente dita é antecedida pelo alinhamento com o núcleo de circulação vertical (escadas até ao piso 2 e elevador, preparado para pessoas de mobilidade condicionada). A recepção beneficia de uma boa parte da área do piso térreo, rasgada por vãos desde a cota de soleira, destacando-se a polivalência deste espaço como área de estar complementar e que se prolonga no exterior sob a forma de pátio, para esplanada. No mesmo piso, distribuem-se as principais áreas de serviço de Hotel (cozinha, economato, área para depósito de malas), bem como instalações sanitárias gerais masculinas e femininas, incluindo para pessoas de mobilidade condicionada. No mesmo conjunto, mas com acesso através do pátio comum à recepção e cozinha, localiza-se a área técnica.

Preservando a estrutura espacial do edifício, as referidas zonas de serviço desenvolvem-se no corpo pré-existente de serviço e sempre agregadas ao eixo de comunicação horizontal/ vertical. Desenham-se pontualmente espaços vazios exteriores, pátios como fontes de luz para o interior, valorizando a ligação entre o interior e o exterior.



Fig.2.1 – Imóvel preexistente Hotel Largo Além Ponte – Casa n.º9

Os dois pisos superiores albergam o alojamento propriamente dito e as respectivas áreas de acesso e apoio (economato). No primeiro, estão localizados 4 quartos, possuindo todos instalações sanitárias próprias e estando um deles preparado para a eventualidade de receber pessoas com mobilidade condicionada. A aplicação dos materiais no interior do edifício surge na mesma linha conceptual do exterior, pelo que, regra geral as paredes exteriores serão revestidas no interior por painéis em MDF de cor escura a imitar o antigo revestimento a madeira, antecédidos pela devida estrutura de suporte e isolamento adequado. Este material estende-se pelo tecto. As restantes paredes, restauradas ou em situações de excepção devidamente indicadas, serão rebocadas e pintadas em areado fino de cor clara ou com revestimento cerâmico (áreas de serviço ou instalações sanitárias). O pé-direito é variável nas

distintas zonas interiores do edifício, e decorrente da distribuição altimétrica que justifica toda a organização programática interior. Haverá a substituição dos vãos por outros semelhantes aos da mesma fachada.

Através deste conjunto de opções de intervenção no lugar, espera-se que haja uma revitalização do imóvel actualmente desabitado, com repercussões positivas para a dinamização urbana do Largo da Alegria. [29]

2.1.2.2. Peças desenhadas e Pormenores construtivos

Neste ponto apresentam-se peças desenhadas do projecto de arquitectura do Hotel Largo Além Ponte – Casa n.º9 referentes aos alçados, cortes e plantas, e também pormenores construtivos do mesmo imóvel.

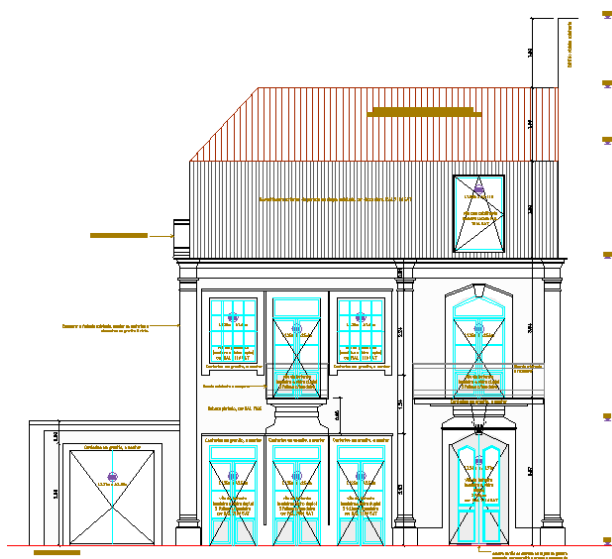


Fig. 2.2 – Alçado da fachada principal orientada a Norte – Casa n.º9 [29]

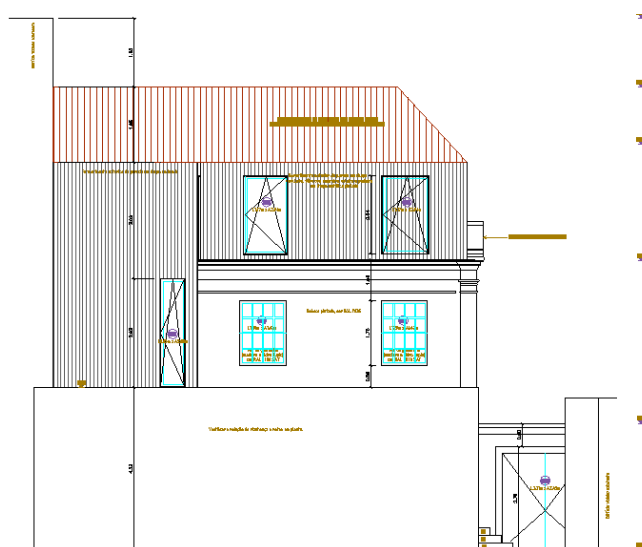


Fig. 2.3 – Alçado da fachada posterior orientada a Sul – Casa n.º9 [29]



Fig. 2.4 – Alçado da fachada lateral orientada a Este – Casa n.º [29]

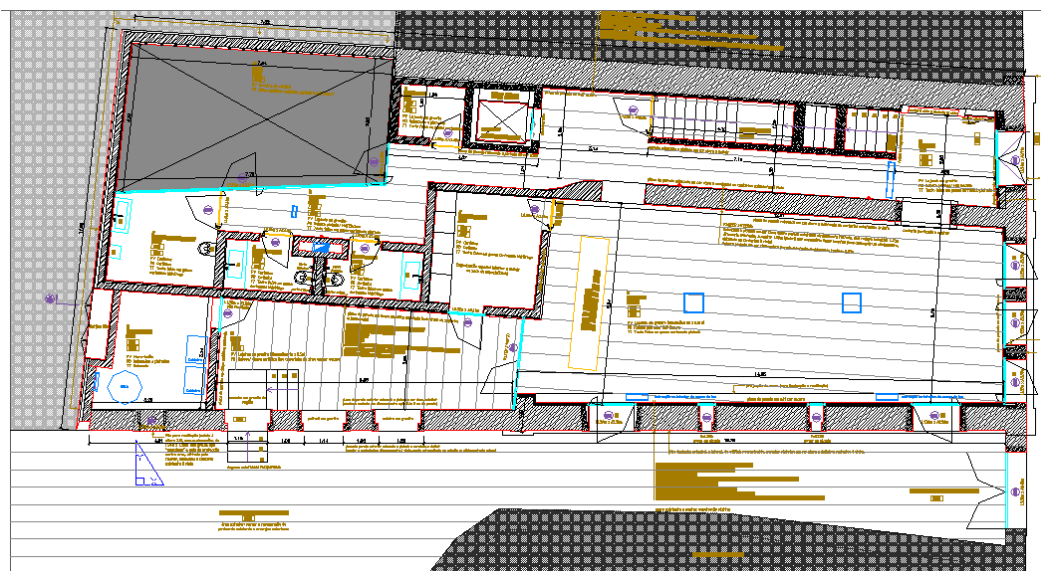


Fig. 2.5 – Planta do Piso 0 – Casa n.º9 [29]



2.1.3. HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º24

2.1.3.1. Descrição do imóvel e da intervenção a realizar

O seguinte edifício antigo a ser descrito é o Hotel Largo Além Ponte - Casa n.º 24, cujo imóvel preexistente se situa também no Largo da Alegria, em Ponte de Lima.

Esta intervenção surge também na sequência da estratégia de requalificação urbana e de valorização ambiental do Largo da Alegria, criando assim mais um local de alojamento inserido na essência histórica do lugar, à semelhança do Hotel Largo Além Ponte – casa n.º9. O edifício preexistente surge como molde para a requalificação do imóvel e sua adaptação a edifício de uso turístico e comercial, sobretudo no tratamento interior dos espaços, esperando-se que venha a contribuir para a dinamização do Largo, em conjunto com o Hotel casa.º9. Assim, tal como no anterior, pretende-se que o edifício a reconstruir mantenha o aspecto, forma e materiais exteriores. Os elementos que apresentem bom estado de conservação manter-se-ão e os restantes serão substituídos por outros de idêntica aparência. Verifica-se portanto, que neste tipo de obras de reabilitação é essencial tentar manter o aspecto original dos edifícios.



Fig. 2.10 – Imóvel preexistente Hotel Largo Além Ponte – Casa n.º24

O piso térreo, na fachada principal, confrontante com o Largo albergará um espaço comercial, possuindo uma área de comércio e um WC. O acesso à área de alojamento propriamente dita é feito pela fachada lateral, através do percurso exterior junto à mesma.

Internamente, e de modo a rentabilizar o espaço definido pelo edifício preexistente, existe um desfasamento de cotas, criando duas alas distintas: Ala B, com três pisos (correspondendo, sensivelmente, ao alinhamento de pisos preexistente) e Ala A com 4 pisos. Isto justifica o facto de a entrada estar localizada numa cota mais baixa do que a do Largo da Alegria, visto que a recepção pertence à ala A, dos quatro pisos. Essa transição é suavizada pelo percurso de acesso pelo exterior,

rampeado e descendente, culminando num pátio, que poderá funcionar como esplanada. Este espaço exterior é, na prática, um prolongamento da área de recepção e zona de estar geral do edifício de alojamento, que poderá ter um bar.

Conceptualmente, as duas alas são acessíveis de modo intercalado, através do percurso central de circulação vertical. Este é constituído por um núcleo central de betão, onde se localiza a caixa de elevador e ao qual se adoçam as escadas, também recortadas em betão e soltas das restantes paredes. As lajes em betão, que marcam as diferentes cotas de piso, estão à face, pelo que os sucessivos espaços/quartos ficam definidos como que por “caixas de madeira” inseridas entre estas. O conceito da “caixa de madeira” estende-se para o interior destes espaços, de modo que os quartos são integralmente revestidos em painéis de madeira que os rodeiam, desde o pavimento, paredes e tecto. Por contraste, no núcleo de circulação e acesso aos quartos, os principais elementos são em betão ou, preferencialmente, no material preexistente (note-se que, caso as paredes exteriores apresentem bom estado de conservação, será mantida a pedra à vista).

Assim, o piso 0, de entrada e recepção, complementado por um pequeno espaço para depósito de malas ou outras situações de arrumos gerais/ técnicos, está em contacto directo com a parede de betão que assinala o elevador e escadas. O elevador possui saídas que, em dois dos pisos surgem em cotas intermédias entre as cotas da ala A para a ala B; no último piso, porém, a saída é de frente e de nível para a entrada do 7º quarto deste edifício, uma vez que está previsto que este esteja perfeitamente adaptado a pessoas com mobilidade condicionada.

O primeiro quarto acessível a partir do percurso de escadas é o da ala A, os seguintes, já na ala B, surgem marcados pela antecâmara comum que os antecede e que “rasga” um vão entre as “caixas de madeira” dos quartos.

Todos possuem instalações sanitárias compostas por lavatório, sanita e base de duche, estando um deles, como já foi referido, devidamente dimensionado para receber pessoas com mobilidade condicionada.

O pé-direito de cada quarto é variável e decorrente da distribuição altimétrica que justifica toda a organização programática interior. No piso superior, onde se localiza o quarto de mobilidade condicionada e, uma vez que se pretende manter a cobertura existente (ou refazer, se se verificar necessário), adquire o pé-direito do negativo da estrutura da cobertura.

Como forma de apoio à logística deste edifício, um compartimento para economato antecede em um degrau cada quarto da ala A.

Estruturalmente, e de um modo geral, as lajes assentam nas paredes laterais exteriores do edifício e estão soltas do núcleo de circulação vertical. Tanto quanto possível haverá um aproveitamento exaustivo do preexistente no que se refere ao visível exteriormente, ou seja, mantêm-se as fachadas principal e lateral e a cobertura na íntegra, propondo-se apenas o restauro das mesmas e substituição de materiais que não estejam bem conservados. Nos vãos, propõe-se manter as cantarias em granito conforme o existente; no piso superior, pretende-se substituir a chapa metálica por outra, sob a forma de painel sandwich (a iniciar no piso superior da fachada principal e a rematar na fachada posterior).

Haverá a substituição de vãos que não estejam em condições de recuperação, e propõe-se que a substituição seja feita por outros semelhantes aos da mesma fachada. Deste modo, na fachada lateral, o vão de entrada é descido, por questão de compatibilização de cotas, pelo que ganha uma bandeira superior no mesmo material. Um dos vãos superiores desta fachada será igualmente encerrado pelo interior, pelo mesmo motivo.

Na fachada posterior propõe-se um tratamento diferenciado do restante edifício, prolongando o conceito das “caixas de madeira” até à fachada, encerrando-as por envidraçado, de composição reticulada e intercalando folhas fixas com folhas de abertura basculante. Entre os vãos dos quartos, e à semelhança do que acontece pelo interior, as lajes de betão (ou lajetas) encontram-se à face. Esta opção para o tratamento da fachada é duplamente justificável: por um lado, por se tratar de uma fachada posterior (à qual se deverá demolir um volume anexo, aparentemente acrescentado à posteriori) a qual não interfere com a dinâmica urbana quotidiana do Largo da Alegria; por outro, pela necessidade inequívoca de reforçar as condições de luminosidade e até de salubridade dos quartos e recepção na ala A do edifício.

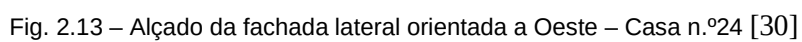
Através deste conjunto de opções de intervenção no lugar, espera-se que haja uma revitalização do imóvel actualmente desabitado, com repercussões positivas para a dinamização urbana do Largo da Alegria. [30]

2.1.3.2. Peças desenhadas e Pormenores construtivos

No presente ponto apresentam-se peças desenhadas do projecto de arquitectura do Hotel Largo Além Ponte – Casa n.º24 referentes aos alçados, cortes e plantas, e também pormenores construtivos do mesmo imóvel. Nas imagens dos alçados pode verificar-se que a cor amarela representa o edifício original, e a cor vermelha representa as intervenções a executar no imóvel.



Fig. 2.11 e 2.12 – Alçado da fachada posterior orientada a Norte e da fachada principal orientada a Sul (esquerda e direita respectivamente) – Casa n.º24 [30]



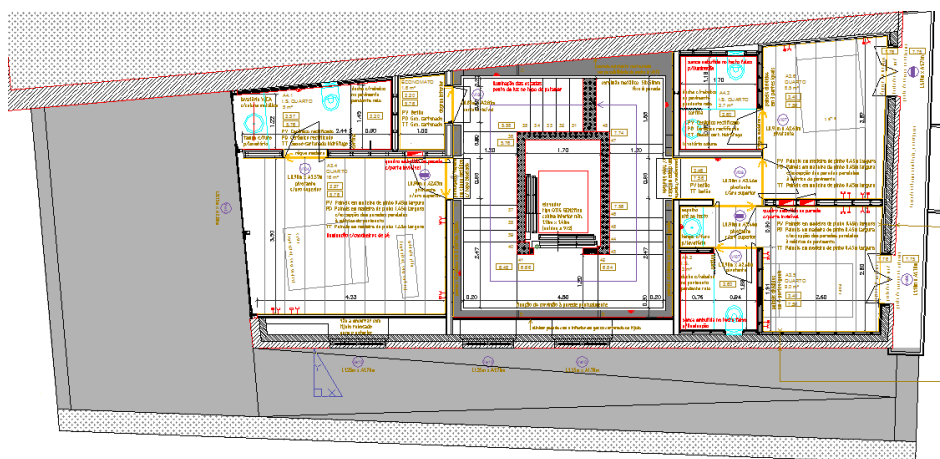


Fig. 2.15 – Planta do Piso 1A/1B e 2A/2B – Casa n.º24 [30]

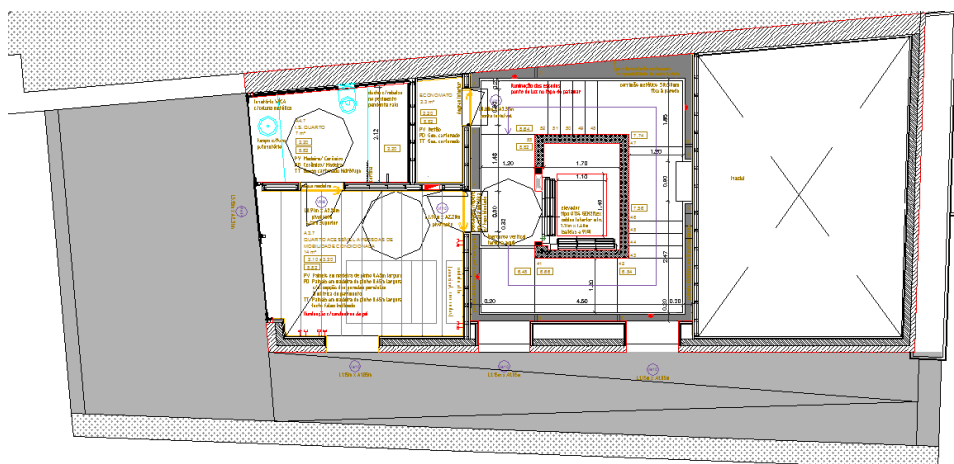


Fig. 2.16 – Planta do Piso 3A/ (2B em vista) – Casa n.º24 [30]

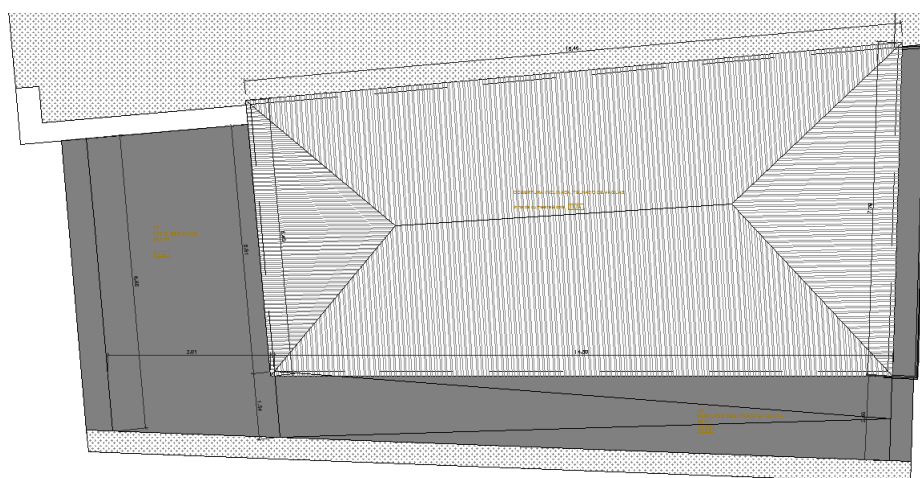


Fig. 2.17 – Planta da cobertura – Casa n.º24 [30]

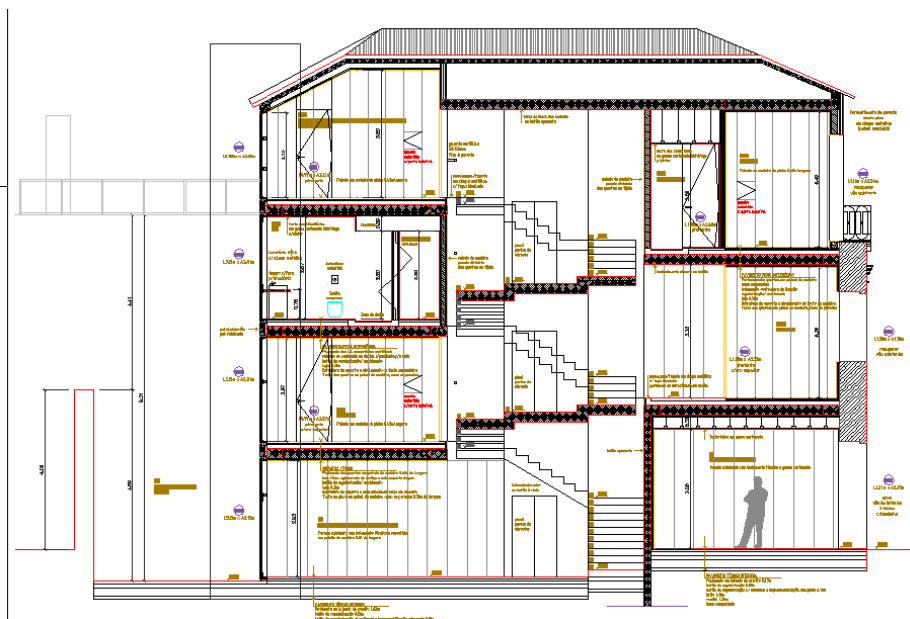


Fig. 2.18 – Corte do edifício – Casa n.º24 [30]

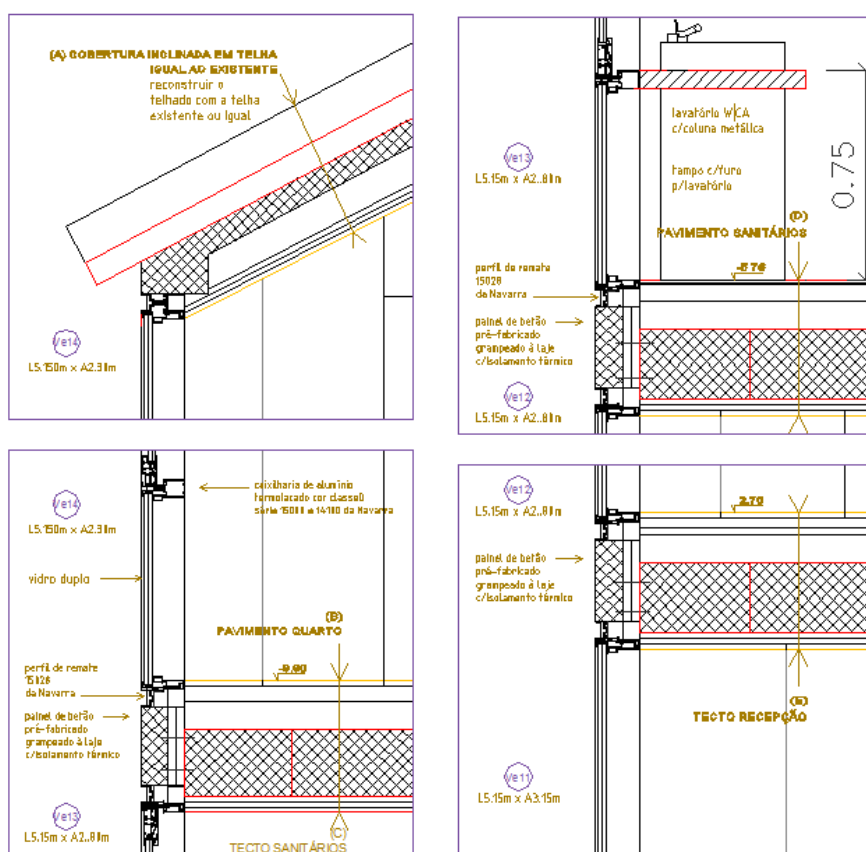


Fig. 2.19 – Pormenores construtivos do edifício – Casa n.º24 [30]

2.1.4. CASA TORREADA DOS BARBOSA ARANHA

2.1.4.1. Descrição do imóvel e da intervenção a realizar

O último edifício a descrever é a Casa Torreada dos Barbosa Aranha (museu/casa de exposições), cujo imóvel preexistente, data da primeira metade do século XVII, e se situa na zona histórica de Ponte de Lima, na Calçada da Fonte da Vila, virada ao rio Lima.

A reabilitação deste imóvel surge na sequência da estratégia de requalificação urbana e de valorização ambiental do centro histórico do município de Ponte de Lima, criando assim um local adequado a acolher diversos tipos de exposições, e o futuro museu do Vinho Verde.

Classificado como Imóvel de Interesse Público (IIP), pretende-se que o edifício a reconstruir mantenha o aspecto, forma e materiais exteriores (e tanto quanto possível também interiores), nos quais os elementos que apresentem bom estado de conservação se manterão e os restantes serão substituídos por outros de aparência idêntica.

Este imóvel obedece a uma tipologia casa-torre implantada num centro urbano. O conjunto que constitui a casa desenvolve-se em planta composta por dois volumes, um correspondendo à torre e o outro à ala habitacional interiormente ligados. A torre, de secção quadrangular, apresenta uma estrutura neo-medieval, semelhante a um torreão de defesa, com uma fachada muito austera, própria da arquitectura militar. Encontra-se dividida em três registos, o primeiro com portal de arco pleno, e porta secundária, o segundo com janela de sacada com guarda de ferro encimada por cornija saliente, o último com janela de peito. A fachada lateral ostenta fisionomia semelhante. A torre é rematada por merlões chanfrados assentes sobre cornija com gárgulas de canhão nas arestas. A ala é uma construção de estrutura solarenga, que se desenvolve longitudinalmente, com fachada muito sóbria e fenestração disposta regularmente. O edifício divide-se em três pisos, que na fachada apresentam as portas de acesso ao interior, no primeiro, janelas de peito com moldura simples, no andar nobre, e janelos no piso superior. A fachada é também rematada por gárgulas de canhão sobre a cornija. Entre os dois primeiros registos foi colocado brasão da família Barbosa Aranha, possivelmente os proprietários da casa, que acabariam por dar a designação ao edifício”.

No piso térreo, na fachada principal, confrontante com a Calçada da Fonte da Vila situar-se-á a entrada principal do edifício. Além de um hall de entrada e da recepção, que se situam na zona da torre, o piso térreo do edifício possui três salas (open spaces), instalações sanitárias e um átrio de apoio às escadas e ao elevador, distribuídos convenientemente pelo restante edifício.

Relativamente ao piso 1 existem algumas diferenças de disposição comparativamente ao piso térreo. Na zona da torre deixa de haver uma zona de entrada, como é óbvio, passando a existir uma sala de exposições. No restante edifício a tipologia é idêntica ao piso térreo com a diferença de possuir apenas duas salas em vez de três, visto que a parede que fazia a separação de duas das 3 salas no piso térreo não tem continuidade no piso 1. A organização interior do piso 2 é em tudo semelhante à do piso 1, à excepção da ausência de instalações sanitárias, devido à arquitectura do edifício.

Mais uma vez, tanto quanto possível haverá um aproveitamento exaustivo do preexistente no que se refere ao visível exteriormente, ou seja, mantêm-se as fachadas na íntegra, propondo-se apenas o restauro das mesmas e somente substituição dos materiais que estejam em avançado estado de degradação. Também neste edifício o pé-direito, de piso para piso, é variável e decorrente da distribuição altimétrica que justifica toda a organização interior. Vai ser também criado um núcleo de betão, onde se localiza a caixa de elevador e ao qual se adoçam as escadas, que serão em material metálico, com um revestimento na parte superior dos degraus em madeira de pinho.



Fig. 2.20 – Imóvel preexistente, Casa Torreada dos Barbosa Aranha

O imóvel apresenta um estado de degradação bastante elevado, e a situação que mais evidencia isso situa-se ao nível da cobertura do edifício adjacente, onde a estrutura composta por elementos em madeira se encontra, em grande parte, arruinada permitindo a entrada e livre circulação de águas pluviais acelerando ainda mais o processo de degradação do imóvel. Na torre, os pisos serão em madeira como originalmente se verificava, e na cobertura do edifício adjacente haverá a substituição da estrutura de madeira por uma estrutura metálica, que permitirá transformar o actual sótão num amplo espaço de exposição.

Para melhorar o conforto do edifício, uma vez que actualmente não possui qualquer isolamento térmico, pretende-se isolá-lo devidamente pelo interior e tentar corrigir ao máximo as pontes térmicas.

Com este conjunto de opções de intervenção no edifício que actualmente se encontra desabitado e em avançado estado de degradação, espera-se que haja uma revitalização do imóvel e consequentemente do centro histórico Limiano. [31]

2.1.4.2. Peças desenhadas e Pormenores construtivos

Neste ponto apresentam-se peças desenhadas do projecto de arquitectura da Casa dos Barbosa Aranha referentes aos alçados, cortes e plantas, e também pormenores construtivos do mesmo imóvel.



Fig. 2.21 – Alçados - C.B.A. [31]

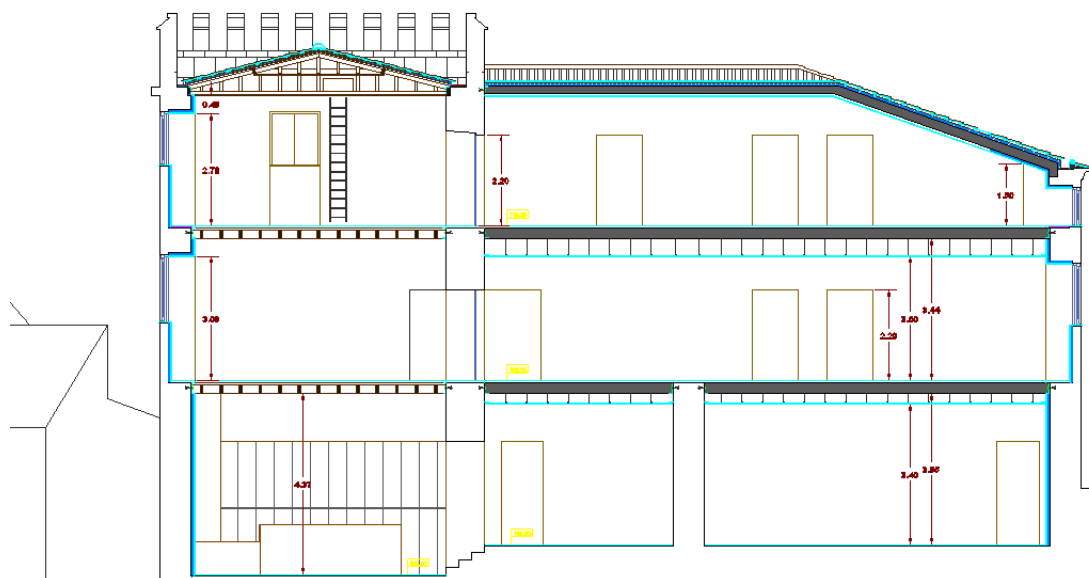


Fig. 2.22 – Corte do edifício - C.B.A. [31]

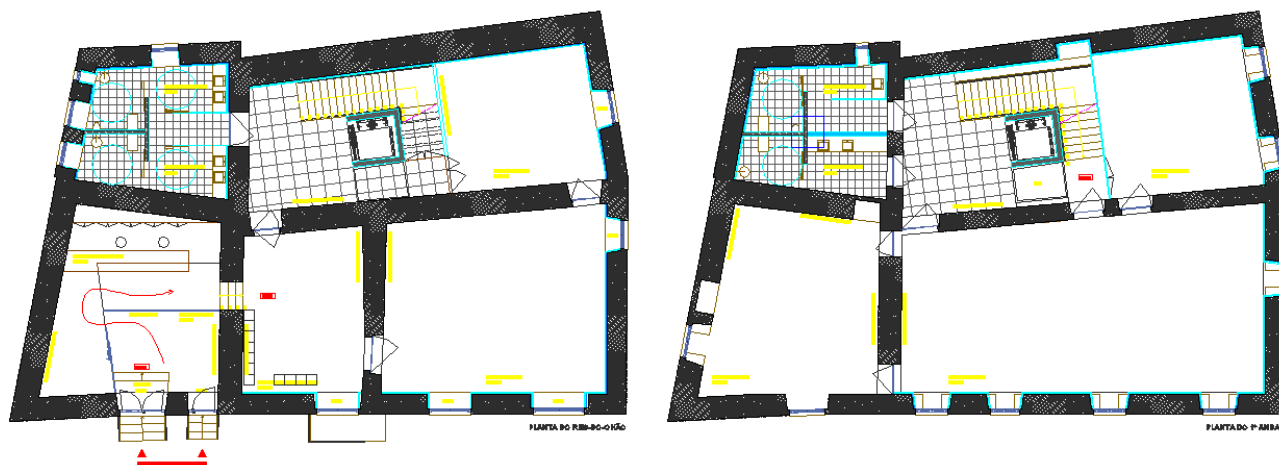


Fig. 2.23 e 2.24 – Plantas do Piso R/C (esquerda) e Piso 1 (direita) – C.B.A. [31]

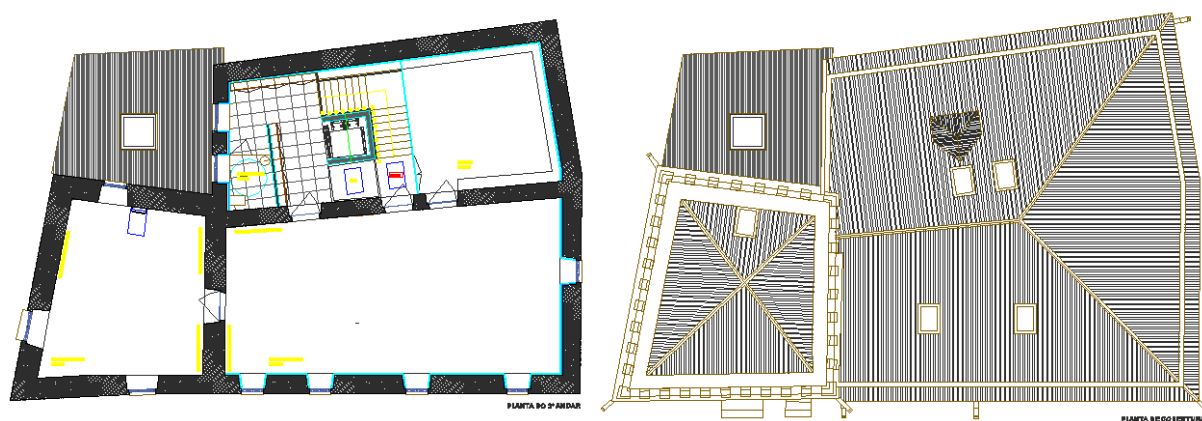


Fig. 2.25 e 2.26 –Plantas do Piso 2 (esquerda) e da cobertura (direita) – C.B.A. [31]

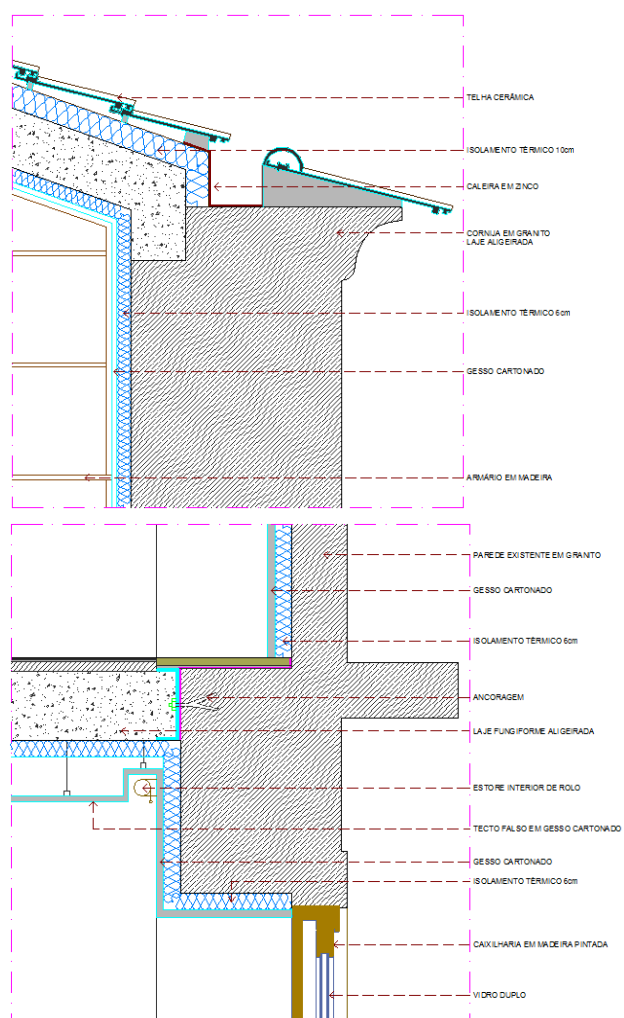


Fig. 2.27 – Pormenores construtivos – C.B.A. [31]

2.2. RESUMO DAS INTERVENÇÕES NOS EDIFÍCIOS

2.2.1. HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º9

Edifício de 3 pisos a reabilitar para adaptação a uma unidade hoteleira de 8 quartos.

Pavimento térreo composto pelas usuais camadas de rachão e brita, betão, isolamento e posterior revestimento (lajetas em granito), assentados numa base compactada. Colocação de um dreno periférico, junto às sapatas, pela parte exterior. Recuperação da fachada existente no piso R/C e piso 1, excepto no R/C da fachada posterior. Reconstrução do piso 2 em bloco térmico, revestindo-o exteriormente com chapa metálica ondulada.

Na parte frontal do edifício, cobertura em telha idêntica à do edifício vizinho, com 3 águas. Na parte posterior, cobertura plana revestida a chapa metálica tipo camarinha. Paredes interiores do piso térreo a reconstruir.

Isolamento térmico utilizado - XPS de espessura variável (4cm para pav. térreo, 6/8 cm para paredes, pelo interior e exterior respectivamente e 8cm para cobertura, sobre a estrutura resistente). Isolamento acústico em lã-de-rocha de 6cm colocado nas paredes interiores e sob a estrutura resistente de cobertura. Impermeabilização de todas as fundações a construir, das coberturas horizontais e parede com isolamento pelo exterior, com emulsão betuminosa.

Revestimento dos pavimentos superiores, predominantemente em soalho de madeira de pinho riga nova. Revestimento interior das paredes, predominantemente em placas MDF. Revestimento dos tectos em gesso cartonado “normal”/hidrófugo.

A caixa de elevador e a zona de escadas situam-se na zona confrontante com a parede do edifício vizinho.

Vãos exteriores constituídos por caixilharias em madeira ou em alumínio (com corte térmico) e vidro duplo (interior laminado). Soleiras e peitoris em granito ou chapa metálica e as ombreiras e padieiras em reboco pintado ou chapa metálica.

Equipamento de ventilação composto por exaustão/insuflação (ventilador de cobertura), unidades de tratamento de ar, ventilador para sanitários, extractor de fumos da cozinha, chaminés para condutas de diferentes dimensões, ventilador para zonas técnicas (colocação em parede).

Colocação de 4 painéis solares de tubos de vácuo.

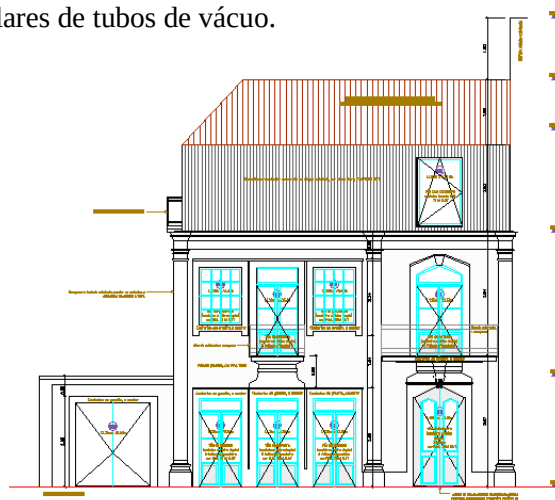


Fig. 2.28 – Alcado da fachada Principal do Hotel Largo Além Ponte – Casa n.º [29]

2.2.2. HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º24

Edifício de 3 pisos a reabilitar, passando este a ser composto por duas alas distintas (A e B), posicionadas a diferentes cotas, para adaptação a uma unidade comercial e hoteleira de 7 quartos. A ala “A” possuirá 4 pisos e a “B” possuirá 3.

Pavimento térreo composto pelas usuais camadas de rachão e brita, betão, isolamento e posterior revestimento (lajetas em granito), assentados numa base compactada. Colocação de um dreno periférico, junto às sapatas, pela parte exterior. Recuperação da fachada existente no piso R/C e piso 1 na sua totalidade, excepto na fachada posterior toda em alvenaria de granito, que será demolida.

Reconstrução das paredes do piso 2 em tijolo cerâmico, revestindo-as exteriormente com chapa metálica ondulada (painel sandwich). Fachada posterior toda constituída por vãos envidraçados de alumínio. Cobertura em telha idêntica à do edifício vizinho, com 4 águas, na totalidade do edifício. Paredes interiores do edifício a demolir na totalidade, e construção de novas conforme a disposição do projecto.

Isolamento térmico utilizado - XPS de espessura variável (4cm para pavimento térreo, 5cm para paredes exteriores, pelo interior e 6cm sobre a estrutura resistente da cobertura). Isolamento acústico em lã-de-rocha de 0,06m de espessura colocado nas paredes interiores. Impermeabilização das fundações a construir com emulsão betuminosa.

Revestimento interior de paredes, pavimento e tecto, predominantemente em placas de madeira de pinho. Vãos exteriores constituídos por caixilharias em madeira de pinho ou em alumínio (com corte térmico) e vidro duplo (interior laminado). Cantarias existentes a manter, e recuperação dos vãos sempre que possível.

Caixa do elevador no centro do edifício, e escadas em betão armado adoçadas à referida caixa.

Equipamento de ventilação composto por exaustão/insuflação (ventilador de cobertura), unidades de tratamento de ar, ventilador de sanitários, chaminés para condutas de diferentes dimensões e ventilador para zonas técnicas.

Colocação de 3 painéis solares (ditos comuns).



Fig. 2.29 – Alçado da fachada principal do Hotel Largo Além Ponte – Casa n.º24 [30]

2.2.3. CASA TORREADA BARBOSA ARANHA

Imóvel composto por uma torre e um edifício adjacente de 3 pisos, a reabilitar para adaptação a um museu/zona de exposições.

Pavimento térreo composto pelas usuais camadas de rachão e brita, betão, isolamento e posterior revestimento (lajetas de granito polido), assentes numa base compactada. Recuperação de todas as fachadas existentes, mantendo à vista as cantarias (especialmente o brasão) e a torre na sua totalidade. Reconstrução da cobertura em telha idêntica à existente, com 4 águas na zona da torre e 3 águas na zona do edifício adjacente. Cobertura plana em chapa metálica lisa, ao nível do tecto do piso 1, concretamente na zona das instalações sanitárias. Todas as paredes interiores do edifício são para manter e recuperar a cantaria existente.

Isolamento térmico utilizado - XPS de espessura variável (4cm para pavimento térreo, 6cm para paredes exteriores, pelo interior, e 5/10cm sob e sobre a estrutura resistente da cobertura) e isolante reflector nas ombreiras e ligações laje/parede exterior. Impermeabilização das fundações a construir com emulsão betuminosa.

Revestimento dos pavimentos na torre, em madeira e granito e, granito, vinílico e cerâmico no edifício adjacente. Revestimento interior das paredes em granito à vista e gesso cartonado. Revestimento dos tectos em madeira maciça de abeto (torre) e em gesso cartonado (edifício adjacente). Vãos exteriores verticais constituídos por caixilharias em madeira e vidro duplo (interior laminado). Cantarias existentes a manter, e recuperação dos vãos quando possível. Inclusão de clarabóias em alumínio.

Equipamento de ventilação composto por ventilador para sanitários e para zonas técnicas.

Não possui AQS logo não está prevista a colocação de painéis solares.

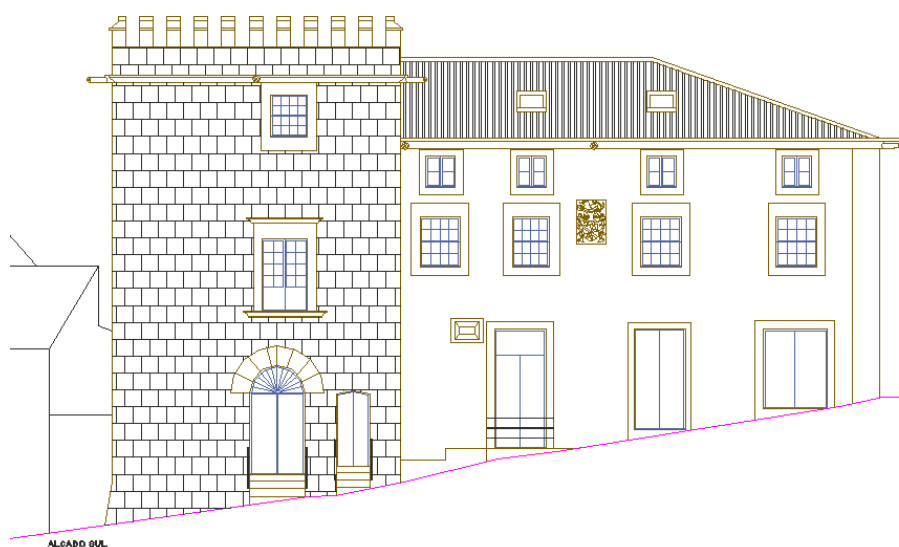


Fig. 2.30 – Alçado da fachada Principal da Casa Torreada dos Barbosa Aranha [31]

3

AVALIAÇÃO TÉCNICA DAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO

3.1. AVALIAÇÃO TÉCNICA DAS SOLUÇÕES – ANÁLISE DE DURABILIDADE, TÉRMICA, IMPACTO AMBIENTAL, SEGURANÇA E FUNCIONALIDADE DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA REABILITAÇÃO DOS EDIFÍCIOS ANTIGOS EM ESTUDO

3.1.1. NOTA INTRODUTÓRIA

De forma a efectuar-se uma “Avaliação técnico-económica das soluções de reabilitação aplicadas em edifícios antigos” procedeu-se, tanto quanto possível, a uma análise prévia da durabilidade, térmica, impacto ambiental, segurança e funcionalidade dos materiais utilizados na reabilitação dos edifícios em estudo.

Os materiais a analisar serão os revestimentos exteriores, (granito, reboco tradicional, chapa metálica tipo camarinha e telha cerâmica), os isolamentos (XPS, PUR, lã-de-rocha e isolamento reflector), os elementos de alvenaria (granito, tijolos cerâmicos e blocos térmicos) e os revestimentos interiores (lajeado de granito, gesso cartonado, reboco, gesso cartonado hidrófugo, MDF de cor escura, madeira de pinho de riga nova, vinílico e mosaico cerâmico).

De maneira a ser possível realizar-se uma análise mais exaustiva dos isolantes preconizados, far-se-á uma análise da classificação ISOLE dos isolantes a utilizar, e consequentemente verificar-se-á se os níveis mínimos de aptidão de utilização dos mesmos em paredes, coberturas e pavimentos são cumpridos.

Também para os pavimentos será feita uma análise, quanto à sua classificação UPEC, de modo a verificar se os revestimentos a utilizar nos pavimentos, são os mais adequados ao uso e local a aplicar.

Serão apresentados pormenores construtivos devidamente legendados de cada edifício, de modo a facilitar a compreensão das distintas soluções de reabilitação.

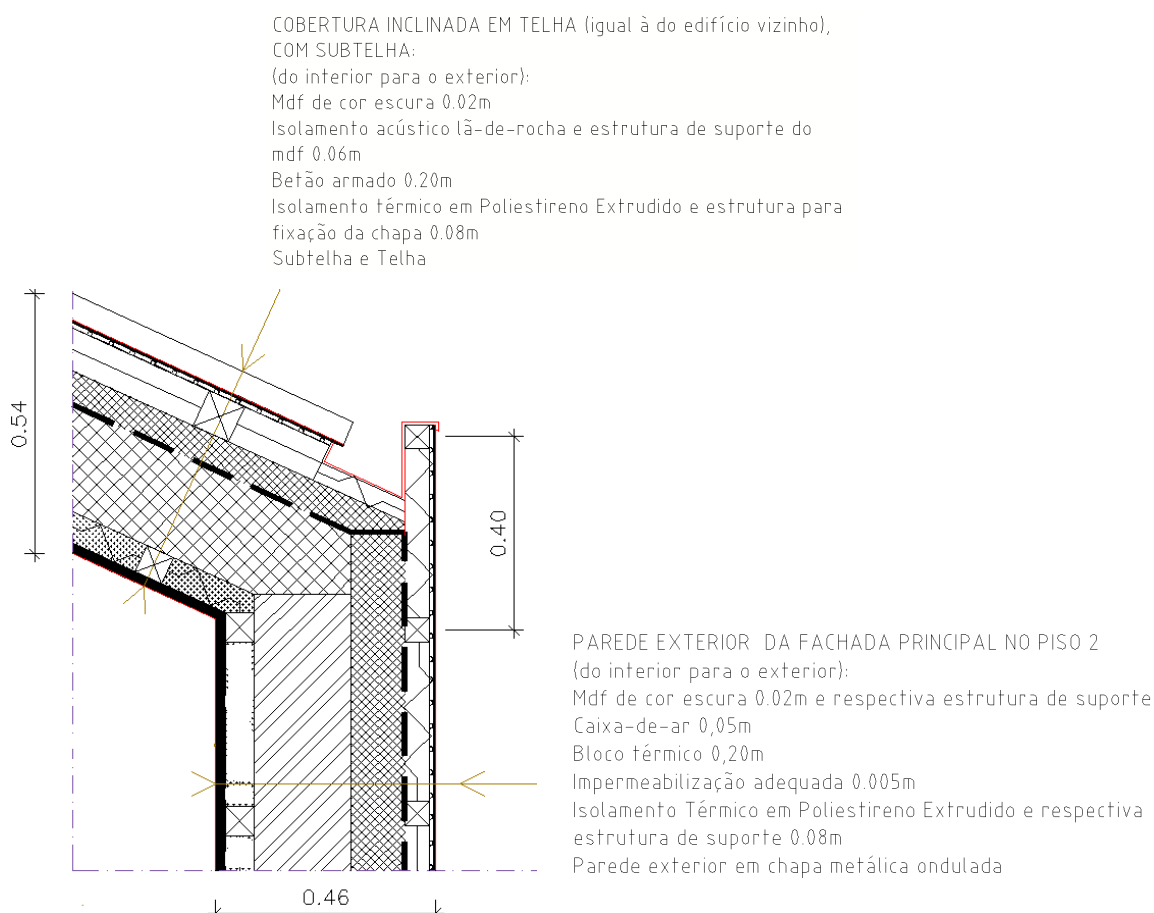


Fig. 3.1 – Pormenor construtivo da ligação da parede exterior com a cobertura (desvão ocupado) – Casa n.º9 [29]

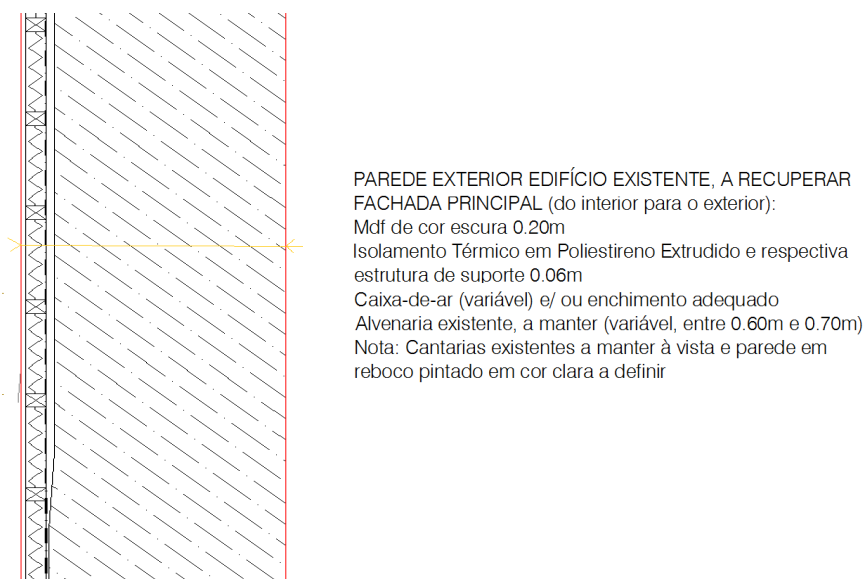
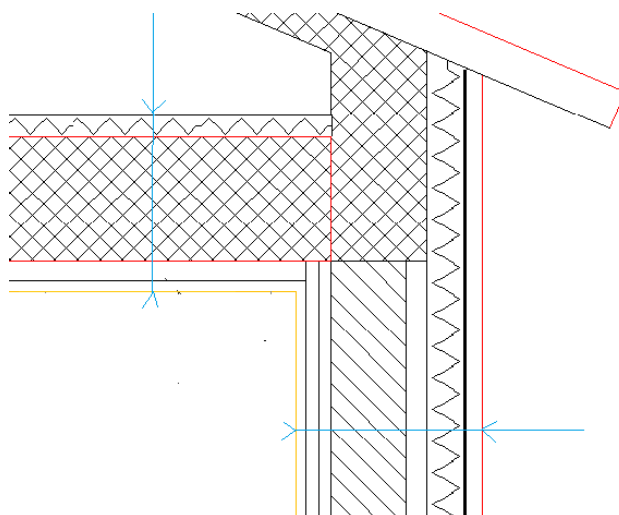


Fig. 3.2 – Pormenor construtivo da parede exterior dos pisos R/C e 1 – Casa n.º9 [29]

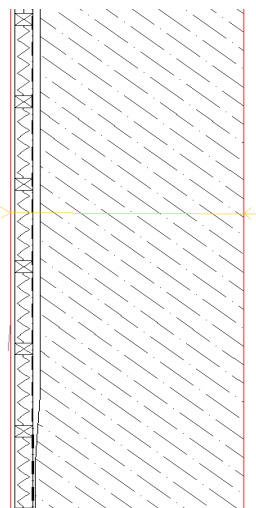
COBERTURA INCLINADA EM TELHA IGUAL AO EXISTENTE - Desvão não-acessível

telha igual ao existente;
Estrutura de suporte das telhas em ripado de madeira e colocação de subtelha tipo onduline;
Estrutura de suporte da cobertura
Isolamento térmico em placas de poliestireno extrudido de 60mm;
Laje de esteira
Tecto em painéis de contraplacado marítimo - madeira de pinho suspenso c/ estrutura adequada 20mm



PAREDE FRONTAL EXTERIOR DO EDIFÍCIO EXISTENTE, recuperar, substituindo chapa metálica existente por chapa metálica em painel sandwich ondulado
FACHADA PRINCIPAL (do interior para o exterior):
Madeira pinho riga nova em painéis de contraplacado (painéis 0.45m de largura à excepção das paredes paralelas à métrica do pavimento que deverão ser divididos em partes iguais) 0.02m
Isolamento Térmico em Poliestireno Extrudido e respectiva estrutura de suporte com sarrafos de madeira ou outro mais adequado 0.05m
Tijolo 0.15m
Chapa metálica tipo painel sandwich liso e caixa-de-ar, ambos no alinhamento da parede existente 0.11m

Fig. 3.3 – Pormenor construtivo da ligação da parede exterior com a cobertura (desvão não-ocupado) – Casa n.º24 [30]



FACHADA LATERAL (do interior para o exterior):
Madeira pinho riga nova em painéis contraplacado de 0.50m de largura
Isolamento Térmico em Poliestireno Extrudido e respectiva estrutura de suporte com sarrafos de madeira ou outro mais adequado 0.05m
Parede exterior existente em reboco pintado em cor clara, mantendo as cantarias existentes

COBERTURA INCLINADA EM TELHA IGUAL AO EXISTENTE - Desvão acessível

telha igual ao existente;
Estrutura de suporte das telhas em ripado de madeira e colocação de subtelha tipo onduline;
Isolamento térmico em placas de poliestireno extrudido de 60mm;
Estrutura de suporte da cobertura
Tecto em painéis de contraplacado marítimo - madeira de pinho suspenso c/ estrutura adequada 20mm

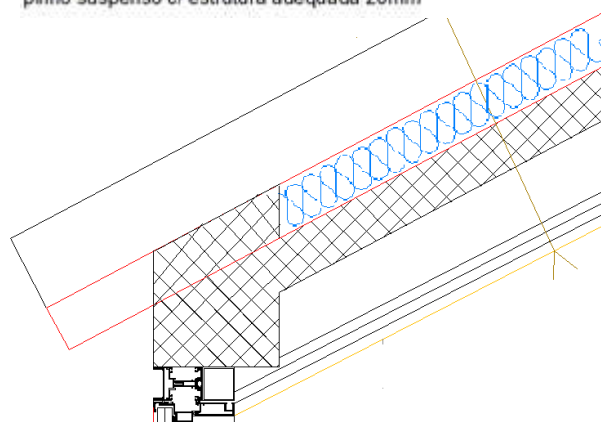


Fig. 3.4 e 3.5 – Pormenor construtivo da parede exterior (esquerda) e da cobertura (desvão ocupado) – Casa n.º24 [30]

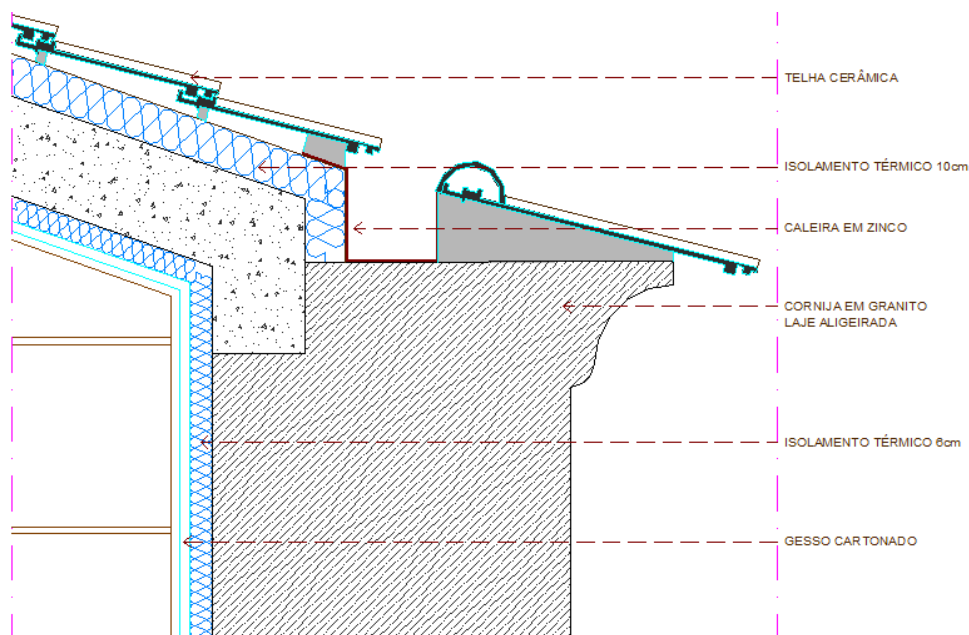


Fig. 3.6 – Pormenor construtivo da ligação da parede exterior com a cobertura (desvão ocupado) – C.B.A. [31]

3.1.2. ISOLANTES UTILIZADOS E LOCAIS DE APLICAÇÃO

3.1.2.1. Descrição introdutória

Na Casa 9 vão ser utilizados dois tipos de isolantes distintos: o XPS (poliestireno extrudido) de diferentes espessuras e a Lã-de-rocha. A colocação do Isolante térmico XPS é efectuada pelo interior nas paredes exteriores simples de granito, e pelo exterior nas paredes simples de bloco térmico e tijolo cerâmico. O mesmo tipo de isolamento será utilizado no pavimento térreo, na cobertura horizontal sob chapa metálica e na cobertura inclinada em telha cerâmica. É também colocado isolante lã-de-rocha em todas as paredes duplas interiores no espaço conferido entre as duas fiadas de tijolos cerâmicos, nos pavimentos intermédios entre a laje e o revestimento de tecto, e na cobertura sob a estrutura resistente.

Na casa n.º24, à semelhança da anterior, a colocação do Isolante térmico XPS, é efectuada pelo interior nas paredes exteriores simples de granito, no pavimento térreo e na cobertura inclinada em telha cerâmica. Nas paredes exteriores do piso 2, o isolamento é feito através da aplicação de painéis sandwich, que contêm no seu núcleo material isolante PUR, espuma rígida de poliuretano. Também neste edifício, se verifica a colocação de lã-de-rocha nas paredes interiores e nos pavimentos intermédios nas mesmas situações que o referido no anterior edifício.

Relativamente à Casa dos Barbosa Aranha, também está prevista a aplicação de isolamento térmico XPS em paredes exteriores simples de granito. O isolamento é feito pelo interior. Este é também colocado em cobertura horizontal sob chapa metálica e em cobertura inclinada em telha cerâmica. Será aplicado também o isolante reflector nas paredes exteriores. Esse isolante será colocado pelo interior das paredes exteriores, mais especificamente nas ombreiras e entre as ligações laje/parede exterior.

3.1.2.2. XPS (espuma rígida de poliestireno extrudido)

O isolamento feito à base de placas de XPS (espuma rígida de poliestireno extrudido) de diferentes espessuras consoante a necessidade e local de aplicação é no caso dos edifícios em estudo o isolante predominante.

As placas de poliestireno extrudido possuem uma condutibilidade térmica bastante baixa o que proporciona uma resistência térmica elevada (que cresce com o aumento da espessuras das placas). Este isolante é altamente resistente à absorção de água e a sua capilaridade é nula. As placas são muito resistentes à difusão do vapor de água e não são afectadas por ciclos repetidos de gelo-degelo. São combustíveis e ardem rapidamente se expostas a fogo intenso, sofrendo alterações dimensionais irreversíveis quando expostas a altas temperaturas por longo período de tempo. A temperatura máxima de trabalho, em serviço permanente, é de 75°C, sendo o valor mínimo de -50°C.

Não é um material propício ao aparecimento de bolor e quaisquer outras eflorescências e não tem qualquer valor nutritivo para roedores ou insectos. Não são afectadas por chuva, neve ou gelo. A sujidade acumulada é facilmente lavável mas, no entanto, as placas devem ser protegidas da radiação solar directa.

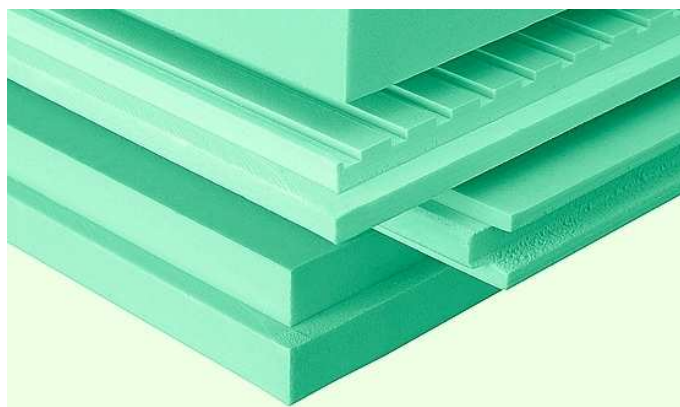


Fig. 3.7 – Exemplo de placas do isolante XPS [33]

Quando aplicadas nas condições desejadas, a vida útil destas placas é estimada num período de tempo que ronda os 15 anos.

Relativamente ao seu impacto ambiental, hoje em dia, a maioria das marcas que concebem este material, produzem-no sem gases do tipo CFC's - clorofluorcarbonetos halogenados e que satisfazem a Directiva Europeia EC/3093/94, de 15 de Dezembro de 1994.

Como tal, pode concluir-se que este tipo de isolante apresenta características bastante satisfatórias, promovendo assim o aumento de conforto no interior do edifício. No entanto, é de salientar que a colocação deste pelo exterior, oferece melhores condições térmicas do que quando colocado pelo interior. Claro está que, em obras de reabilitação deste tipo, nas paredes de granito existentes, seria bastante mais trabalhoso e dispendioso efectuar a colocação do isolante pelo exterior sendo portanto inviável proceder a esse método de isolamento. O facto desse tipo de solução pôr em causa a preservação da imagem original exterior representa também um impeditivo para a aplicação da mesma.

3.1.2.3. Lã-de-rocha

Quanto ao isolante Lã-de-rocha, que será aplicado na Casa 9 e na Casa 24, este provém de fibras minerais de rochas vulcânicas, entre elas o basalto e o calcário, ou seja, provém de lã-de-rocha. Devido às suas características tanto térmicas como acústicas, este material atende aos mercados da construção civil, industrial entre outros.

Não provoca alergias, não” apodrece”, permite a passagem do ar, recupera a espessura original após retirada a força que a deformou, e tem durabilidade que pode ser considerada bastante significativa relativamente ao período de tempo da vida útil do edifício.

A manta de lã-de-rocha é um material de isolamento térmico flexível, leve e de muito fácil instalação, uma vez que basta estender os rolos sobre a superfície horizontal a isolar. Rolos contínuos podem ser cortados à mão e podem apresentar-se com uma barreira pára-vapor já incluída na face inferior. Há no entanto que ter o cuidado de ao instalar este tipo de isolamentos, efectuar um isolamento contínuo, uma vez que basta uma pequena área não estar devidamente isolada para poderem surgir patologias associadas a um deficiente isolamento térmico. Há também de ter o cuidado de não colocar qualquer tipo de revestimento sobre as mantas que possam comprimi-las, uma vez que isso prejudica largamente a performance deste tipo de isolamentos.



Fig. 3.8 – Exemplo de placas do isolante lã-de-rocha [34]

Resumindo, a lã-de-rocha apresenta as seguintes características: é um bom isolante térmico e acústico; é incombustível; apresenta uma estrutura estável, imputrescível, antiparasitas, não corrosiva e não é atacada por sais nem por ácidos; não nocivo à saúde: o seu manuseamento e aplicação deverão ser feitos com vestuário e luvas adequadas; não resultam substâncias poluentes das matérias-primas nem dos produtos acabados.

Verifica-se portanto, que apesar de não ser tão utilizado como o XPS, este isolante também apresenta características térmicas bastante favoráveis ao objectivo da reabilitação, com a vantagem de que também proporciona um bom isolamento acústico. No caso dos edifícios nos quais se vai utilizar este tipo de isolamento serem destinados a unidades hoteleiras, o facto de ser um bom isolante acústico torna-o uma boa opção visto que mantém a privacidade entre os diversos quartos, sendo aliás essa a principal razão da sua escolha.

3.1.2.4. PUR (espuma rígida de poliuretano)

O Poliuretano pertence à classe dos polímeros. A sua matéria-prima é o petróleo. Obtém-se o poliuretano a partir do diisocianato de parafileno e do etilnoglicol.

Este material pode ser aplicado de duas formas distintas: projectado ou injectado. O facto de ser um material leve aliado a outras características tais como, uma baixa condutibilidade térmica, uma boa estabilidade dimensional, uma excelente aderência à grande maioria dos materiais de construção civil, uma reduzida permeabilidade ao vapor de água e uma boa resistência aos produtos químicos, torna-o um material isolante bastante atractivo para aplicação na construção civil. Visto que a espuma de poliuretano possui boas características de aderência aos diversos tipos de materiais de construção, esta pode ser aplicada em qualquer superfície tanto horizontal, vertical ou inclinada. O facto de ser projectada possibilita assim a redução substancial de pontes térmicas. É um material de fácil aplicação e trabalhabilidade.

As propriedades do poliuretano tendem a “deteriorar-se” na presença de altas temperaturas e como tal, é desaconselhável permitir a exposição solar ao dito material. Outra limitação é que, em regra, todos os poliuretanos estão sujeitos à hidrólise na presença de humidade a temperaturas elevadas. Esta combinação faz com que as suas propriedades decresçam. No entanto, a baixas temperaturas, a maioria dos poliuretanos podem trabalhar por anos com a presença de humidade. Em qualquer uma das situações, a durabilidade do material é afectada.

No entanto, no caso a estudar, o PUR não é aplicado “in situ”. Isto verifica-se devido ao facto de que este material isolante é um dos constituintes do dito painel sandwich e, como tal, o painel já vem produzido de fábrica sendo somente necessário aplica-lo no local destinado.

Não é possível datar um preciso período de vida útil do material isolante mas está provado que este quando exposto á luz solar vê a sua durabilidade reduzida significativamente. De forma lógica, a presença de outros agentes nocivos também diminui a durabilidade do material. O facto de neste caso a espuma de poliuretano estar inserida no painel sandwich faz com que este esteja mais “salvaguardado” tornando assim, teoricamente, o seu período de vida útil mais elevado.



Fig. 3.9 – Exemplo de painel sandwich com revestimento a chapa metálica e PUR como material isolante [35]

3.1.2.5. Isolante reflector - revestimento de baixa emissividade

O isolante com revestimento de baixa emissividade consiste numa solução de isolamento termolaminado com alumínio 12 microns em ambas as faces e com uma bolha de ar entre as faces à base de polietileno. É portanto, um isolamento não-homogéneo. Apesar da espessura deste isolante ser reduzida (varia apenas entre 5, 10 e 20mm), este confere um alto poder reflectivo (95%), apresentando também boas propriedades mecânicas e boas prestações térmicas (condutibilidade térmica relativamente reduzida).

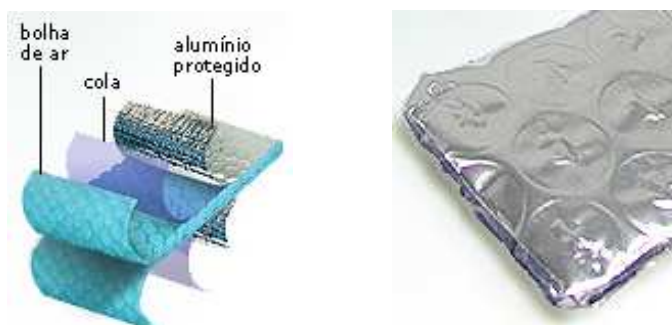


Fig. 3.10 e 3.11 – Exemplo do Isolante reflector [36] e [37]

No que respeita à ocorrência de humidades e condensações, apresenta também um bom desempenho. Este tipo de isolamento reflectivo, baseia-se na reflexão da radiação térmica incidente numa superfície através do uso de superfícies altamente reflectivas (alumínio) e que possuem baixa emissividade. É um produto de fácil aplicação, flexível e leve. Quanto ao período de vida útil deste material, é ainda difícil de estimar visto que se trata de um material recente e, como tal, ainda não existem estudos e dados suficientes que possam atestar com garantias a sua elevada ou reduzida durabilidade. A sua composição não apresenta perigos à saúde pública, ou seja, é um produto não nocivo. O facto de possibilitar uma continuidade na aplicação proporciona assim uma redução de pontes térmicas. Esse aspecto verifica-se devido à flexibilidade que este apresenta.

No edifício em que este isolante será utilizado, a Casa Torreada de Barbosa Aranha, este será aplicado nas ligações parede exterior-viga-parede exterior. Será também aplicado em algumas ombreiras.

O objectivo do projectista seria reduzir ao máximo as pontes térmicas nas ligações, e também ganhar espaço diminuindo a espessura da parede, visto que o isolante possui espessura reduzida. No entanto, os benefícios deste tipo de isolamento apenas podem ser efectivos se a esses estiver associada uma caixa-de-ar.

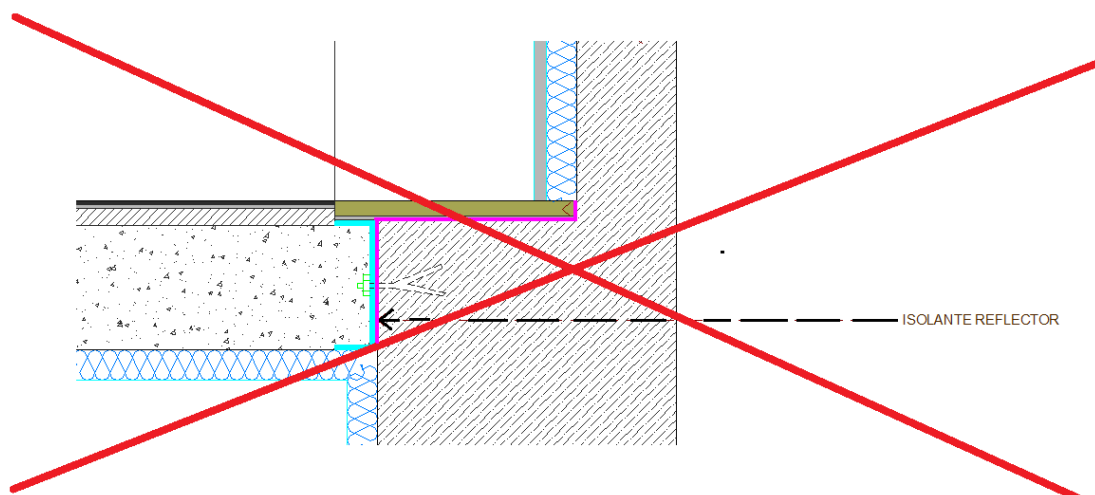


Fig. 3.12 – Pormenor de aplicação do Isolante reflector preconizada pelo projecto

Na figura a cima, pode observar-se um dos locais de aplicação deste material e, como se pode verificar, não existe qualquer caixa-de-ar pela face interior ou exterior do isolante. Pode concluir-se que neste local, a utilização deste isolante não é a ideal, e ficará a funcionar como um isolante tradicional de baixa resistência térmica, dada a sua pequena espessura.

3.1.3. IMPERMEABILIZAÇÃO

3.1.3.1. Emulsão betuminosa

Em todos os imóveis analisados, existe a necessidade de os reforçar estruturalmente em determinadas zonas devido ao seu avançado estado de degradação, isto é, existe a necessidade de construir algumas sapatas e pilares tal como estão propostos nos projectos de estabilidade respectivamente de cada edifício, de forma a oferecer mais estabilidade à construção antiga (essencialmente às alvenarias de granito), mas também a suportar todas as sobrecargas aplicadas pelo conjunto das soluções de reabilitação. Como tal, de forma a garantir a impermeabilização das estruturas para que a segurança das suas armaduras esteja garantida, foi aplicada uma camada de emulsão betuminosa sobre todas as estruturas que ficam em contacto directo com o solo.

Essa impermeabilização foi feita não só ao nível das fundações, mas também na parte exterior das alvenarias no piso 2 do Hotel n.º9 e Hotel n.º24, visto que como o isolamento é feito pelo exterior e o revestimento exterior é em chapa metálica, é essencial garantir a impermeabilização dessas mesmas paredes exteriores. É portanto uma medida preventiva, que evita futuros problemas associados a humidades. Sobre a estrutura de suporte e camada de forma das coberturas horizontais, também é aplicada esta impermeabilização.

Quanto à emulsão betuminosa propriamente dita é uma pasta constituída por betumes seleccionados (asfálticos ou alcatrão) emulsionados em água. Devido à sua viscosidade tixotrópica, permite uma

fácil e correcta impermeabilização de superfícies verticais e inclinadas. Esta deve ser aplicada à temperatura ambiente sobre uma superfície limpa e o mais regular possível.

3.1.4. REVESTIMENTOS EXTERIORES UTILIZADOS E LOCAIS DA SUA APLICAÇÃO

3.1.4.1. Descrição introdutória

O Hotel n.º9 vai ser revestido exteriormente por distintos materiais. Nas paredes dos dois pisos inferiores o revestimento é o reboco tradicional e as cantarias existentes. No piso 0 e 1, na zona posterior do edifício e na zona do elevador, o revestimento das paredes exteriores é chapa de zinco ondulada. A fachada orientada a oeste, confrontante com a parede do edifício vizinho está revestida a chapa metálica. Quanto às coberturas, plana e inclinada, o seu revestimento será em chapa lisa de alumínio e em telha cerâmica à portuguesa, respectivamente. Os vãos do edifício são maioritariamente de madeira com vidro duplo e caixa-de-ar. No piso R/C, na zona da cozinha e do átrio de acesso às instalações sanitárias de serviço, as caixilharias dos vãos envidraçados são em alumínio.

O Hotel n.º24 vai ser revestido exteriormente de forma semelhante ao edifício anterior. Nas paredes dos dois pisos inferiores, nas fachadas orientadas a Sul e Oeste, o revestimento é o reboco tradicional e as cantarias existentes. Relativamente ao piso superior, nas fachadas Sul e Oeste, o revestimento das paredes exteriores também será em chapa de zinco tipo “camarinha”. Quanto à fachada orientada a Este, esta é confrontante com a parede do edifício vizinho, e a fachada orientada a Norte é toda ela em envidraçado com caixilharia de alumínio e vidro duplo interior laminado com caixa-de-ar. A cobertura, inclinada com 4 águas, será revestida igualmente em telha cerâmica à portuguesa. Excepto na fachada posterior, todos os vãos são de madeira e vidro duplo com caixa-de-ar.

Também a Casa Torreada vai ser revestida exteriormente com reboco tradicional e as cantarias existentes serão para manter. No entanto, na torre vai manter-se o aspecto original sem qualquer tipo de reboco, ou seja, vai manter-se toda a torre em granito refazendo unicamente as juntas de ligação das alvenarias de granito. Quanto às coberturas, plana e inclinada (zona da torre e parte do edifício adjacente), o seu revestimento será em chapa lisa de alumínio e em telha cerâmica à portuguesa, respectivamente. Todos os vãos serão em madeira com vidro duplo e caixa-de-ar, excepto as clarabóias que serão em alumínio.

3.1.4.2. Reboco tradicional

O reboco tradicional é formado basicamente por cal e areia, às quais, se podem adicionar outras matérias, como o cimento e adjuvantes dependendo do fim a que se destina. Os rebocos exteriores são constituídos por três ou mais camadas - salpisco ou crespido, camada de base (uma ou duas camadas) e camada de acabamento.

A aplicação deste material é feita de modo a regularizar paredes exteriores para que fiquem prontas a receber o devido acabamento. Por isso, deve conter areias mais finas e a cal deve ser hidratada (hidróxido de cálcio), também denominada de cal apagada, que resulta da reacção entre a cal viva e a água. Esta é uma cal extremamente fina e leve e ao ser misturada com água funciona como verdadeiro lubrificante, reduzindo o atrito entre os grãos de areia.

Assim consegue-se um melhor rendimento de mão-de-obra e também uma boa aderência. Possui uma resistência à compressão moderada e boa aderência. Por ser um produto alcalino, a cal hidratada impede a oxidação nas ferragens actuando como agente bactericida e fungicida. Além disso, evita que

se formem manchas e apodrecimento precoce dos revestimentos e proporciona economia pois permite acabamentos mais lisos.

Não se pode deixar de frisar a notável durabilidade que a cal hidratada confere às construções. Rebocos à base de cal hidratada podem atingir uma durabilidade de dezenas de anos. De entre as suas propriedades positivas e negativas, destacam-se a maior trabalhabilidade, maior deformação na rotura, maior porosidade e menor susceptibilidade à fendilhação.

3.1.4.3. Chapa de Zinco

As chapas de zinco serão utilizadas no revestimento de fachadas e coberturas. Este material apresenta boas características tais como: é durável, resistente, de baixo peso específico, de fácil limpeza e manutenção, versátil, prático e funcional.

Pode concluir-se então que se trata de um bom revestimento exterior. No entanto, o seu aspecto estético é algo a ter em conta, visto que quanto maior a sua área de aplicação, maior é o impacto visual causado pela chapa. Relativamente à sua durabilidade, quando providas do tratamento adequado (entre outros, uma pintura impermeabilizante), possuem um período de vida útil duradouro. É novamente necessário relembrar que a durabilidade deste tipo de material é sempre bastante dependente dos tratamentos e manutenção à qual está sujeito.



Fig. 3.13 – Exemplo de chapa de zinco

3.1.4.4. Granito

O granito é uma rocha ígnea de grão grosseiro, composta essencialmente por quartzo e feldspatos alcalinos, tendo como minerais acessórios frequentes biotite, moscovite ou anfíbolos. O granito é frequentemente utilizado na construção civil mas também como rocha ornamental ou decorativa.

Nos distintos edifícios em estudo, o granito é utilizado para diferentes finalidades: alvenarias de suporte, ombreiras, soleiras, padieiras, peitoris, varandas e também lajeado de pavimento. Na Casa Torreada Barbosa Aranha, existe até um brasão de granito inserido na fachada.

Este material apresenta um período de vida útil extremamente satisfatório, independentemente das distintas aplicações e como prova, temos a excelente conservação da torre do edifício anteriormente referido que é datada da primeira metade do século XVII. É um material com grande resistência mecânica (elevada resistência à compressão), possui baixa absorção acústica e elevada resistência à propagação do fogo. É portanto, um bom material de estrutura de suporte e é também um bom revestimento de pavimentos. No entanto, é um mau isolante térmico. O granito dá uma sensação de ambiente frio e possui uma baixa sensibilidade à variação de temperatura. Apresenta um bom

comportamento à variação de humidade. Quanto ao desgaste e ao punçoamento, possui uma óptima resistência e não apresenta deformações por atrito.

O pavimento de granito, quando este está exposto à humidade, tem tendência a provocar acidentes por escorregamento. Quando há queda de objectos pontiagudos ou pesados sobre este material, podem verificar-se quebras no mesmo.



Fig. 3.14 e 3.15 – Exemplos de cantaria de granito - Torre em granito da C.B.A. e o seu brasão

3.1.4.5. Telha cerâmica

O revestimento das coberturas com telhas cerâmicas é por assim dizer, um elemento tradicional da paisagem portuguesa. No geral os materiais cerâmicos possuem uma elevada resistência mecânica, resistência ao desgaste, e muito importante ainda, resistência a grandes amplitudes térmicas. Esta última característica é especialmente relevante, visto que se tratando de uma cobertura, está constantemente exposta a grandes amplitudes térmicas, mais do que qualquer fachada. O facto de estas apresentarem uma humidade de equilíbrio muito favorável, qualifica-as como elementos de conforto na habitação.

Apresenta também facilidade de limpeza e manutenção, resistência a agentes químicos e resistência ao fogo. É importante que esta possua um baixo valor de permeância à água. A telha cerâmica pode ter uma durabilidade significativa, no entanto, esta depende das suas características específicas, tais como a sua porosidade, a maior ou menor exposição a condições atmosféricas, entre outras. É por isso difícil dizer com precisão um valor para o período de vida útil do material.

A inclinação da cobertura é um factor preponderante no desempenho de uma cobertura e, como tal, qualquer cobertura de telha cerâmica deverá ter um valor de inclinação mínimo. Por convenção, a cobertura deverá possuir uma pendente superior a 8%, que corresponde a aproximadamente 4,5°. Todos os edifícios analisados possuem cobertura inclinada com uma pendente superior a 8%, como tal, à posteriori não se verificarão problemas associados ao escoamento das águas.

É de ter em conta, que muitas das anomalias detectadas em coberturas inclinadas de edifícios, revelam-se provenientes de soluções desajustadas, de aplicação deficiente e escolhas erradas de materiais acessórios. Como tal, é extremamente necessário levar bastante em conta todos esses

aspectos sem excepção, visto que é das coberturas que resulta a maior parte das patologias associadas à humidade e, quando um ou mais do que um desses aspectos não é levado em consideração, aumenta a probabilidade de futuramente se verificar esse tipo de patologias.



Fig. 3.16 e 3.17 – Exemplos de telha cerâmica lusa [38] e [39]

3.1.5. REVESTIMENTOS INTERIORES UTILIZADOS E LOCAIS DA SUA APLICAÇÃO

3.1.5.1. DESCRIÇÃO INTRODUTÓRIA

O Hotel n.º9 vai ser revestido interiormente (pavimento, paredes e tecto) por distintos materiais: reboco interior, placas de gesso cartonado, placas de gesso cartonado hidrófugo, placas de MDF de cor clara, mosaicos cerâmicos, lajeado de granito e madeira de pinho. Para os pavimentos, está previsto o lajeado de granito para a zona de entrada e recepção, soalho de madeira de pinho para a zona de acesso aos quartos e para estes, e revestimento cerâmico para a cozinha e todas as instalações sanitárias. Quanto às paredes, está previsto que as placas de MDF de cor escura sejam o revestimento predominante. No entanto, nas instalações sanitárias está previsto o revestimento a cerâmico tal como nos pavimentos. Algumas paredes existentes são ainda rebocadas e pintadas de cor branca. Para o revestimento dos tectos do piso R/C e piso 1 está previsto o uso de gesso cartonado em tecto falso, à excepção da cozinha e das instalações sanitárias que são todas revestidas a gesso hidrófugo. Para o piso 2, está previsto um tecto falso em MDF de cor escura.

Também o Hotel n.º24 vai ser revestido interiormente (pavimento, paredes e tecto) por diversos materiais: reboco interior, placas de gesso cartonado, placas de gesso cartonado hidrófugo, mosaicos cerâmicos, betão, lajeado de granito e madeira de pinho de riga nova. Para os pavimentos, está previsto o lajeado de granito para a recepção e para o espaço comercial, betão à vista em toda a zona de escadas, soalho de madeira de pinho para os quartos, e cerâmico para todas as instalações sanitárias. Relativamente às paredes, está previsto que a madeira de pinho seja o revestimento utilizado praticamente na totalidade do edifício, à excepção das instalações sanitárias nas quais o revestimento é cerâmico. Algumas paredes da zona das escadas serão apenas rebocadas e pintadas de cor branca, não possuindo qualquer outro tipo de revestimento. Para o revestimento dos tectos prevê-

se a utilização de gesso cartonado em tecto falso no espaço comercial e nos economatos. Todas as instalações sanitárias possuem tecto falso de gesso cartonado hidrófugo. Todo o restante revestimento de tectos é feito com painéis de madeira de pinho.

A casa torreada, como todos os outros imóveis, será revestida interiormente por variados materiais: granito à vista, placas de gesso cartonado, placas de gesso cartonado hidrófugo, mosaicos cerâmicos, lajeado de granito, vinílico e madeira de pinho. Para os pavimentos, está previsto lajeado de granito para a todo o piso R/C. No piso 1 e 2, na zona da torre e das escadas, o pavimento é todo em soalho de madeira de pinho. O revestimento previsto para o restante edifício é o vinílico, com excepção às instalações sanitárias. Todas as instalações sanitárias são revestidas com mosaico cerâmico. Para as paredes, está previsto que o gesso cartonado seja o revestimento utilizado predominantemente. Apenas as instalações sanitárias têm previsto revestimento cerâmico, e na zona da torre será para manter a alvenaria em granito à vista. Para o revestimento dos tectos prevê-se a utilização de madeira de pinho na torre, gesso hidrófugo nas instalações sanitárias e gesso cartonado no restante edifício.

3.1.5.2. Madeira de pinho de Riga Nova

As madeiras constituem um tipo de material complexo com características muito diferentes dos outros materiais de construção. A origem destas diferenças reside sobretudo na sua estrutura fibrosa heterogénea e anisotrópica (há que considerar três direcções – transversal, tangencial e radial – nas quais a madeira apresenta um comportamento distinto em relação a varias propriedades). A madeira é formada por células elementares formadas por celulose, cheias de uma matéria incrustante variável com as espécies. Na madeira existe uma direcção paralela às fibras, privilegiada para resistir a esforços mecânicos.



Fig. 3.18 – Exemplo de revestimento em madeira [40]

Estas podem ser utilizadas como revestimento de paredes, tectos e pavimentos. De uma forma geral, são de fácil aplicação. É um material que possui boas capacidades de isolamento térmico. Além disso, é também um óptimo regulador natural de humidade e temperatura, e serve como elemento filtrante do ar. No entanto, o revestimento em madeira é um mau isolante acústico e de fácil propagação do fogo.

É um material que apresenta um período de vida útil elevado, normalmente com uma durabilidade acima dos 10 anos. No entanto, a sua durabilidade também varia em função da sua localização, isto é, um soalho de madeira de pinho apresenta sempre um período de vida um pouco inferior aos

revestimentos de paredes e tectos com o mesmo material visto que o pavimento é sempre sujeito a maiores esforços e desgaste.

No entanto, há vários tipos de madeira para estes fins, o que tem também a ver com a opção estética. Neste caso, a madeira usada para todos os locais de aplicação é a de pinho, visto este ser uma espécie abundante na região na qual se inserem estes edifícios, para além de ser um tipo de madeira usualmente utilizada em edifícios antigos. Numa obra de reabilitação tenta-se ao máximo manter o aspecto original dos edifícios, e com tal, o uso deste tipo de madeira acaba por ser justificado, pois possui boas características, tanto mecânicas como térmicas, e também de durabilidade (em comparação com outras).

Depois da colocação deste material é ainda aplicada uma película impermeabilizante (tinta ou verniz) de modo a conferir ao material ainda melhores condições estéticas e funcionais, tais como brilho, aderência, estabilidade dimensional, entre outros.



Fig. 3.19 – Exemplo soalho de pinho [41]

Nos pavimentos a espessura do soalho é suficiente para que, quando haja necessidade (no caso em que o pavimento apresente desgaste e/ou zonas danificadas), seja possível efectuar uma ou mais decapagens de modo a recuperar o aspecto inicial.

Há sempre que ter em atenção que a aplicação deste material implica obrigatoriamente a inclusão de juntas ou folgas de forma a possibilitar que a madeira dilate ou retraia, consoante as variações de temperatura e humidade, não danificando assim o revestimento. Deve também existir uma boa ventilação nos locais de aplicação. Quando exposto a humidades, pode criar desconforto visual, e no caso específico dos pavimentos, pode proporcionar a ocorrência de situações de risco e acidentes.

É de salientar também, que quando aplicado nas condições desejadas, é um material de fácil limpeza, o que no caso dos pavimentos é sempre uma característica de grande importância, e ainda mais importante se torna nestes casos específicos por serem edifícios de acesso público. Quando isso não se verifica, há a possibilidade de o revestimento ser atacado por fungos, bactérias ou insectos levando à ocorrência de uma rápida deterioração deste.

3.1.5.3. Gesso Cartonado

Este material é fabricado essencialmente a partir de gesso, água e alguns aditivos. De entre outras características, destacam-se a dureza superficial que este material possui como revestimento, a higroscopicidade (capacidade do material em absorver humidade, retirando-a do ambiente quando em excesso e devolvendo-a quando o ar é seco) e a sua textura homogénea e uniforme. Não é inflamável, é resistente e estável e é de fácil aplicação.

Admite ainda e facilita até a colocação de qualquer tipo de isolamento térmico ou acústico, entre placas. A placa de gesso cartonado não é mais do que pedra de gesso condicionada de forma industrialmente utilizável. O seu núcleo de gesso e o cartão que a reveste em ambas as faces, conferem-lhe as boas qualidades da pedra e da madeira. Como a pedra, é resistente a fogo, a impactos não muito fortes, imune ao ataque de fungos ou insectos, de absoluta estabilidade (não contrai nem dilata) e bom isolante termo-acústico. Como a madeira, é flexível, fácil de cortar, perfurar, pregar e aparafusar. Este produto é um bom protector contra o fogo visto que, sob a acção deste, a água que contém é libertada em forma de vapor.



Fig. 3.20 – Exemplo de parede interior de gesso cartonado (revestimento e respectivo material de suporte) [42]

Por outro lado, o cartão que reveste as placas confere-lhes uma superfície idêntica à massa corrida e aceita bem qualquer tipo de pintura. Outra vantagem do cartão é a facilidade de colagem de materiais como: vinil, cerâmica, madeira ou papel de parede. Além da aplicação em revestimentos e forros de paredes ou tectos, que é o que se verifica nos edifícios em estudo, a placa de gesso cartonado tem outras aplicações tais como paredes divisórias e pré-fabricados.

3.1.5.4. Gesso cartonado hidrófugo

Este material tem um fabrico semelhante ao do gesso cartonado dito “normal”. No entanto é melhorado, como o próprio nome indica, levando um tratamento hidrófugo da sua essência. Este tratamento reforça a resistência à acção directa da água. Como tal, este tipo de placas de gesso deve ser aplicado em tectos de locais onde haja produção elevada de vapor de água. É, portanto, vantajosa a utilização deste revestimento em tectos de cozinhas, vestiários, zonas de acesso público, instalações sanitárias, entre outras.

Nos edifícios em estudo, como já foi referido anteriormente, está prevista a colocação de tecto falso em placas de gesso cartonado hidrófugo em todas as instalações sanitárias dos edifícios identificados, e na cozinha da Casa nº9.

3.1.5.5. Pavimento Vinílico

O vinil é feito de resina de PVC. Este produto é vendido em mantas, réguas ou placas semiflexíveis nas mais variadas cores e desenhos. É um material macio, resistente à abrasão e ao impacto e reduz a reverberação do som. É de fácil instalação e manutenção. Apesar do custo inicial ser relativamente elevado, o piso vinílico tem atributos importantes que compensam o investimento. É uma opção economicamente atraente visto que, apesar de dispendioso na aquisição, tem baixos custos de manutenção e proporciona condições de conforto atraentes, melhorando as condições de factores como frio, dureza, ruído e segurança (escorregamento).

A vida útil do piso vinílico está relacionada com a qualidade da aplicação do produto, a qualidade da estrutura de suporte e os cuidados de conservação e limpeza. No entanto, é possível que o seu período de vida útil seja satisfatório, podendo ter uma durabilidade de uma a três dezenas de anos.



Fig. 3.21 – Exemplo de pavimento vinílico [43]

3.1.5.6. Mosaico Cerâmico

Os materiais cerâmicos são produzidos a partir da argila. No geral estes materiais podem ser acabados de forma a possuírem uma elevada resistência mecânica, ao desgaste e a grandes amplitudes térmicas, facilidade de limpeza e manutenção, resistência a agentes químicos e ao fogo. Os revestimentos cerâmicos são obtidos pela fixação ao suporte, de azulejos ou ladrilhos cerâmicos.

Nos edifícios em estudo, tal como foi referido anteriormente, o revestimento cerâmico é utilizado no pavimento e paredes interiores da cozinha e das instalações sanitárias.

A fixação (assentamento) dos elementos cerâmicos por colagem pode ser feita com argamassas tradicionais de ligantes minerais ou com produtos não tradicionais de colagem. É também corrente a utilização de uma argamassa para regularizar o suporte. Entre os elementos cerâmicos são definidas juntas que irão ser posteriormente preenchidas com argamassa especial para este efeito. Estas servem para dissipar as tensões que se instalem nos elementos cerâmicos, absorver as irregularidades dimensionais com que estes sejam produzidos, estabelecer uma ligação suplementar entre os

elementos e a argamassa de assentamento e ainda, dotar o revestimento da necessária permeabilidade ao vapor de água.

Por norma, um revestimento cerâmico atribui estanquidade e protecção contra a abrasão do suporte, aliado a um aspecto mais limpo e estético. Todos os materiais cerâmicos são cozidos a alta temperatura e, quanto mais alta for, mais densa será a estrutura e maior a sua resistência aos agentes químicos e físicos. Estes revestimentos são dos mais resistentes e seguros quando submetidos ao fogo, visto que a cerâmica não é combustível nem propaga o fogo, e a sua superfície não exala qualquer tipo de gás tóxico ou vapores durante a presença deste.

Relativamente à durabilidade, este material apresenta um período de vida útil bastante elevado, poucas vezes inferior a 5/10 anos.

Quanto ao revestimento de pavimentos, na presença de água ou outros produtos que afectem a sua capacidade de aderência, fica escorregadio dando assim origem a acidentes por escorregamento ou quedas.

É um material que proporciona uma sensação de ambiente frio.



Fig. 3.22 – Exemplo de casa de banho com revestimento cerâmico [44]

3.1.5.7. Painéis de MDF (medium density fiberboard)

O MDF é um painel de madeira reconstituída, assim como o MDP e o HDF. MDF é a sigla para Medium Density Fiberboard ou Pannel de Fibras de Média Densidade. As fibras de madeira são aglutinadas e compactadas entre si com resina sintética através da acção conjunta de pressão e calor em prensa contínua.

O MDF é um painel industrial homogéneo, com boa estabilidade dimensional e de superfície lisa. Pode dizer-se que é um material que tenta imitar a madeira no seu aspecto, mas melhorando as suas características, tais como: melhor capacidade de absorção de humidade e resistência ao fogo.

Devido à sua composição, fibras de média densidade, torna-se também mais fácil de manusear e trabalhar. É portanto um tipo de revestimento de fácil aplicação. Não liberta produtos tóxicos a quando da sua aplicação ou utilização.

Este material vai ser aplicado no revestimento interior de paredes e tectos do edifício Casa nº9.

Tal como nos materiais anteriormente referidos, a durabilidade do MDF depende da sua conservação, isto é, se é aplicado nas condições desejadas e se durante o período de tempo de utilização é realizada uma manutenção devida. Se assim for, as placas de fibras de média densidade provavelmente terão um período de vida útil superior a 20 anos. No entanto, se isso não se verificar, a sua vida útil poderá ser reduzida.



Fig. 3.23 – Exemplo de placa de parede de MDF [45]

3.1.6. ELEMENTOS DE ALVENARIA EXTERIOR UTILIZADOS E LOCAIS DA SUA APLICAÇÃO

3.1.6.1. Descrição introdutória

O Hotel n.º9 vai ter como elementos de alvenaria três materiais distintos: o granito, o tijolo cerâmico e o bloco térmico. Nos piso R/C e piso 1, todas as paredes originais em granito são para manter ou reconstruir. As restantes paredes dos referidos pisos serão construídas em tijolo cerâmico, de 20cm de espessura para paredes simples exteriores e 7cm para paredes duplas interiores. No piso 2, visto que a constituição original das paredes era o tabique e como tal, não apresentava quaisquer características de segurança ou conforto, as paredes serão todas demolidas e construídas de raiz. O elemento a utilizar nesta reconstrução será o bloco térmico, à excepção da zona de economato que será em tijolo cerâmico. A utilização desse material deve-se ao facto de assim ser possível poupar alguma área interior e proporcionar simultaneamente boas condições térmicas ao edifício.

O Hotel n.º24 vai ter como elementos de alvenaria dois materiais distintos: o granito e o tijolo cerâmico. À semelhança do edifício nº9, nos piso R/C e piso 1, todas as paredes originais em granito são para manter ou reconstruir. As paredes interiores serão construídas em tijolo cerâmico de 7cm de espessura. No piso 2, a sua constituição inicial era idêntica à da casa anterior, e portanto as paredes serão demolidas e todas construídas de raiz, utilizando neste caso, parede simples de tijolo cerâmico de 15cm de espessura.

A Casa Torreada é feita na íntegra por alvenarias exteriores de granito. Tanto as imponentes paredes da torre como as restantes alvenarias do edifício possuem uma espessura bastante considerável, nunca inferior a 70cm. Em determinadas zonas, essa espessura atinge mesmo um metro.

3.1.6.2. Tijolo Cerâmico

Estes tijolos são produzidos a partir da argila, mais conhecida como barro. A aplicação deste tipo de tijolo em alvenarias é muito frequente. Com ele, a obra ganha rapidez e economia. Por se apresentar em vários tamanhos, gera economia no tempo de execução no que diz respeito a assentamento, acelerando a construção das paredes. Outra vantagem é que, com este tipo de material, associado a um bom planeamento, pode minimizar a etapa de abertura de roços nas paredes, pois as instalações eléctricas e de águas podem ser embutidas durante a execução da alvenaria.

Além de ser relativamente resistente à compressão, por ser furado, concebe alvenarias leves. Gera resíduos em obra, que podem ser valorizados na fabricação de outros materiais.



Fig. 3.24 – Exemplos de tijolos cerâmicos furados

Por outro lado, as construções feitas com blocos cerâmicos estruturais não podem ser remodeladas, ou seja, as paredes serão completamente fixas e nunca amovíveis. Este, é sem dúvida, o material mais utilizado para a elaboração de paramentos em alvenaria, uma vez que combina um custo relativamente acessível com uma resposta satisfatória às exigências impostas pelo clima.

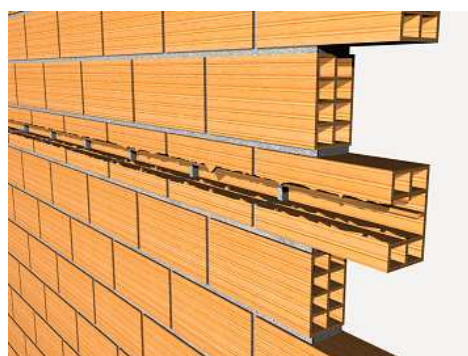


Fig. 3.25 – Exemplo de alvenaria de tijolos cerâmicos furados [46]

3.1.6.3. Bloco térmico - Tijolo cerâmico térmico

Estes tijolos são produzidos a partir da argila expandida. A argila expandida é um agregado leve de formato esférico. Os tijolos térmicos permitem a edificação com paredes exteriores de um só pano oferecendo boas prestações. Como consequência, a utilização de tijolos térmicos, simplifica o processo de execução de paredes de enchimento e resistentes. Além disso, a especial configuração do bloco garante uma colocação simples, de modo a que a construção seja rápida e eficiente.

As suas principais características são a leveza, resistência, inércia, estabilidade dimensional, incombustibilidade, além de melhores propriedades de isolamento térmico e acústico relativamente ao tijolo cerâmico comum. A configuração interna dos orifícios verticais e o sistema de juntas são responsáveis por conferir às paredes o bom isolamento térmico e acústico.



Fig. 3.26 – Exemplo de tijolo cerâmico térmico [48]

Mecanicamente consistente, durável e quimicamente estável, é um material prático, que pode ser armazenado sem dificuldade em qualquer obra, por um longo período de tempo.

3.1.6.4. Granito

Quanto ao granito, todas as suas características já foram anteriormente referidas, visto que este material é utilizado tanto como revestimento interior, como exterior e obviamente também como elemento de alvenaria.

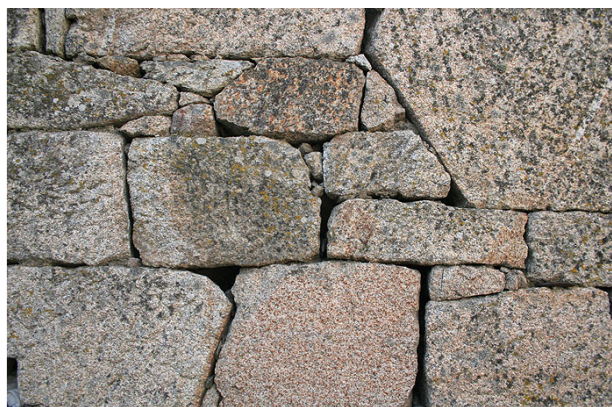


Fig. 3.27 – Exemplo de alvenaria de granito

3.2. ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO ISOLE DOS DIFERENTES TIPOS DE ISOLANTES PROPOSTOS PARA PAREDES, COBERTURAS E PAVIMENTOS

A certificação dos materiais de isolamento é importante para todos os intervenientes no acto de construir. Esta atesta a sua garantia de qualidade (criando uma distinção entre os materiais que satisfazem ou não determinados requisitos)

Providencia também o controle de utilização, ou seja, permite assegurar que o material utilizado satisfaz com rigor as exigências impostas no caderno de encargos.

Com esta classificação ISOLE, é possível fazer uma análise térmica, de segurança e funcionalidade dos isolantes utilizados em cada caso.

É de salientar que em Portugal, na actualidade ainda são raras as empresas produtoras dos diversos isolantes térmicos que possuem este tipo de certificação dos seus produtos. Generalizadamente, estas só possuem a certificação CE e a certificação do LNEC.

Como tal, devido à dificuldade em obter classificação dos materiais em causa, as classificações a utilizar são de produtos idênticos usados noutros países e que possuam a respectiva certificação. Nos casos em que não foi possível a obtenção da mesma, foi estimada uma certificação consoante as suas características.

Quadro 3.1 – Propriedades do certificado ACERMI – ISOLE

Propriedades	Identificação	Quantificação
Resistência térmica	R	(m ² .°C)/W
Compressibilidade	I	1 – 5
Estabilidade dimensional	S	1 – 4
Comportamento à água	O	1 – 3
Comportamento mecânico em coesão e flexão	L	1 – 4
Permeabilidade ao vapor de água	E	1 – 5

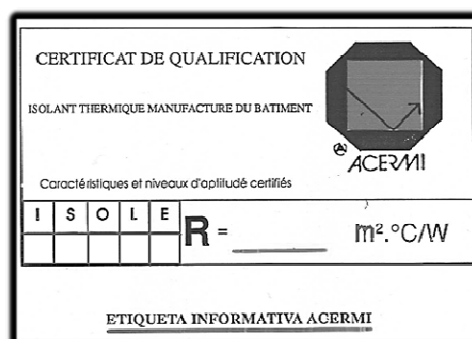


Fig. 3.28 – Etiqueta informativa ACERMI

O seguinte quadro traduz a análise de cumprimento dos níveis mínimos de aptidão [3] de utilização de isolantes nas paredes, coberturas e pavimentos térreos dos três edifícios analisados e, como tal, pode observar-se que nem em todas as situações se verifica esse cumprimento.

Quadro 3.2 – Verificação do cumprimento dos níveis mínimos de aptidão de utilização dos isolantes nas paredes, coberturas e pavimentos dos imóveis analisados

Edifício	Solução	Tipo de isolante	Níveis mínimos de aptidão	Classificação ISOLE do isolante	Verifica?
Hotel nº9	Parede simples com isolante interior - complexo pré-fabricado	XPS (em placas) - 6cm	1 - 2 - 2 - 3 - 2	5 - 1 - 3 - 4 - 3	Não
	Parede simples com isolante exterior - revestimento independente descontinuo	XPS (em placas) - 8cm	1 - 1 - 2 - 2 - 1	5 - 1 - 3 - 4 - 3	Sim
	Cobertura inclinada com isolante nas vertentes - isolante interior contínuo associado à estrutura descontinua	Lã-de-rocha - 6cm	1 - 1 - 1 - 1 - 1	-	-
	Cobertura inclinada com isolante nas vertentes - isolante exterior sobre a laje inclinada	XPS (em placas) - 8cm	3 - 1 - 2 - 2 - 1	5 - 1 - 3 - 4 - 3	Sim
	Cobertura metálica - isolante sob revestimento metálico	XPS (em placas) - 8cm	1 - 1 - 1 - 1 - 3	5 - 1 - 3 - 4 - 3	Sim
	Pavimento térreo - isolante sobre a laje armada	XPS (em placas) - 4cm	3 - 1 - 2 - 2 - 1	5 - 1 - 3 - 4 - 3	Sim
Edifício	Solução	Tipo de isolante	Níveis mínimos de aptidão	Classificação ISOLE do isolante	Verifica?
Hotel nº24	Parede simples com isolante interior - complexo pré-fabricado	XPS (em placas) - 6cm	1 - 2 - 2 - 3 - 2	5 - 1 - 3 - 4 - 3	Não
	Parede simples com isolante exterior - revestimento independente descontinuo	PUR (Espuma rígida de poliuretano) - 6cm	1 - 1 - 2 - 2 - 1	5 - 1 - 2 - 2 - 4	Sim
	Cobertura inclinada com desvão com acessibilidade limitada - isolante sobre a laje horizontal de betão armado com protecção contínua	XPS (em placas) - 6cm	3 - 1 - 2 - 2 - 3	5 - 1 - 3 - 4 - 3	Sim
	Cobertura inclinada com isolante nas vertentes - isolante exterior sobre a laje inclinada	XPS (em placas) - 6cm	3 - 1 - 2 - 2 - 1	5 - 1 - 3 - 4 - 3	Sim
	Pavimento térreo - isolante sobre a laje armada	XPS (em placas) - 4cm	3 - 1 - 2 - 2 - 1	5 - 1 - 3 - 4 - 3	Sim
Edifício	Solução	Tipo de isolante	Níveis mínimos de aptidão	Classificação ISOLE do isolante	Verifica?
C.B.A.	Parede simples com isolante interior - complexo pré-fabricado	Isolante reflector - 1cm	1 - 2 - 2 - 3 - 2	.*	-
	Parede simples com isolante interior - complexo pré-fabricado	XPS (em placas) - 6cm	1 - 2 - 2 - 3 - 2	5 - 1 - 3 - 4 - 3	Não
	Cobertura inclinada com isolante nas vertentes - isolante interior contínuo associado à estrutura descontinua	XPS (em placas) - 5cm	1 - 1 - 1 - 1 - 1	5 - 1 - 3 - 4 - 3	Sim
	Cobertura inclinada com isolante nas vertentes - isolante exterior sobre a laje inclinada	XPS (em placas) - 10cm	3 - 1 - 2 - 2 - 1	5 - 1 - 3 - 4 - 4	Sim
	Cobertura metálica - isolante sob revestimento metálico	XPS (em placas) - 6cm	1 - 1 - 1 - 1 - 3	5 - 1 - 3 - 4 - 3	Sim
	Pavimento térreo - isolante sobre a laje armada	XPS (em placas) - 4cm	3 - 1 - 2 - 2 - 1	5 - 1 - 3 - 4 - 3	Sim

Para as paredes simples com isolante interior – complexo pré-fabricado, o nível mínimo de estabilidade dimensional exigido é de S2 e o material aplicado nessas situações, o XPS, possui apenas nível S1. No entanto, já existem algumas empresas que fabricam este material com uma estabilidade dimensional superior à referida, ou seja, com classificação S2. Nesse caso, os mínimos exigidos já são cumpridos. Será então importante, tentar aplicar o material que cumpre as exigências.

É de igual importância, salientar o facto de que o isolamento reflector a utilizar não possui classificação ISOLE nem tão pouco homologação do LNEC. Como tal, as informações sobre este isolamento servem apenas como referência para o estudo comparativo das soluções.

Os níveis mínimos de aptidão estão exibidos na NIT 01- Metodologia para a definição exigencial de isolantes térmicos.

Além da boa resistência térmica que o material possui, pela observação do anterior quadro, pode concluir-se que o isolante aplicado maioritariamente, o XPS, independentemente da espessura possui características de compressibilidade, comportamento à água, comportamento mecânico em coesão e flexão, e à permeabilidade da água bastante satisfatórias e, como tal, pode considerar-se que é um isolante bastante adequado a aplicar nas soluções descritas.

O isolante lã-de-rocha proporciona também boas condições de isolamento, sendo este utilizado essencialmente em tectos falsos ou coberturas. É um isolante que serve também para o uso de isolamento acústico. Apesar de existirem certificações ACERMI do material isolante lã-de-rocha, estes não possuem classificação ISOLE. No entanto, visto que a classificação para a solução de aplicação do dito isolante é a menos exigente possível, ou seja 1-1-1-1-1, pode afirmar-se que o material corresponde às exigências.

Relativamente à espuma rígida de poliuretano, quando comparada ao XPS verifica-se que esta possui algumas características de nível inferior. No entanto, cumpre os requisitos mínimos para a solução na qual está proposta a sua aplicação. Será importante realçar o facto de que este material é um dos constituintes do dito “painel sandwich”, motivo que implica que as características proporcionadas por este material possam ter ainda os seus índices um pouco mais aperfeiçoados.

Visto que as empresas fabricantes dos produtos de isolamento a utilizar na reabilitação destes edifícios antigos não possuem o certificado ACERMI, foi necessária a utilização da classificação ISOLE referente a produtos de idêntica composição mas, de outras marcas. Como tal, os produtos de referência são os seguintes:

- XPS, Styrodur 3035 CN (BASF SE) com classificação 5-1-3-4-3;
- XPS, TOPOX TECH CT-T (VALLMOLL) com classificação 5-2-3-4-3;
- XPS, Polyfoam C-Ultragrip C (Knauf Insulation SPRL) com classificação 5-1-3-4-4;
- Espuma rígida de poliuretano, Knauf Thane 24 (Knauf) com classificação 5-1-2-2-4

3.3. ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO UPEC DOS DIFERENTES TIPOS DE REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS

3.3.1. CLASSIFICAÇÃO UPEC DE LOCAIS E DE REVESTIMENTOS DE PISO

A escolha do revestimento de pavimento varia em função do tipo de ocupação previsto para o local onde vai ser aplicado e deve, por conseguinte, respeitar algumas exigências tais como habitabilidade, conforto, segurança e durabilidade.

Relativamente às exigências dos revestimentos de pavimentos, quanto à habitabilidade é necessário ter em conta factores tais como a estanquidade, a salubridade, o conforto higrotérmico, acústico, visual, táctil, e o conforto na circulação. Na segurança, os factores a ter em consideração são a resistência mecânica, a resistência na circulação, a segurança contra risco de incêndios e de electrocução. A outra exigência a analisar, e de carácter bastante importante em qualquer obra de reabilitação, é a durabilidade dos revestimentos. Deve portanto ter-se em conta a durabilidade intrínseca e a durabilidade em função do uso dos materiais a utilizar.

Assim, tendo em conta a necessidade de garantir que estes revestimentos são aplicados em condições correctas e nos locais apropriados, definiu-se uma classificação - classificação UPEC - através da qual a definição do campo de aplicação de novos revestimentos de piso se faz atribuindo ao revestimento uma classificação que é função das suas características de durabilidade em função do uso. De modo idêntico, os locais são classificados segundo a severidade das condições de uso aí previstas.

A selecção dos revestimentos de piso para determinada utilização faz-se comparando a sua classificação com a do local onde se pretende essa aplicação.

Segundo a UPEC, a caracterização do local de aplicação ou de um revestimento é simbolizada pela associação das quatro letras afectadas de índices. Estes índices traduzem, no caso dos locais de aplicação, diferentes severidades de uso e, no caso dos revestimentos, diferentes níveis de resistência aos agentes de deteriorização.

A sigla UPEC significa:

- U, resistência ao uso (cobre os efeitos devido à circulação das pessoas, tratando-se de movimentos unidireccionais, de rotação, ou de calcamento em pé ou sentado)
- P, resistência ao punçoamento (cobre todos os outros efeitos mecânicos não contemplados na letra U)
- E, acção da água (caracteriza a frequência da presença de água no piso, tendo em conta as operações de limpeza do piso)
- C, acção dos produtos químicos e domésticos (caracteriza o emprego de substâncias cuja acção físico-química possa ter uma incidência sobre a durabilidade do revestimento, produzindo por exemplo, uma nódoa inapagável).

3.3.2. CLASSE U – RESISTÊNCIA AO USO

De acordo com a natureza e importância da circulação e para os diferentes tipos de utilização, as diferentes classes de severidade de uso são ordenadas da seguinte forma:

U1 – locais de utilização individual com circulação moderada;

U2 – locais de utilização individual com circulação normal;

U2s – locais de utilização individual com circulação intensa ou locais de utilização colectiva com circulação moderada;

U3 – locais de utilização colectiva com circulação normal;

U3s – locais de utilização colectiva intensa, onde se preveja que a limpeza do revestimento seja feita a seco;

U4 – locais de utilização colectiva com circulação intensa.

Há ainda um agravamento dos índices a atribuir aos diversos locais sempre que estes, situando-se no piso térreo, tenham comunicação directa com o exterior.

3.3.3. CLASSE P – RESISTÊNCIA AO PUNÇOAMENTO

Os índices a atribuir à letra P variam de 1 a 3:

P1 – locais submetidos aos efeitos de punçoamento resultantes da circulação pedestre, mas onde não se prevê a instalação corrente de mobiliário fixo e móvel habitual sem que se adoptem precauções particulares;

P2 – locais submetidos aos efeitos de punçoamento resultantes da circulação pedestre e onde se prevê a instalação corrente e sem precauções particulares de mobiliário fixo habitual, isto é, mobiliário com apoio normal transmitindo pressões a 2 MPa;

P3 – locais submetidos sem restrições aos efeitos de circulação pedestre e onde não existam limitações quanto à natureza do mobiliário fixo ou móvel e às condições da sua utilização, nomeadamente quanto à frequência de utilização, ocorrência de choques e precauções particulares por parte dos utentes.

3.3.4. CLASSE E – ACÇÃO DA ÁGUA

Os revestimentos dos pavimentos, quanto à acção da água, tomam as seguintes designações:

E0 – locais que não são húmidos e onde não se utiliza a via húmida para a sua limpeza;

E1 – locais que, não sendo compartimentos húmidos nem admitindo a limpeza diária por via húmida, permitam que a sua limpeza geral se faça por essa via;

E2 – locais onde o piso pode estar molhado em consequência da sua utilização normal, sem que contudo a água aí permaneça por muito tempo (várias horas), ou em que a limpeza diária se faça normalmente por simples humedificação e a limpeza geral por lavagem com água;

E3 – locais onde o piso possa estar permanentemente húmido, ou cujas limpezas diária e geral quase se confundem processando-se por lavagens com água abundante.

3.3.5. CLASSE C – ACÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS E DOMÉSTICOS

Os índices a atribuir à letra C variam de 0 a 3:

C0 – locais onde os produtos domésticos não são utilizados senão a título excepcional;

C1 – locais onde os produtos domésticos são manuseados ocasionalmente e onde a sua projecção sobre o psi é accidental;

C2 – locais onde os produtos referidos são correntemente utilizados e onde a sua projecção sobre o piso pode ser considerada como um risco corrente, pelo que as nódoas a que dêem origem devem poder ser eliminadas por lavagem com água, eventualmente adicionando sabão ou detergentes correntes. Como tal, obriga à aplicação de revestimentos classificados, pelo menos E2, os locais onde se manuseiem correntemente produtos especiais que deverão ser especificados caso a caso;

C3 – locais onde se manipulem produtos especiais que deverão ser especificados caso a caso.

3.3.6. ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO UPEC DOS DIFERENTES TIPOS DE PAVIMENTO

No quadro seguinte, apresenta-se um resumo dos tipos de revestimento de piso a analisar, e a avaliação do cumprimento ou incumprimento dos níveis mínimos de aptidão dos diferentes tipos de pavimento propostos para os edifícios a analisar.

Quadro 3.3 – Verificação do cumprimento dos níveis mínimos de aptidão de utilização de revestimentos de pavimentos nos respectivos locais de aplicação [28]

Edifício	Solução	Tipo de revestimento	Níveis mínimos de aptidão	Classificação UPEC do revestimento
Hotel nº9	Compartimentos principais (locais secos) - hall de entrada, recepção e átrios	lajeado de granito	U2sP2E1C0	U4P4E3C2
	Compartimentos principais (locais secos) - zona de circulação e quartos	madeira de pinho riga nova	U2sP2E1C0	-
	Compartimentos de serviço (locais húmidos) - instalações sanitárias	cerâmico	U2P2E2C0	U4P2E3C2
	Compartimentos de serviço (locais húmidos) - cozinha	cerâmico	U2sP2E2C2	U4P2E3C2
	Espaços exteriores ao edifício - pátios	lajeado de granito	U4P3E3C2	U4P4E3C2
Edifício	Solução	Tipo de revestimento	Níveis mínimos de aptidão	Classificação UPEC do revestimento
Hotel nº24	Compartimentos principais (locais secos) - hall de entrada e recepção	lajeado de granito	U2sP2E1C0	U4P4E3C2
	Compartimentos principais (locais secos) - quartos	madeira de pinho riga nova	U2sP2E1C0	-
	Compartimentos principais (locais secos) - escadas	betão armado	U2sP2E1C0	-
	Compartimentos de serviço (locais húmidos) - instalações sanitárias	cerâmico	U2P2E2C0	U4P2E3C2
	Espaços exteriores ao edifício - pátio	lajeado de granito	U4P3E3C2	U4P4E3C2

Edifício	Solução	Tipo de revestimento	Níveis mínimos de aptidão	Classificação UPEC do revestimento
C.B.A	Compartimentos principais (locais secos) - hall de entrada, recepção e open-spaces do piso R/C	lajeado de granito	U2sP2E1C0	U4P4E3C2
	Compartimentos principais (locais secos) - torre no piso 1 e 2, e escadas	madeira de pinho riga nova	U2sP2E1C0	-
	Compartimentos principais (locais secos) - open-spaces do piso 1 e 2	vinílico	U2sP2E1C0	U3P3E2/3C2
	Compartimentos de serviço (locais húmidos) - instalações sanitárias	cerâmico	U2P2E2C0	U4P2E3C2
	Espaços exteriores ao edifício - pátio	lajeado de granito	U4P3E3C2	U4P4E3C2

Observando o Quadro 3, pode verificar-se que quase todos os revestimentos propostos são adequados ao local de aplicação visto que, na sua maioria, cumprem os requisitos mínimos de aptidão. É de salientar que não foi possível obter classificação UPEC de alguns materiais, mas no entanto, por observação e experiência (sendo esta uma observação pouco científica), conclui-se que no caso do betão armado, este se adequa ao local previsto da sua aplicação.

Relativamente à madeira de pinho riga nova, além de não possuir classificação UPEC esta é de difícil análise, visto que as condições de aplicação e manutenção são determinantes para a sua aptidão. No entanto, o seu fabricante [27] não aconselha a colocação deste revestimento em madeira de pinho de Riga Nova em locais de tráfego ditos normais, de edifícios públicos. Este revestimento apropria-se a um tipo de tráfego ligeiro, normalmente associado a edifícios habitacionais. Tal como nos materiais de isolamento térmico propostos que não possuem certificado ACERMI/ISOLE, também os materiais de revestimento de pavimento propostos para estas obras de reabilitação não possuem a classificação UPEC, e como tal, foi também necessário utilizar valores de materiais de composição idêntica, mas de produtores diferentes.

3.4. AVALIAÇÃO TÉCNICA DAS SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EXTERIORES

3.4.1. ANÁLISE CRÍTICA DAS SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO DAS PAREDES EXTERIORES

Iniciando a análise das soluções de paredes exteriores propostas para os edifícios em análise, apresentam-se de seguida algumas vantagens e desvantagens de cada solução.

- *Aplicação de isolamento térmico pelo interior associado a uma forra pesada (tipo madeira maciça)*

Relativamente ao aspecto exterior, este tipo de solução não implica qualquer alteração arquitectónica nas fachadas dos edifícios o que se torna vantajoso. O facto do revestimento interior ser uma forra pesada, faz com que este contribua para o aumento da inércia térmica do edifício, quando esta é aplicada com uma espessura considerável. No entanto, a colocação pelo interior do isolante térmico, anula a contribuição da massa das paredes exteriores na inércia térmica do edifício, sendo este um factor negativo.

Quanto às desvantagens associadas a esta solução, é ainda importante mencionar o facto de esta diminuir a área útil interior. A aplicação deste tipo de solução implica a desmontagem de todos os

rodapés e rodadectos na zona a intervencionar. Por vezes, pode também entrar em conflito com os vãos envidraçados.

- *Aplicação de isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado)*

Tal como a solução anterior, esta também não implica qualquer alteração das fachadas. A colocação do isolamento pelo interior, associado a um revestimento leve, facilita a integração de tubagens e redes nas paredes intervencionadas.

Esta solução acarreta com as mesmas desvantagens da anterior, com a agravante de aumentar ainda mais o risco de condensações internas na interface entre o isolamento térmico e o pano exterior de parede.

- *Aplicação de Isolamento térmico pelo exterior com revestimento metálico independente e espaço de ar ventilado (fachada ventilada)*

Esta solução apresenta vantagens tais como: a redução do risco de ocorrência de condensações internas, minimização das pontes térmicas na área de intervenção e, muito importante ainda, a manutenção da inércia térmica do edifício. Esta última possibilita um elevado acréscimo no conforto térmico interior.

Como desvantagens, esta solução exhibe em custo elevado. Apresenta ainda algumas restrições devido à arquitectura dos edifícios como, por exemplo, os remates de fachada, os elementos salientes normalmente denominados por “dentes”. Obriga ainda à existência de juntas. O facto do revestimento exterior ser em chapa metálica, proporciona à parede somente uma moderada resistência ao choque, mas, visto que este tipo de solução só é utilizado no piso superior não se considera que seja relevante.

- *Aplicação de Isolamento térmico pelo exterior com revestimento metálico aplicado sobre o isolante (utilização do painel sandwich)*

Também esta solução apresenta vantagens: redução do risco de ocorrência de condensações internas, minimização das pontes térmicas na área de intervenção e a manutenção da inércia térmica do edifício.

Este tipo de solução apresenta as mesmas desvantagens que a anterior, com a agravante de que existe o risco de desenvolvimento de agentes biológicos.

3.4.2. ANÁLISE CRÍTICA DAS SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO DAS COBERTURAS

Passando à análise do tipo de soluções de coberturas propostas para os edifícios em análise, apresenta-se de seguida algumas vantagens e desvantagens de cada solução.

- *Aplicação de Isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente em betão/madeira - Desvão ocupado*

A solução proposta garante a protecção do isolamento térmico. No entanto exige uma pormenorização cuidada face à estanquidade ao ar e à difusão do vapor. É também uma medida difícil de implementar, mais especificamente porque, para uma correcta colocação, é necessário retirar o revestimento exterior (telhas cerâmicas) e recolocar.

- *Aplicação de Isolamento térmico sobre a Laje de Esteira (tecto) - Desvão não ocupado*

Medidas deste tipo, optimizam a inércia térmica do edifício. Trata-se de uma medida bastante económica e bem mais fácil de executar do que a solução anterior.

No entanto, este tipo de solução inviabiliza a utilização do desvão quando este poderia ainda ser útil.

- *Aplicação de Isolamento térmico na cobertura horizontal sobre uma cobertura plana-Cobertura Invertida*

A cobertura invertida/cobertura horizontal não faz parte da arquitectura original de nenhum dos edifícios mas, por questões arquitectónicas algumas zonas já referenciadas foram convertidas neste tipo de solução que apresenta maior durabilidade devido à eficácia e protecção do sistema de impermeabilização. No entanto, apresenta uma ligeira redução das características térmicas, devido ao contacto directo de humidades com o material isolante. Carece de manutenção, ou seja, de limpeza regular, principalmente a quando da proximidade de árvores, visto que folhas e qualquer outro tipo de resíduos se depositam sobre o revestimento. Apresenta também algumas dificuldades na realização dos remates, sendo necessária a aplicação de “rufos”.

3.4.3. ANÁLISE CRÍTICA DAS SOLUÇÕES DE VÃOS ENVIDRAÇADOS

Por fim, passando à análise do tipo de soluções de vão envidraçados propostas para os edifícios em análise, apresentam-se de seguida algumas vantagens e desvantagens de cada solução.

- *Conservação da caixilharia de madeira existente substituindo o vidro simples por vidro duplo, interior laminado*

A conservação dos vãos originais é uma medida que nem sempre pode ser aplicável, devido à avançada degradação de alguns deles. No entanto, no caso em que estes se encontrem em condições, não implicará nenhuma alteração arquitectónica das fachadas. A substituição do vidro simples por um vidro duplo interior laminado, além de reduzir o risco de condensações, proporciona uma diminuição das perdas térmicas no Inverno.

Um aspecto negativo desta solução é a impossibilidade de colocação de qualquer tipo de corte térmico na caixilharia. O facto do vidro duplo ocupar uma espessura superior ao vidro simples, origina algumas dificuldades na colocação do mesmo na caixilharia original.

- *Substituição do vão existente por um novo (de material idêntico ou de material distinto)*

A substituição integral do vão original, possibilita a selecção exigencial da nova caixilharia e tipo de vidro que responda às exigências de desempenho pretendidos. Contudo, este tipo de medida pode obrigar a alterações arquitectónicas nas fachadas. Esta solução também pode revelar-se mais dispendiosa.

4

CÁLCULOS DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS – RCCTE

4.1. CÁLCULO DE VERIFICAÇÃO DO RCCTE DOS RESPECTIVOS EDIFÍCIOS ANTIGOS A ANALISAR, COM E SEM MELHORIAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO

4.1.1. NOTA INTRODUTÓRIA

O cálculo de verificação do RCCTE é realizado com o objectivo de se obter um valor das necessidades energéticas dos diferentes imóveis a analisar. As medidas de melhoria de desempenho energético e da qualidade do ar interior passam essencialmente por melhorar o isolamento térmico e dos imóveis. E como é óbvio, hoje em dia quando se realiza uma obra de reabilitação ou reconstrução de um qualquer edifício, é completamente inaceitável que não esteja desde logo prevista a utilização de materiais isolantes térmicos, de modo a garantir uma melhoria das características de habitabilidade e da qualidade térmica e energética.

Após a descrição exaustiva das soluções de reabilitação a aplicar nestes imóveis antigos, realizou-se então o cálculo das necessidades energéticas dos respectivos edifícios, sendo estes analisados com e sem as melhorias do isolamento térmico, ou seja, na presença e na ausência dos materiais isolantes térmicos. Esta dupla análise é feita, de modo a ser possível efectuar uma comparação sobre o benefício/prejuízo da implementação de medidas de melhoria do isolamento térmico.

Devido à inexistência de dados suficientes relativos às características originais dos imóveis, o cálculo de verificação do RCCTE referente à situação “inicial” ou “desfavorável”, foi feito através dos dados retirados dos projectos de arquitectura dos respectivos edifícios, com alguma agravante.

É importante salientar que a certificação energética dá substancial importância às necessidades de energia para produção de AQS, mas é nas necessidades de arrefecimento e aquecimento que se verifica as melhorias impostas pelas medidas de reabilitação adoptadas, tais como a inclusão de materiais de isolamento térmico e substituição de caixilharias e envidraçados por outros de características térmicas mais vantajosas.

Neste tipo de edifícios, ou seja, nos edifícios antigos que são sujeitos a obras de reabilitação, por vezes é difícil ou mesmo impossível cumprir todas as exigências do RCCTE, isto porque em determinadas situações pode ser impossível a aplicação de qualquer tipo de solução. Assim sendo, não é esperado que os edifícios cumpram na sua totalidade todos os requisitos impostos.

Em anexo podem consultar-se os valores utilizados na realização dos cálculos referentes aos coeficientes de transmissão térmica (U), coeficientes de transmissão térmica linear (ψ), zonas climáticas, número de graus-dias, duração da estação de aquecimento, área útil de pavimento e pé direito médio (ponderado) e energia solar fornecida.

4.1.2. CÁLCULOS DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DO HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º9

Após a explicação do ponto anterior, no seguinte quadro apresentam-se os resultados dos cálculos de verificação do RCCTE do referido edifício, sendo este analisado com e sem as melhorias do isolamento térmico:

Quadro 4.1 – Cálculos das necessidades energéticas – Casa n.º9

Verificação do RCCTE do Hotel Largo Além Ponte - Casa n.º9				
	Edifício sem isolamento	Nc≤N?	Edifício com isolamento	Nc≤N?
Nic (kW.h/m².ano)	151,98	Não Verifica	53,94	Verifica
Ni (kW.h/m².ano)	75,21		75,21	
Nvc (kW.h/m².ano)	8,72	Verifica	13,29	Verifica
Nv (kW.h/m².ano)	18,00		18,00	
Nac (kW.h/m².ano)	16,36	Verifica	12,18	Verifica
Na (kW.h/m².ano)	49,37		51,84	
Ntc (kgep/m².ano)	9,24	Não Verifica	4,22	Verifica
Nt (kgep/m².ano)	7,50		7,84	
Classificação Energética:		C		B

No Quadro 4 podem observar-se os valores das Necessidades nominais e máximas de energia útil para aquecimento (Nic e Ni), das Necessidades nominais e máximas de energia útil para arrefecimento (Nvc e Nv), das Necessidades nominais e máximas de energia para preparação de águas quentes sanitárias (Nac e Na) e também Necessidades máximas e globais anuais nominais específicas de energia primária (Nt e Ntc) do edifício em causa. É também possível observar-se a verificação da imposição das necessidades nominais de energia serem iguais ou inferiores às necessidades máximas, e por fim a classificação energética atribuída ao imóvel em ambos os casos.

É de salientar que, apesar de no quadro não estar explícito, todos os coeficientes de transmissão térmica dos elementos da solução original (paredes simples de granito ou de tabique e coberturas com estrutura de madeira) não cumprem o requisito mínimo, ou seja, os seus valores ultrapassam os coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos previstos no Decreto-Lei n.º80/2006, ANEXO IX, Quadro IX.1. No entanto, não só todos os elementos da solução de reabilitação cumprem os valores máximos, como também possuem coeficientes de transmissão térmica semelhantes aos valores de referência, o que demonstra a viabilidade de aplicação das soluções de reabilitação em termos térmicos.

O facto de não ser possível a colocação de painéis solares na cobertura inclinada, devido a restrições arquitecturais, implica que a área para colocação de painéis, parte da cobertura horizontal, seja reduzida e como tal, a energia a ser produzida por estes não será suficientemente satisfatória para as necessidades do imóvel, afectando assim o valor das necessidades de energia para a preparação de AQS. No entanto, na situação do edifício não reabilitado, considera-se a inexistência de sistema de captação de energia solar.

São evidentes as diferenças de valores de N_{ic} e N_{vc} nas duas situações, o que prova que a introdução de soluções de reabilitação diminui substancialmente as necessidades nominais de energia útil.

Pode portanto verificar-se que com a implementação das medidas de reabilitação existe uma melhoria na classificação energética do imóvel de **C** para **B**, o que demonstra que a aplicação das soluções implicará uma poupança de energia.

4.1.3. CÁLCULOS DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DO HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º24

Efectuados os cálculos das necessidades energéticas, apresentam-se então os seguintes resultados:

Quadro 4.2 – Cálculos das necessidades energéticas – Casa n.º24

Verificação do RCCTE do Hotel Largo Além Ponte - Casa n.º24				
	Edifício sem isolamento	$N_c \leq N$?	Edifício com isolamento	$N_c \leq N$?
N_{ic} (kW.h/m².ano)	177,67	Não Verifica	77,98	Verifica
N_i (kW.h/m².ano)	77,1		79,99	
N_{vc} (kW.h/m².ano)	5,02	Verifica	7,94	Verifica
N_v (kW.h/m².ano)	18		18	
N_{ac} (kW.h/m².ano)	7,17	Verifica	4,04	Verifica
N_a (kW.h/m².ano)	45,17		47,43	
N_{tc} (kgep/m².ano)	7,28	Não Verifica	1,79	Verifica
N_t (kgep/m².ano)	6,95		7,28	
Classificação Energética:		C		A+

No Quadro 5, podem observar-se os valores das Necessidades nominais e máximas de energia útil para aquecimento (N_{ic} e N_i), das Necessidades nominais e máximas de energia útil para arrefecimento (N_{vc} e N_v), das Necessidades nominais e máximas de energia para preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac} e N_a) e também Necessidades máximas e globais anuais nominais específicas de energia primária (N_t e N_{tc}) do edifício em causa. É também possível observar-se a verificação da imposição das necessidades nominais de energia serem iguais ou inferiores às necessidades máximas, e por fim a classificação energética atribuída ao imóvel em ambos os casos.

Também neste edifício é de salientar que, apesar de no quadro não estar explícito, todos os coeficientes de transmissão térmica dos elementos da solução original (paredes simples de granito ou de tabique e coberturas com estrutura de madeira) não cumprem o requisito mínimo, ou seja, os seus valores ultrapassam os coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos previstos no Decreto-Lei n.º80/2006, ANEXO IX, Quadro IX.1. No entanto, não só todos os elementos da solução de reabilitação cumprem os valores máximos, como também possuem coeficientes de transmissão térmica semelhantes aos valores de referência, o que demonstra a viabilidade de aplicação das soluções de reabilitação em termos térmicos.

São evidentes as diferenças de valores de N_{ic} nas duas situações, o que prova que a introdução de soluções de reabilitação diminui substancialmente as necessidades nominais de energia útil. Neste caso, os valores de N_{vc} não reflectem as medidas de melhoria visto que as perdas térmicas são superiores aos ganhos obtendo-se assim um valor reduzido para as necessidades de arrefecimento.

Neste edifício também não se considera a colocação de painéis solares na situação referente ao edifício não reabilitado.

Pode portanto verificar-se que com a implementação das medidas de reabilitação existe uma óbvia melhoria na classificação energética do imóvel de **C** para **A+**, o que demonstra que a aplicação das soluções implicará uma significativa poupança de energia.

4.1.4. CÁLCULOS DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DA CASA TORREADA DOS BARBOSA ARANHA

Efectuados os cálculos das necessidades energéticas, apresentam-se então os seguintes resultados:

Quadro 4.3 – Cálculos das necessidades energéticas – C.B.A.

Verificação do RCCTE da Casa Torreada dos Barbosa Aranha				
	Edifício sem isolamento	Nc≤N?	Edifício com isolamento	Nc≤N?
Nic (kW.h/m².ano)	139,91	Não Verifica	72,86	Verifica
Ni (kW.h/m².ano)	75,21		75,21	
Nvc (kW.h/m².ano)	3,25	Verifica	5,04	Verifica
Nv (kW.h/m².ano)	18,00		18,00	
Nac (kW.h/m².ano)	0,00	Verifica	0,00	Verifica
Na (kW.h/m².ano)	0,00		0,00	
Ntc (kgep/m².ano)	4,09	Não Verifica	0,56	Verifica
Nt (kgep/m².ano)	0,84		0,84	
Classificação Energética:		G		B

No Quadro 6, podem observar-se os valores das Necessidades nominais e máximas de energia útil para aquecimento (N_{ic} e N_i), das Necessidades nominais e máximas de energia útil para arrefecimento (N_{vc} e N_v), das Necessidades nominais e máximas de energia para preparação de águas quentes sanitárias (N_{ac} e N_a) e também Necessidades máximas e globais anuais nominais específicas de energia primária (N_t e N_{tc}) do edifício em causa. É também possível observar-se a verificação da imposição das necessidades nominais de energia serem iguais ou inferiores às necessidades máximas, e por fim a classificação energética atribuída ao imóvel em ambos os casos.

Tal como nos edifícios anteriores também neste é de salientar que apesar de no quadro não estar explícito, todos os coeficientes de transmissão térmica dos elementos da solução original (paredes simples de granito rebocadas ou não e coberturas com estrutura de madeira) não cumprem o requisito mínimo, ou seja, os seus valores ultrapassam os coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos previstos no Decreto-Lei n.º80/2006, ANEXO IX, Quadro

IX.1. Os elementos das soluções de reabilitação cumprem os valores máximos, e possuem coeficientes de transmissão térmica semelhantes aos valores de referência, o que demonstra a viabilidade de aplicação das soluções de reabilitação em termos térmicos. No entanto, isso não se verifica na zona da torre. Como se trata de um IIP a torre pertencente ao edifício, devido à sua antiguidade, permanecerá tal como se encontra podendo no máximo serem refeitas algumas juntas que se encontrem degradadas. Como tal, tratando-se de uma parede simples constituída unicamente por pedra granítica, esta possui um coeficiente de transmissão térmica superior ao máximo admitido para esta zona. Não cumpre portanto o requisito do RCCTE referente ao valor máximo de U para zonas exteriores opacas.

Como não poderia deixar de ser, também nos cálculos deste edifício são evidentes as diferenças de valores de N_{ic} nas duas situações, o que prova que a introdução de soluções de reabilitação diminui substancialmente as necessidades nominais de energia útil. Tal como no edifício anteriormente analisado, os valores de N_{vc} não reflectem as medidas de melhoria visto que as perdas térmicas são superiores aos ganhos obtendo-se assim um valor reduzido para as necessidades de arrefecimento.

Verifica-se portanto que apesar de não estar prevista a utilização de AQS e consequentemente sistemas de aquecimento de AQS neste edifício, com a implementação das medidas de reabilitação existe uma clara melhoria na classificação energética do imóvel de **G** para **B**, o que demonstra que a aplicação das soluções implicará também uma poupança de energia.

4.2. RESUMO E CONCLUSÕES DA ANÁLISE DA VERIFICAÇÃO DO RCCTE

Quanto ao cálculo das necessidades energéticas da casa torreada, este não possui sistema de AQS como anteriormente foi referido e, mesmo depois de aplicadas as medidas de melhoria das condições habitacionais, a classificação obtida não é totalmente ideal. Isto verifica-se porque no cálculo das necessidades globais de energia primária tem-se em consideração não só $N_{i/Nic}$ e $N_{v/Nv}$, mas também $N_{a/Nac}$, logo, a exclusão de uma destas necessidades reflecte-se consequentemente numa diminuição da classificação energética. Contudo, esta classificação não pode ser levada totalmente em conta, visto que perante as suas futuras funcionalidades, o edifício não necessitará de utilizar AQS, logo não será necessário despendar energia para a produção destas.

Em título de conclusão, através dos cálculos realizados, é possível verificar que existe uma diferença substancial quanto à inclusão e ausência das soluções de melhoria de isolamento térmico. Essa diferença pode observar-se principalmente na discrepância de valores nas Necessidades nominais de aquecimento e claro está, na melhoria da classificação energética. Portanto em termos térmicos será possível afirmar que as medidas de reabilitação adoptadas em cada edifício desempenham o seu papel e contribuem para uma melhoria das condições térmicas, mesmo que umas soluções sejam mais eficientes que outras e que o RCCTE não seja cumprido na íntegra.

5

AVALIAÇÃO ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO

5.1. AVALIAÇÃO ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES – ESTIMATIVA DE REDUÇÃO ANUAL DA FACTURA ENERGÉTICA, DO CUSTO ESTIMADO DE INVESTIMENTO E DO PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

5.1.1. NOTA INTRODUTÓRIA

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

Para apoio à elaboração de uma análise económica das soluções adoptadas na reabilitação e reconstrução dos edifícios estudados, utilizou-se o programa de cálculo OPTITERM - LFC, comparando a solução dita original, com a solução melhorada fazendo uma estimativa de redução anual da factura energética, do custo estimado de investimento e do período de retorno do investimento.

Devido à grande diversidade de soluções a aplicar nos distintos edifícios, vai realizar-se uma análise económica mais pormenorizada mas apenas das soluções de maior preponderância, ou seja, a análise de soluções de paredes exteriores, de coberturas e também de vãos envidraçados.

Nesta análise, como é referido vamos comparar a situação original, ou seja, serão apresentados os valores dos coeficientes de transmissão térmica das soluções iniciais, e em contraste apresentar-se-ão os valores dos coeficientes das soluções de reabilitação adoptadas.

Será importante clarificar que é aplicação do isolante que condiciona a alteração do valor de U e a respectiva poupança energética. A amortização possível do investimento efectuado, por via da poupança de energia, incide particularmente nos gastos com o isolante. No entanto, uma vez que os revestimentos também conferem uma resistência térmica adicional e, visto que nesta análise se pretende caracterizar o comportamento das soluções especificadas em projecto, optou-se por considerar o custo global da solução, tendo, no entanto, consciência de que é difícil amortizar esse custo, tendo apenas em conta a poupança de energia.

É de realçar, que inevitavelmente estes cálculos apresentem uma margem de erro, devido à incerteza na precisão dos preços dos distintos materiais e da mão-de-obra, visto que estes podem variar de fornecedor para fornecedor e de empreiteiro para empreiteiro respectivamente. No entanto, a estimativa destes foi feita com base nos dados dos cadernos de medições e orçamentação das obras analisadas.

Observando os edifícios facilmente se percebe que mesmo que não fossem aplicadas qualquer tipo de medidas de reabilitação seria indispensável pelo menos reparar as zonas opacas dos edifícios, tanto nas alvenarias como nas coberturas, e em algumas situações seria mesmo necessário reconstruir determinadas zonas devido ao seu elevado estado de degradação. Essa reconstrução seria efectuada mantendo as características iniciais e nunca introduzindo qualquer mudança estrutural. No entanto, no programa de cálculo OPTITERM os valores respeitantes ao custo de investimento não incluem esse tipo de recuperações visto que na solução inicial também não é contabilizado qualquer tipo de investimento. Quanto à solução inicial dos vãos, considera-se que estes não sofreriam sequer nenhum tipo de reparação e como tal, o custo de investimento nas soluções de vãos envidraçados é exactamente o mesmo que está proposto nos orçamentos.

Todas as soluções de reabilitação relativas a cada edifício estão expostas nos quadros 7, 8 e 9. Os gráficos apresentados nos subcapítulos seguintes demonstram a percentagem de custo de cada solução relativamente ao custo total de investimento, a comparação de custos (€/m²) de cada solução individualmente, e também a comparação de custo global do conjunto de soluções (€/m²) de cada imóvel.

5.1.2. DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES ANALISADAS PARA PAREDES EXTERIORES, COBERTURAS E VÃOS ENVIDRAÇADOS

Duma forma genérica consideram-se seis possíveis soluções a aplicar, que são as seguintes:

- Aplicação de isolamento térmico pelo interior e novo revestimento interior, nas paredes exteriores (**A**);
- Aplicação de isolamento térmico pelo exterior e novo revestimento interior, nas paredes exteriores (**B**);
- Aplicação de isolamento térmico nas vertentes sob e sobre a estrutura resistente (desvão ocupado) (**C**);
- Aplicação de isolamento térmico sobre a laje de esteira (desvão não ocupado) (**D**);
- Substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia do mesmo material que a original, melhorando as características solares dos vidros e colocação (ou não) de protecção solar interior (**E**);
- Substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia de outro material, melhorando as características solares dos vidros e colocação (ou não) de protecção solar interior (**F**);

No Hotel nº9 relativamente às paredes exteriores, vão ser analisadas as seguintes propostas: aplicação de isolamento térmico pelo interior, utilizando placas de XPS como isolante e placas de MDF como revestimento interior; e aplicação de isolamento térmico pelo exterior, utilizando placas de XPS como isolante, placas de MDF como revestimento interior e chapa metálica como revestimento exterior. Para o Hotel nº24 as propostas a analisar são: aplicação de isolamento térmico pelo interior, utilizando placas de XPS como isolante e placas de Madeira de Pinho riga nova como revestimento interior; e aplicação de isolamento térmico pelo exterior, utilizando painéis sandwich com chapa metálica como isolante e revestimento exterior, e placas de Madeira de Pinho riga nova como revestimento interior.

Por fim, para a CBA será somente analisada a proposta única de aplicação de isolamento térmico pelo interior, utilizando placas de XPS como isolante e placas de gesso cartonado como revestimento interior leve.

Quanto às coberturas, no Hotel nº9 será analisada a proposta referente à aplicação de isolamento térmico nas vertentes sob e sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando lâ-de-rocha sob a estrutura e placas de XPS sobre a respectiva. No Hotel nº24 serão analisadas as seguintes propostas: aplicação de isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando placas de XPS como isolante; a aplicação de isolamento térmico sobre a laje de esteira (desvão não ocupado), utilizando também placas de XPS. Relativamente à CBA, analisar-se-ão as propostas: aplicação de isolamento térmico nas vertentes sob e sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando placas de XPS de diferentes espessuras sob e sobre a estrutura; aplicação de isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando placas de XPS como isolante.

No que aos vãos envidraçados diz respeito, no Hotel nº9, serão analisadas as seguintes propostas: conservação da caixilharia existente melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado); substituição da caixilharia existente, por uma nova caixilharia de alumínio, melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado). No Hotel nº24 serão analisadas as mesmas propostas que no edifício anterior. Na CBA somente será analisada a proposta de conservação da caixilharia existente melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado)

Os dados a inserir no programa OPTITERM - LFC, relativos aos edifícios em análise são os seguintes:

- Altitude: 25m
- Distância à costa: superior a 10km
- Concelho: Ponte de Lima
- Zona/Graus-dias: I2 – 1790
- Tipo de elemento: parede exterior / cobertura
- Anos (período de tempo de análise): 30 anos
- Taxa Capitalização (α): 5,00%
- Horas de Aquecimento: 24 horas (12 horas para o edifício C.B.A)
- Variação Energética (α'): 4,00%
- Custo Actual de Energia: 0,13 €/kWh

Estes são os dados a inserir comuns a todos os edifícios. Serão ainda inseridos individualmente os dados referentes ao Coeficiente de transmissão térmica (U [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]) da solução original e da solução melhorada, o custo do investimento de cada solução (€/m^2) e a área do elemento (m^2) de cada proposta a analisar.

DADOS GERAIS DA FRACÇÃO AUTÓNOMA E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS	
Altitude [m]:	25
Distância à costa [km]:	superior a 10 kms
Concelho:	PONTE DE LIMA
Zona/Graus-dias:	I2 1790
Tipo de elemento:	Cobertura
Área do elemento [m²]:	
Anos	30 Anos
Taxa Capitalização (α) [%]:	5
Horas de Aquecimento:	24
Variação Energ (α') [%]:	4
Custo Actual Energ [€/kWh]:	0.13
Custo Investimento [€/m²]:	

SOLUÇÃO INICIAL		SOLUÇÃO MELHORADA	
NívelU [W/(m²·°C)]:		NívelU [W/(m²·°C)]:	
q [W/m²]:		q [W/m²]:	
Q [kWh]:		Q [kWh]:	

Fig. 5.1 – Dados a inserir no programa de cálculo OPTITERM - LFC

Coeficiente de transmissão térmico de referência Uref [W/m².°C]					Redução anual da factura energética (€)	
Uref	I1	I2	I3	RA		
Parede Exterior	0,70	0,60	0,50	1,40	entre 0 e 100	⊗
Cobertura	0,50	0,45	0,40	0,80	entre 100 e 500	⊗⊗
Vão Envidraçado	4,30	3,30	3,30	4,30	entre 500 e 1000	⊗⊗⊗
					superior a 1000	⊗⊗⊗⊗

Níveis de Qualidade	
Nível	Limites de U
N0	$U > U_{ref}$
N1	$U = U_{ref}$
N2	$U = 0,75 \cdot U_{ref}$
N3	$U = 0,60 \cdot U_{ref}$
N4	$U = 0,50 \cdot U_{ref}$

Custo estimado de investimento (€)	
entre 0 e 200	⊗
entre 200 e 1000	⊗⊗
entre 1000 e 5000	⊗⊗⊗
superior a 5000	⊗⊗⊗⊗

Período de retorno do investimento (anos)	
entre 0 e 5	⊗⊗⊗⊗
entre 5 e 10	⊗⊗⊗
entre 10 e 15	⊗⊗
superior a 15	⊗

Fig. 5.2 – Legenda dos resultados do OPTITERM - LFC

5.1.3. SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DO HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º9

5.1.3.1. Descriminação de soluções a avaliar e análise económica das mesmas

Neste subcapítulo vão ser analisadas as soluções preponderantes de reabilitação da casa n.º9 através da análise dos resultados dos custos e poupanças fornecidos pelo programa de cálculo OPTITERM e também da análise dos preços de cada solução. De forma a simplificar a apresentação da avaliação, incluíram-se quadros, gráficos e imagens elucidativas. É de saliente que em nenhum dos casos que atribui os custos dos revestimentos exterior, visto que se considera que estes se mantêm os mesmos, ou seja, reboco tradicional nas paredes com isolamento pelo interior e chapa metálica nas paredes com isolamento pelo exterior.

Quadro 5.1 – Listagem das soluções e custos associados – Casa n.º9

Tipo de elemento	Solução		Custo [€/m²]	Área do elemento [m²]	Custo de investimento [€]
Parede exterior	A.1.1	Aplicação de isolamento térmico pelo interior, utilizando placas de XPS de 60mm como isolante e painéis de MDF como revestimento interior	53,46	101,53	5427,79
Parede exterior	B.1.2	Aplicação de isolamento térmico pelo exterior, utilizando placas de XPS de 80mm como isolante e painéis de MDF como revestimento interior	56,46	47,30	2670,56
Cobertura	C.1.3	Aplicação de isolamento térmico nas vertentes sob e sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando lâ-de-rocha de 60mm sob a estrutura e placas de XPS de 80mm sobre a respectiva, e painéis de MDF como revestimento interior	59,46	109,10	6487,09
Vãos envidraçados	E.1.4	Substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia de madeira de aspecto idêntico ao original ou recuperação da mesma quando possível, melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado), e colocação de protecção interior (black-out)	390,00	61,38	23938,20
Vãos envidraçados	F.1.5	Substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia de alumínio, melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado)	225,00	41,70	9382,50

Através dos resultados obtidos dos custos de investimento, criou-se o seguinte gráfico que demonstra a percentagem de custo de cada solução a implementar no edifício.

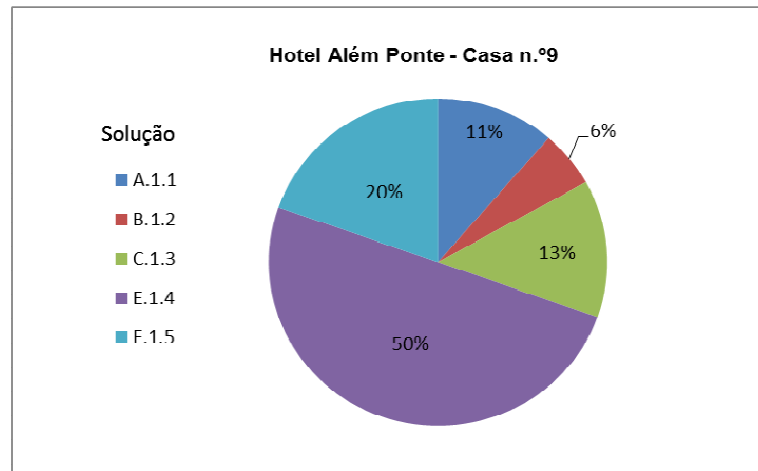


Fig. 5.3 – Gráfico da percentagem de custos de cada solução

Como se pode observar, a solução que apresenta a maior percentagem de custo de investimento é a solução dos vãos envidraçados, que sugere a substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia de madeira de aspecto idêntico ao original ou recuperação da mesma quando possível, melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado), e colocação de protecção interior (black-out). A solução que acarreta mais custos seguidamente à anterior identificada está também associada aos vãos envidraçados sendo esta a substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia de alumínio, melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado).

Verifica-se portanto, que uma grande fatia do custo total de investimento se deve aos custos das soluções de melhoria dos vãos envidraçados. O grande factor responsável pelo elevado custo das soluções dos vãos envidraçados, é o material constituinte dos mesmos, aliado à significativa área de intervenção. A madeira é um material considerado caro em comparação com outros materiais para aplicação nos mesmos elementos, e como tal, os custos associados são portanto elevados. A inclusão de protecção interior é também uma medida termicamente favorável mas que agrava ainda mais os custos. O outro material constituinte da solução de vãos envidraçados “F”, o alumínio, já apresenta um preço mais a ter em conta, no entanto tal como a solução anterior, a área de intervenção representa um valor elevado o que torna a solução também relativamente dispendiosa.

Quanto às outras soluções, o facto de tanto nas paredes como nas coberturas estar prevista a aplicação de um revestimento interior de painéis de MDF aumenta um pouco o custo total da solução, no entanto, atendendo às suas características e visto que futuramente o edifício será um hotel, pode concluir-se que acaba por ser um material que justifica a aplicação.

A parte que deve ser considerada mais importante numa reabilitação é sem dúvida a inclusão de isolamento térmico nos elementos, e nestes casos verifica-se que a aplicação dos referidos materiais isolantes apresentam um custo reduzido para uma intervenção na área da construção civil.

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERN da solução de “Aplicação de isolamento térmico pelo interior, utilizando placas de XPS como isolante e painéis de MDF como revestimento interior”.

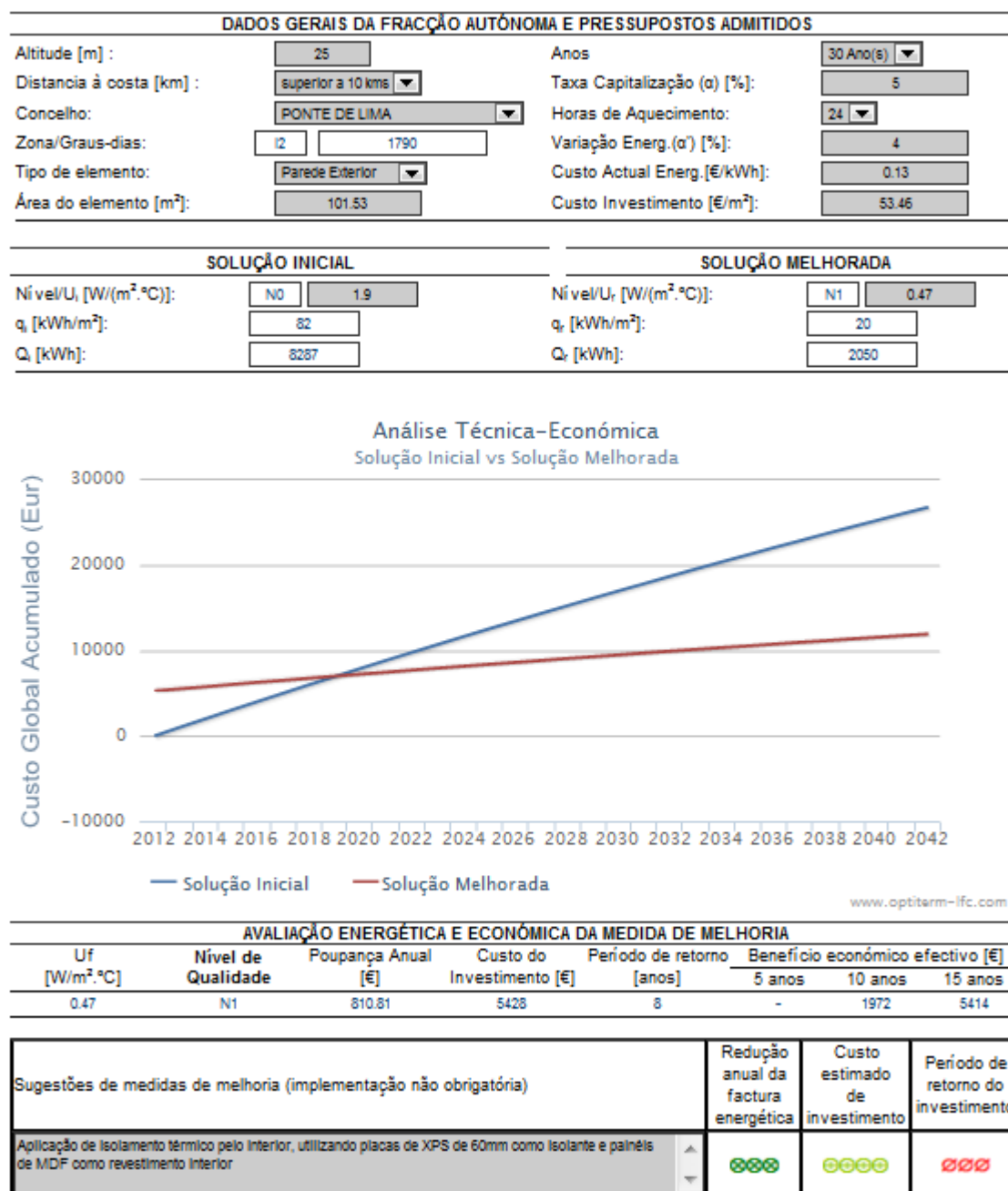


Fig. 5.4 – Ficha da “solução de parede exterior A 1.1.” gerada pelo OPTITERM – LFC

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERN da solução de “Aplicação de isolamento térmico pelo exterior, utilizando placas de XPS como isolante, painéis de MDF como revestimento interior”.

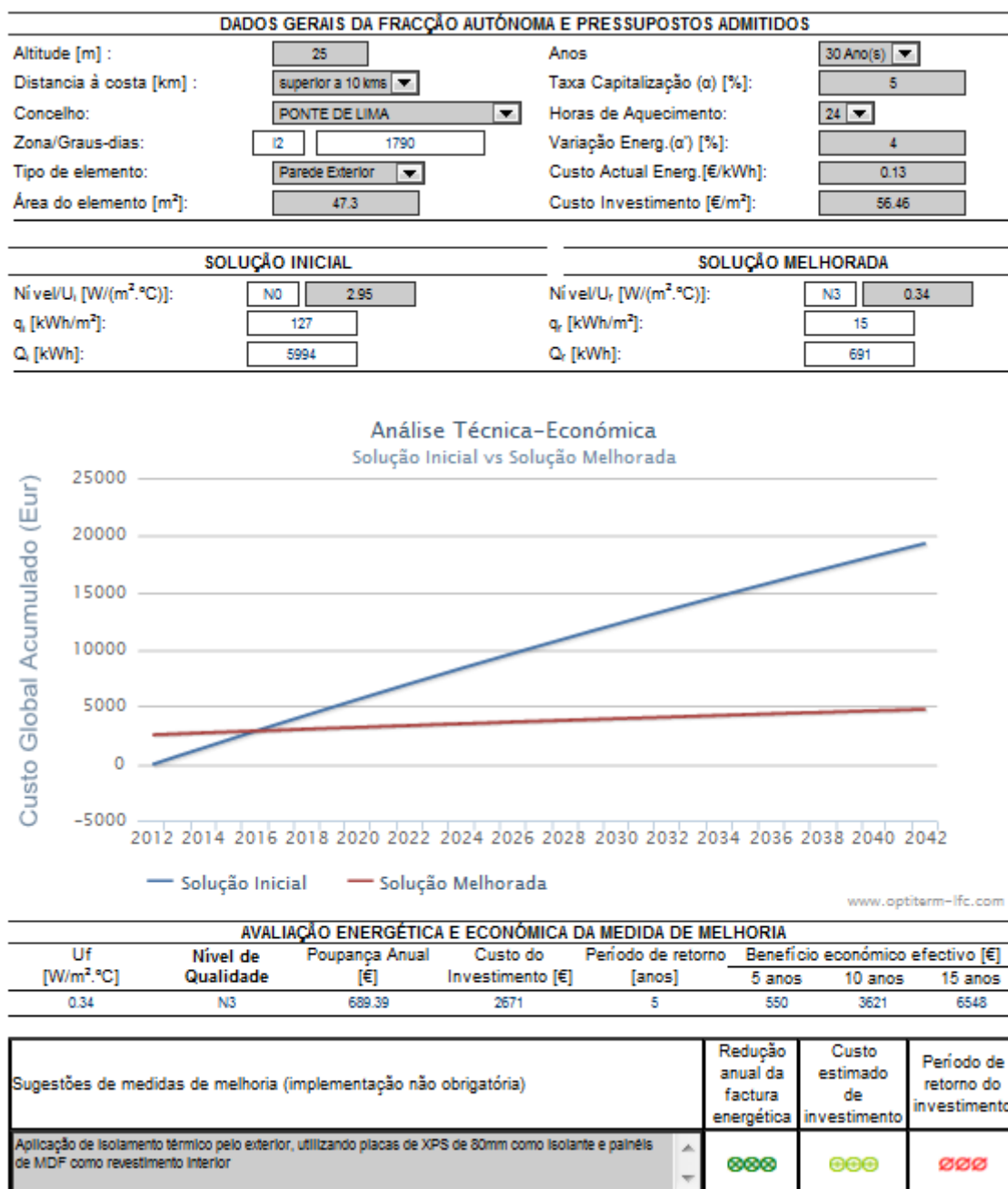


Fig. 5.5 - Ficha da “solução de parede exterior B 1.2.” gerada pelo OPTITERM - LFC

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERM da solução de “Aplicação de isolamento térmico nas vertentes sob e sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando lâ-de-rocha sob a estrutura e placas de XPS sobre a respectiva”.

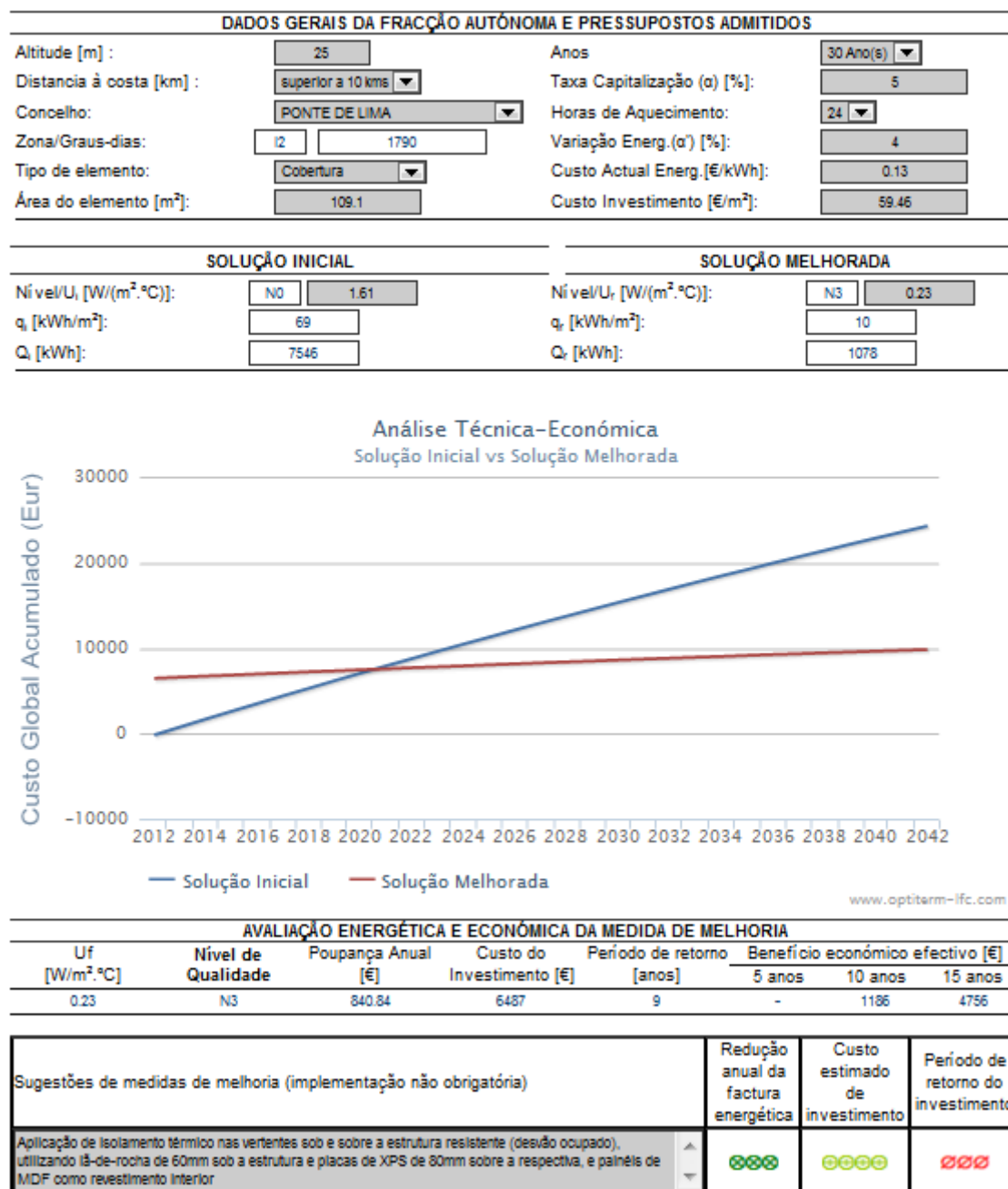


Fig. 5.6 – Ficha da “solução de cobertura C 1.3.” gerada pelo OPTITERM – LFC

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERN da solução de “Substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia de madeira de aspecto idêntico ao original ou recuperação da mesma quando possível, melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado), e colocação de protecção solar interior (black-out)”.

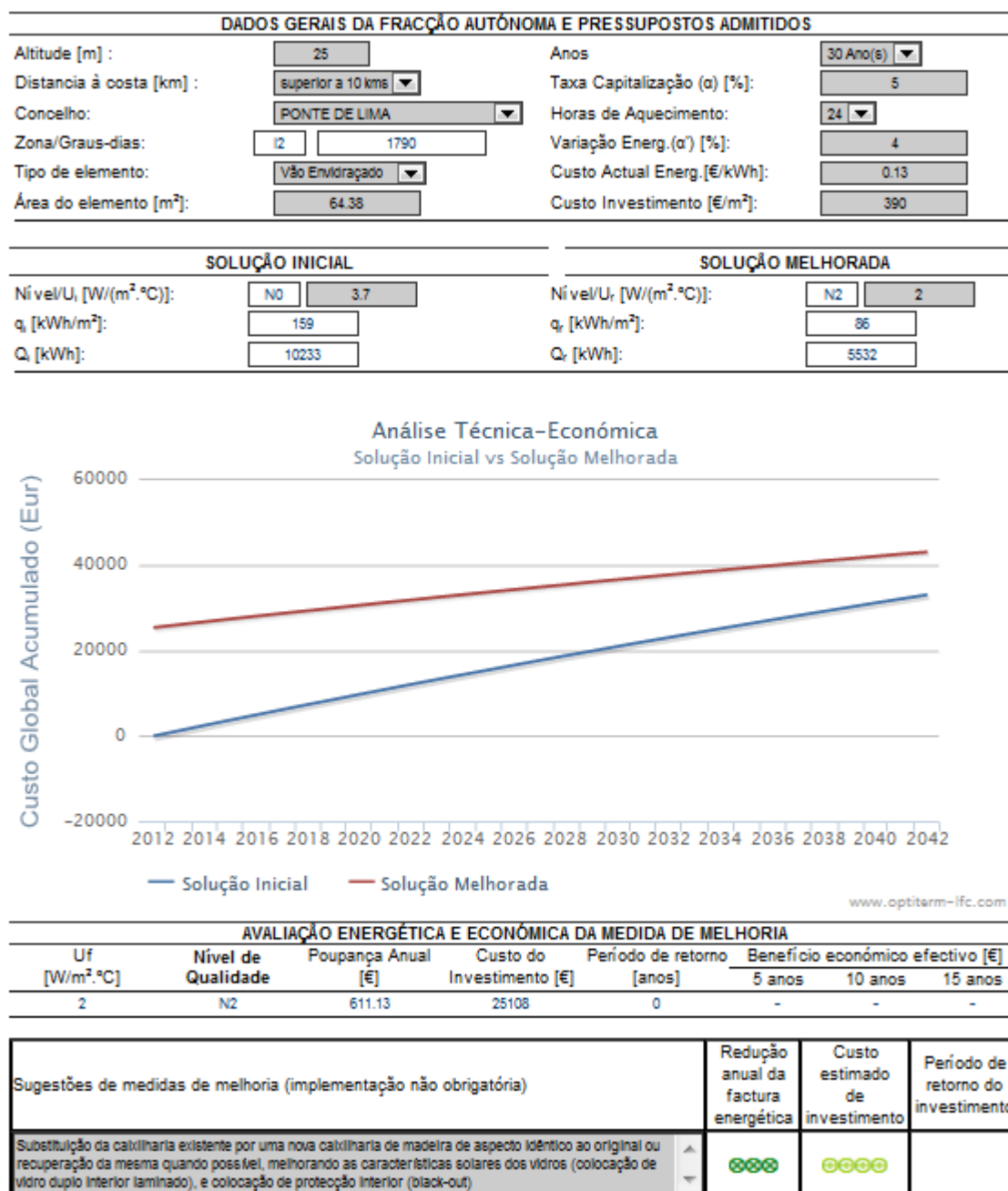


Fig. 5.7 – Ficha da “solução de envidraçados E 1.4.” gerada pelo OPTITERM – LFC

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERN da solução de “Substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia em alumínio, melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado)”.

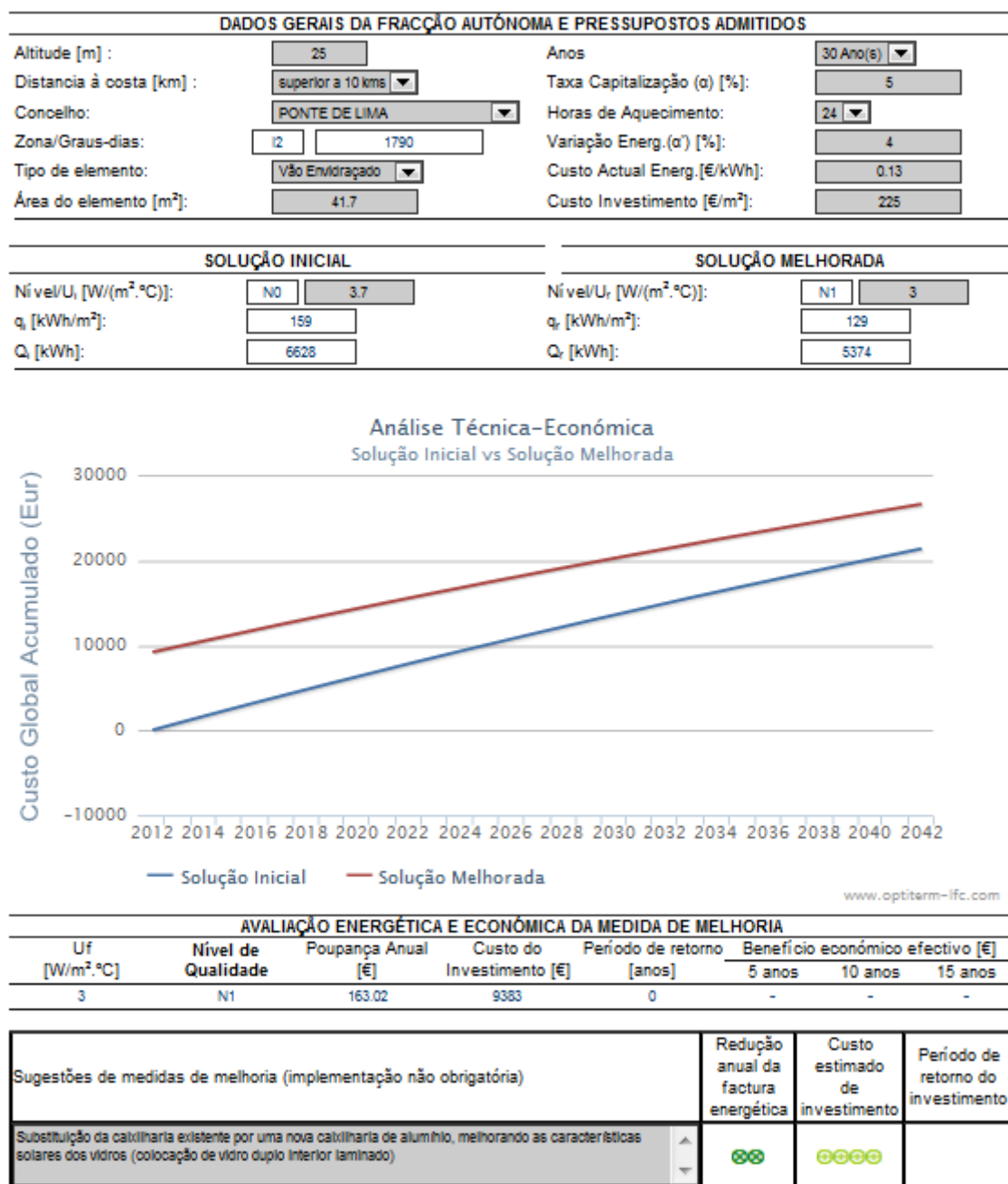


Fig. 5.8 – Ficha da “solução de envidraçados F 1.5.” gerada pelo OPTITERM – LFC

5.1.4. SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DO HOTEL LARGO ALÉM PONTE – CASA N.º24

5.1.4.1. Discriminação de soluções a avaliar e análise económica das mesmas

Serão analisadas neste capítulo as soluções preponderantes de reabilitação da casa n.º24 através da análise dos resultados dos custos e poupanças fornecidos pelo programa de cálculo OPTITERM e também da análise dos preços de cada solução. De forma a simplificar a apresentação da avaliação, incluíram-se quadros, gráficos e imagens elucidativas. É de saliente que à semelhança do edifício anterior, em nenhum dos casos que atribui os custos dos revestimentos exterior, visto que se considera que estes se mantêm os mesmos, ou seja, reboco tradicional nas paredes com isolamento pelo interior e chapa metálica nas paredes com isolamento pelo exterior.

Quadro 5.2 – Listagem das soluções e custos associados – Casa n.º24

Tipo de elemento		Solução	Custo [€/m²]	Área do elemento [m²]	Custo de investimento [€]
Parede exterior	A.2.1	Aplicação de isolamento térmico pelo interior, utilizando placas de XPS de 50mm como isolante e painéis de madeira de pinho riga nova como revestimento interior	93,55	274,67	25695,38
Parede exterior	B.2.2	Aplicação de isolamento térmico exterior, utilizando painéis sandwich revestidos a chapa metálica como isolante exterior, e placas de madeira de pinho riga nova como revestimento interior	132,55	45,76	6065,49
Cobertura	C.2.3	Aplicação de isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando placas de XPS de 60mm como isolante e madeira de pinho de riga nova como revestimento interior	94,55	24,78	2342,95
Cobertura	D.2.4	Aplicação de isolamento térmico sobre a laje de esteira (desvão não ocupado), utilizando placas de XPS de 60mm como isolante e Madeira de pinho de riga nova como revestimento interior	94,55	53,87	5093,41
Vãos envidraçados	E.2.5	Substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia de madeira de aspecto idêntico ao original ou recuperação da mesma quando possível, melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado), e colocação de protecção interior (black-out)	265	35,60	9434,00
Vãos envidraçados	F.2.6	Colocação de uma caixilharia de alumínio, com vidro duplo interior laminado, e colocação de protecção solar interior (black-out)	265	56,80	15052,00

Através dos resultados obtidos dos custos de investimento, criou-se o seguinte gráfico que demonstra a percentagem de custo de cada solução a implementar no edifício.

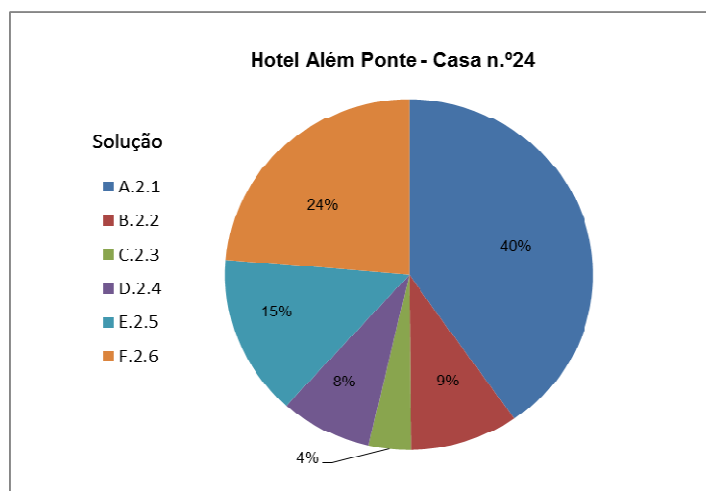


Fig. 5.9 – Gráfico da percentagem de custos de cada solução

Neste edifício pode observar-se que a solução que acarreta custos totais de investimento mais elevados é a solução associada às paredes exteriores, que sugere a aplicação de isolamento térmico pelo interior, utilizando placas de XPS de 50mm como isolante e painéis de madeira de pinho riga nova como revestimento interior.

No entanto, apesar de ser esta a solução mais dispendiosa, isso somente se verifica devido à extensa área do elemento em causa, porque a solução “B”, ou seja, a aplicação de isolamento térmico exterior, utilizando painéis sandwich revestidos a chapa metálica como isolante exterior, e placas de madeira de pinho riga nova como revestimento interior apesar de implicar um custo total de investimento reduzido comparativamente às outras soluções, apresenta um custo/m² extremamente elevado. Este custo está associado não só à utilização de painel sandwich pelo exterior da alvenaria mas principalmente pela aplicação do revestimento interior à base de painéis de madeira de pinho riga nova. Este material de revestimento interior é que apresenta um custo extremamente elevado comparativamente a outros tipos de revestimentos aplicados para a mesma funcionalidade.

Os vãos envidraçados da solução “F” apresentam também um custo total significativo mais uma vez devido à elevada área do elemento. Neste edifício, o custo associado à solução dos envidraçados de caixilharia de madeira não implicam tanta despesa visto que uma grande parte dos vãos são recuperáveis, podendo assim poupar-se algum investimento.

De uma maneira geral, constata-se que as soluções de melhoria de condições interiores do edifício Hotel Largo Além Ponte – Casa n.º24, apresentam custos/m² bastante elevados principalmente devido à utilização da madeira de pinho de riga nova como revestimento interior. Pode dizer-se que neste caso em concreto seria bastante adequado arranjar um material alternativo, que proporcionasse as mesmas ou semelhantes condições térmicas e de conforto, mas que apresentasse um custo mais reduzido.

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERM da solução de “Aplicação de isolamento térmico pelo interior, utilizando placas de XPS como isolante e painéis de madeira de pinho riga nova como revestimento interior”.

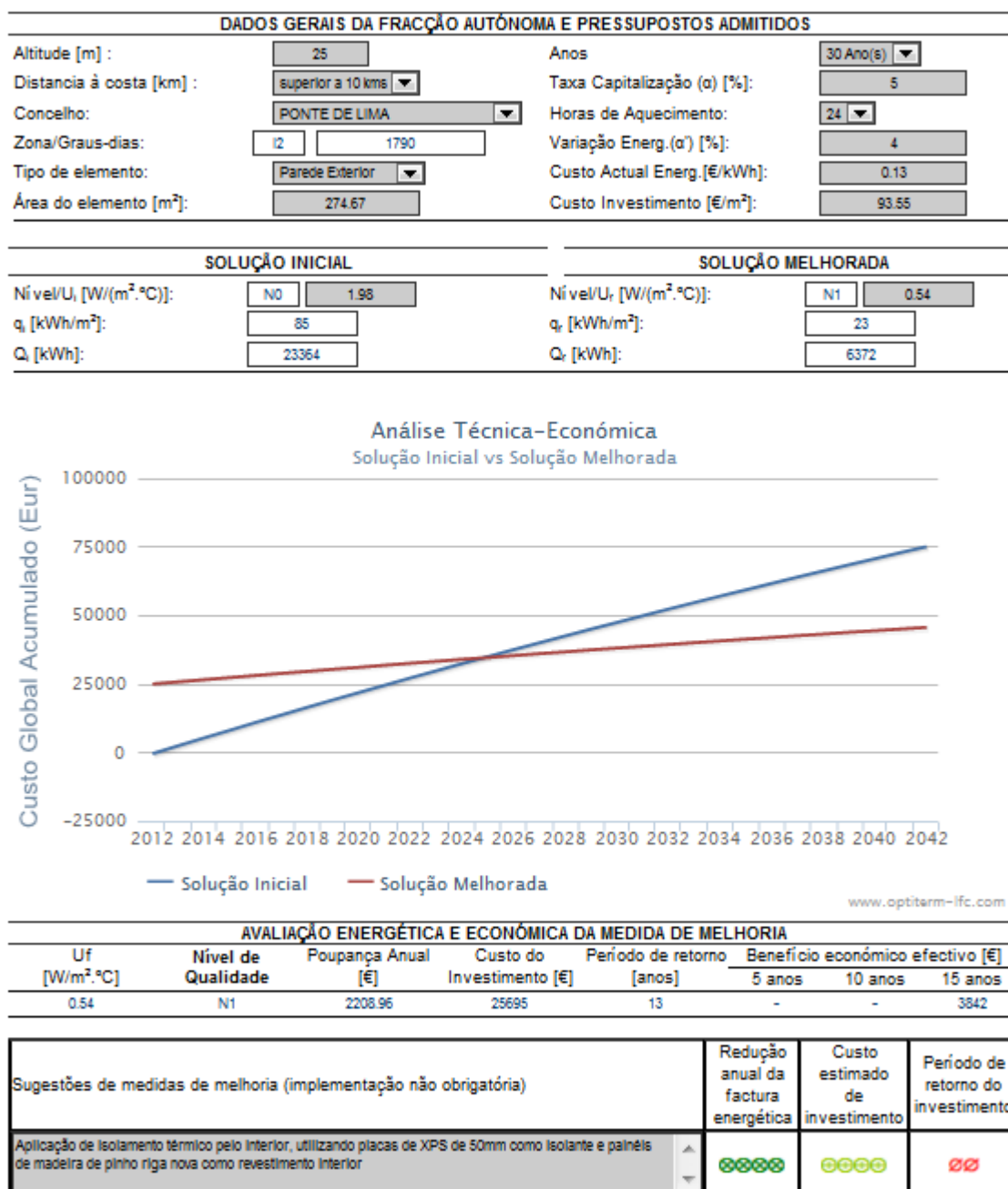


Fig. 5.10 – Ficha da “solução de parede exterior A 2.1.” gerada pelo OPTITERM - LFC

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERN da solução de “Aplicação de isolamento térmico exterior, utilizando painéis sandwich revestidos a chapa metálica como isolante exterior, e placas de madeira de pinho riga nova como revestimento interior”.

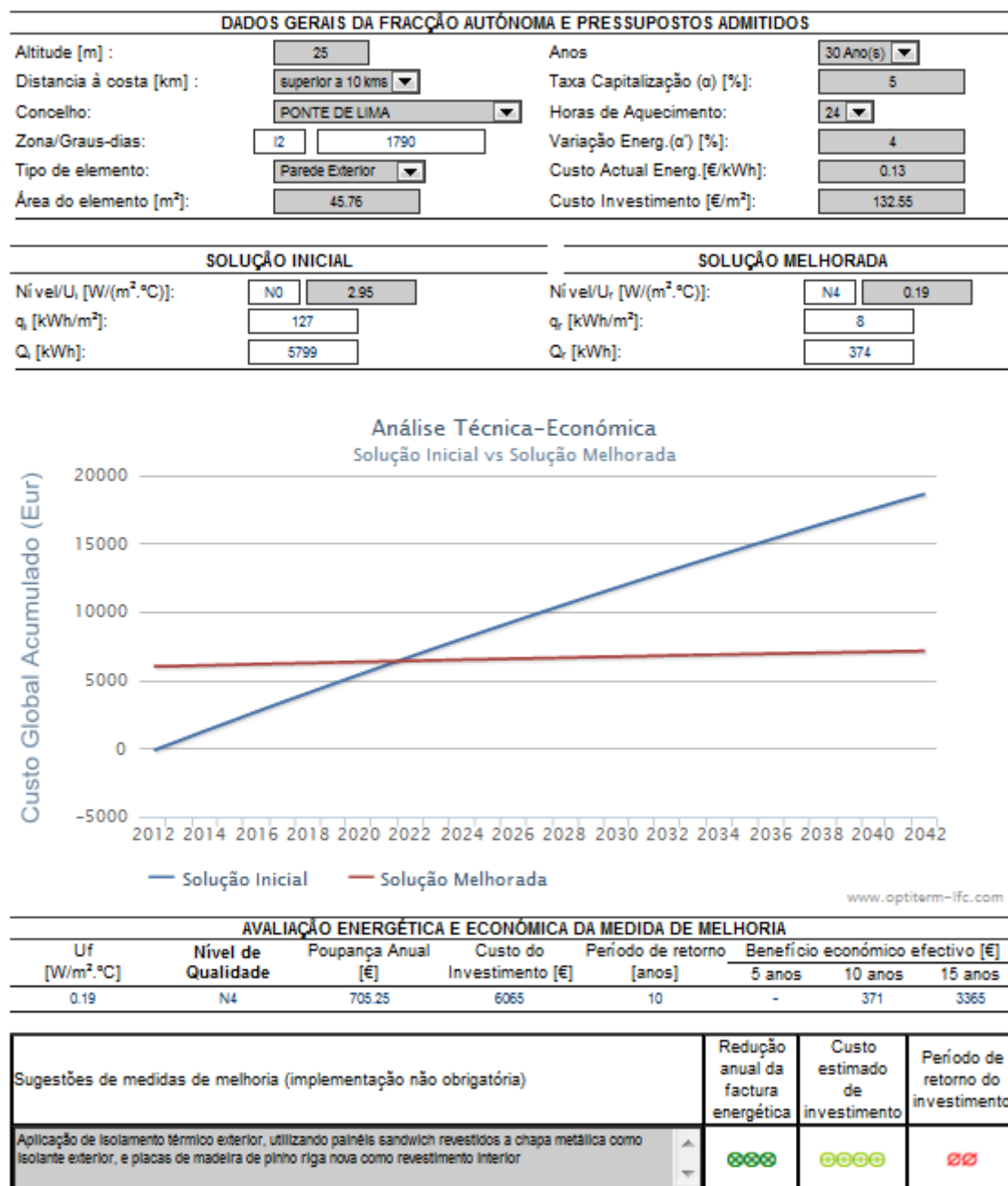


Fig. 5.11 – Ficha da “solução de parede exterior B 2.2.” gerada pelo OPTITERM - LFC

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERN da solução de “Aplicação de isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando placas de XPS como isolante e madeira de pinho de riga nova como revestimento interior”.

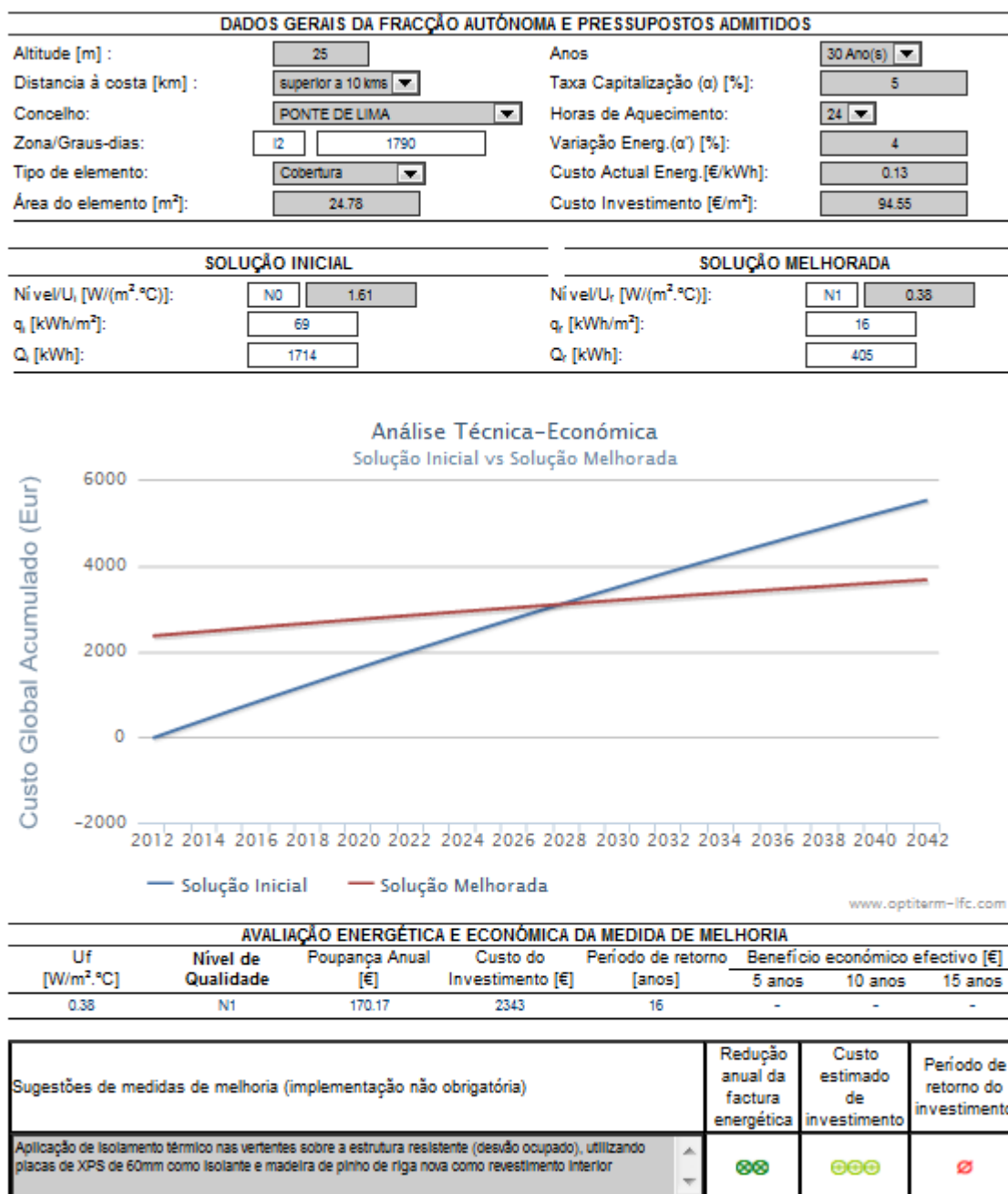


Fig. 5.12 – Ficha da “solução de cobertura C 2.3.” gerada pelo OPTITERM – LFC

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERN da solução de “Aplicação de isolamento térmico sobre a laje de esteira (desvão não ocupado), utilizando placas de XPS como isolante e Madeira de pinho de riga nova como revestimento interior”.

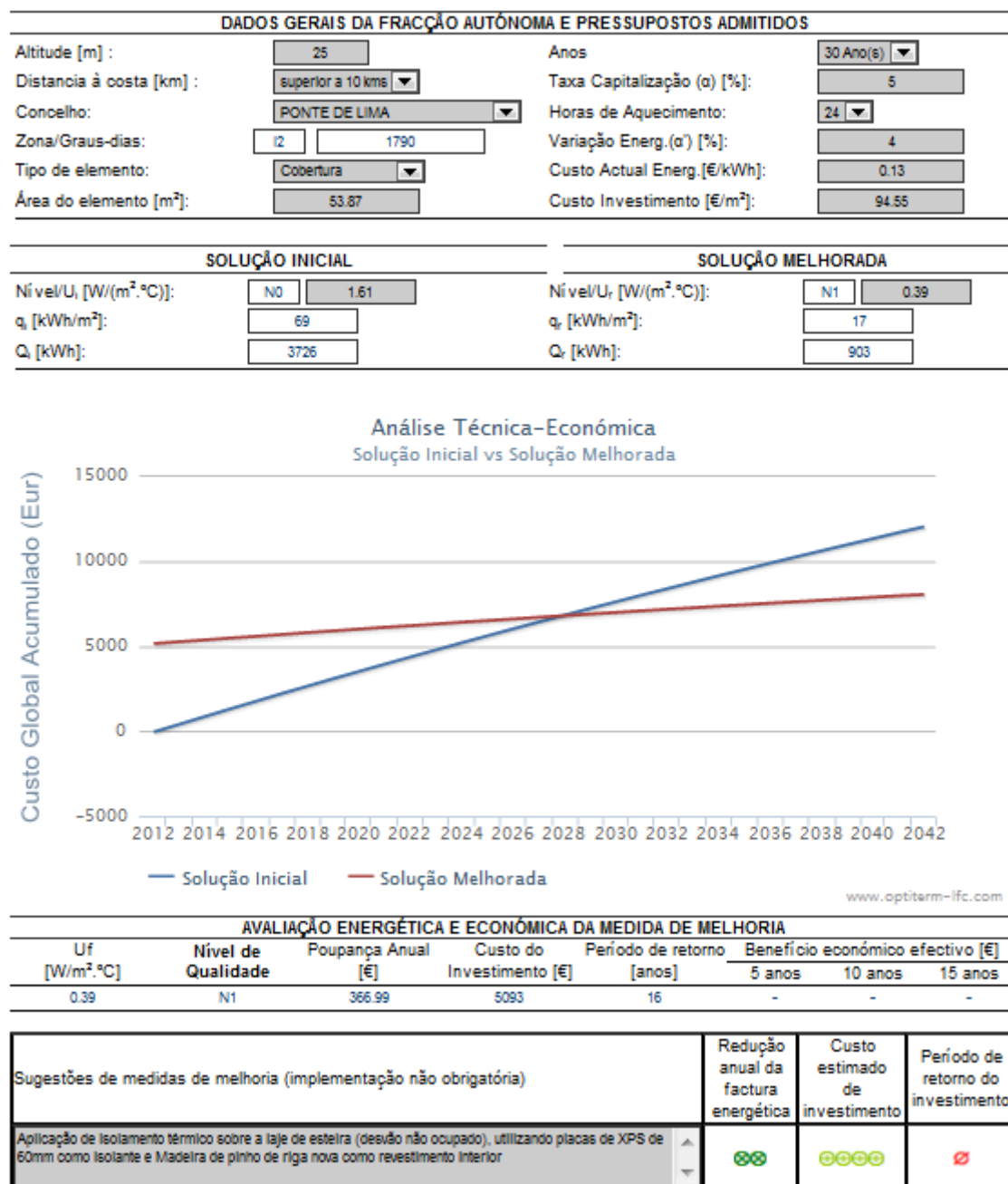


Fig. 5.13 – Ficha da “solução de cobertura D 2.4.” gerada pelo OPTITERM – LFC

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERN da solução de “Substituição da caixilharia existente, por uma nova caixilharia de madeira de aspecto idêntico ao original, melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado), e colocação de protecção solar interior (black-out)”.

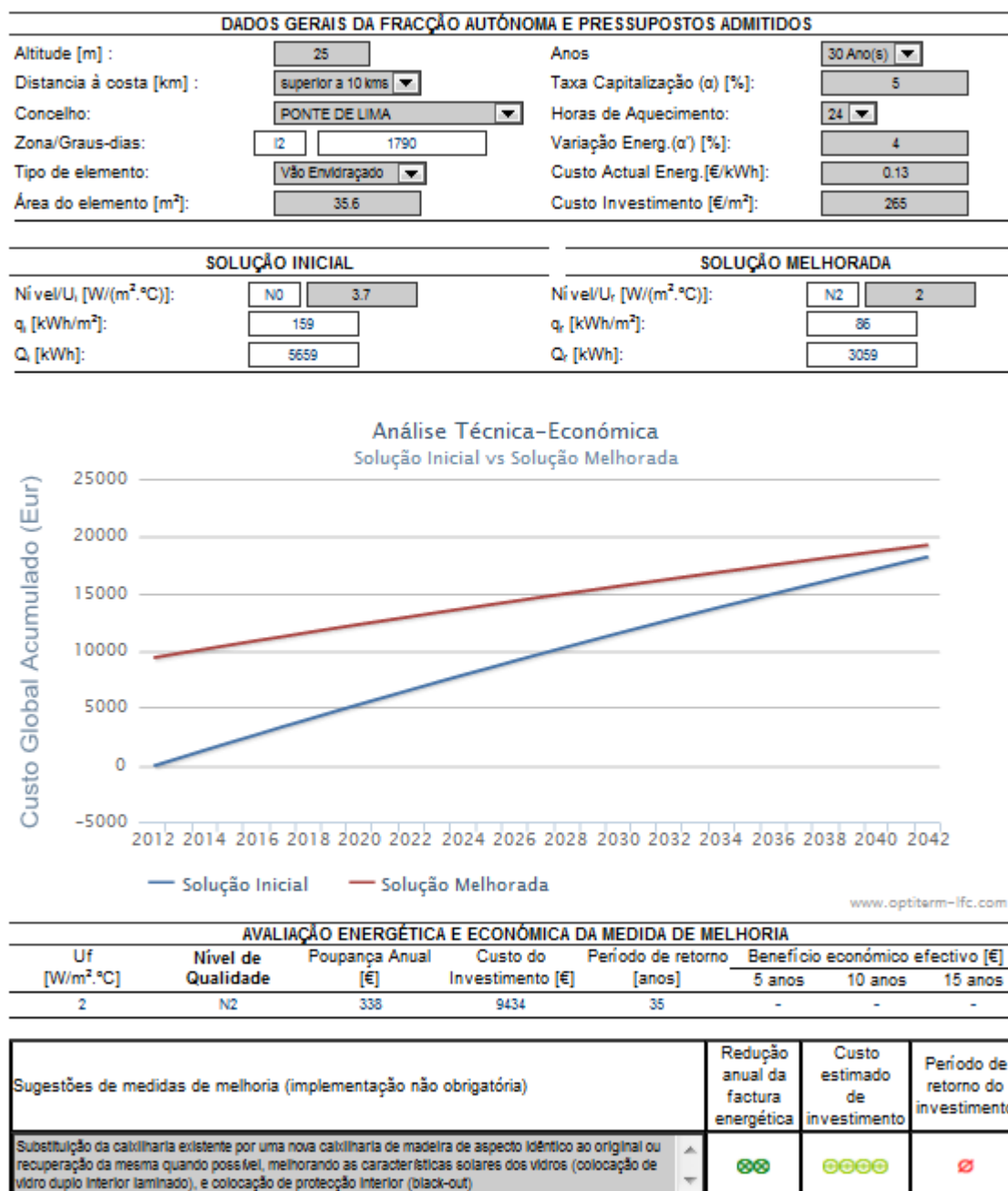


Fig. 5.14 – Ficha da “solução de envidraçados E 2.5.” gerada pelo OPTITERM – LFC

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERN da solução de “Colocação de uma caixilharia de alumínio, com vidro duplo interior laminado, e colocação de protecção solar interior (black-out)”.

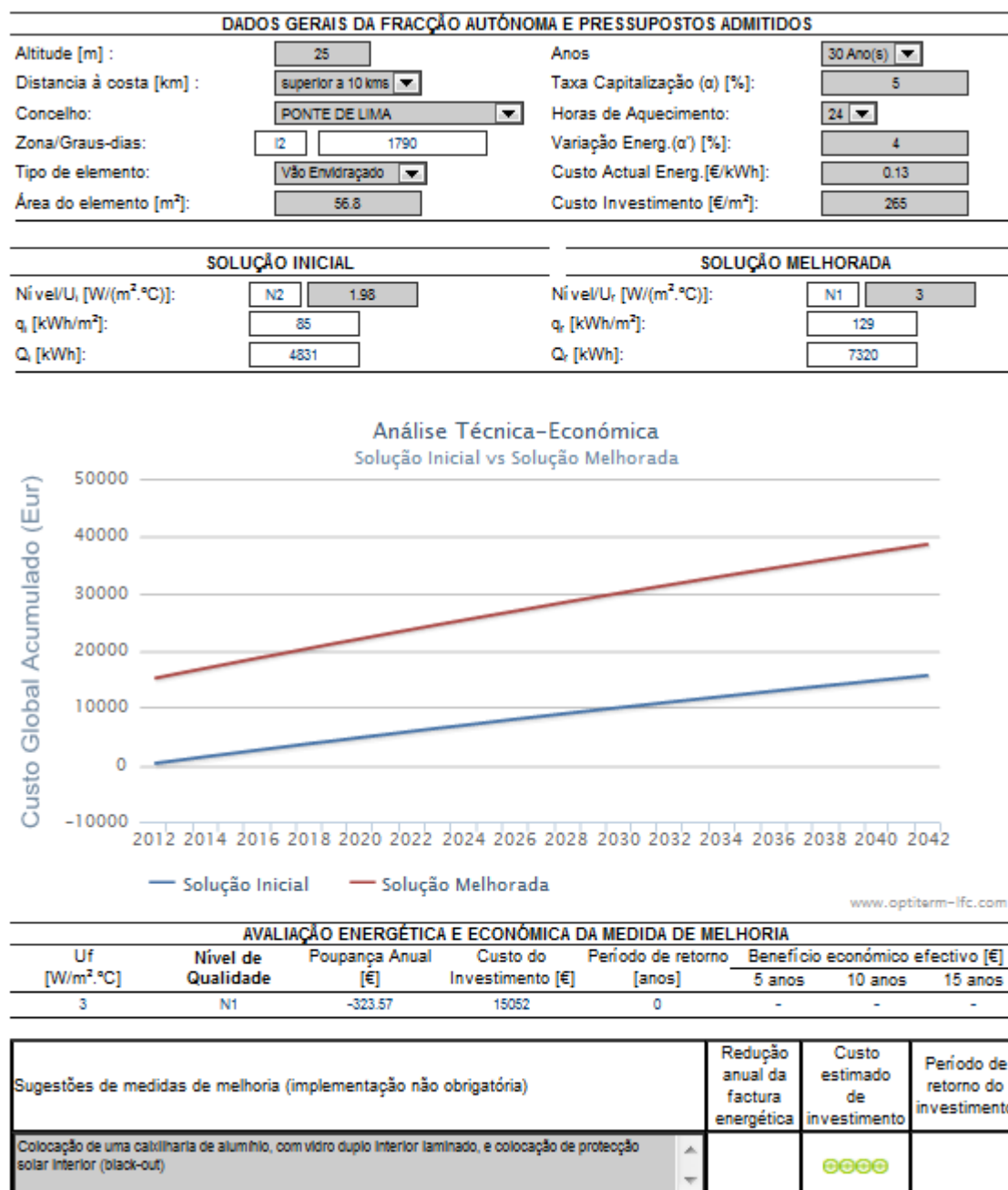


Fig. 5.15 – Ficha da “solução de envidraçados F 2.6.” gerada pelo OPTITERM – LFC

5.1.5. SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DA CASA TORREADA DOS BARBOSA ARANHA

5.1.5.1. Discriminação de soluções a avaliar e análise económica das mesmas

Tal como nos anteriores, serão analisadas neste capítulo as soluções preponderantes de reabilitação da casa n.º24 através da análise dos resultados dos custos e poupanças fornecidos pelo programa de cálculo OPTITERM e também da análise dos preços de cada solução. De forma a simplificar a apresentação da avaliação, incluíram-se quadros, gráficos e imagens elucidativas. Também neste edifício, em nenhuma das soluções de paredes exteriores se atribui os custos dos revestimentos exteriores, visto que se considera que estes se mantêm os mesmos, ou seja, reboco tradicional em todas as paredes a intervencionar.

Quadro 5.3 – Listagem das soluções e custos associados – C.B.A.

Tipo de elemento		Solução	Custo [€/m²]	Área do elemento [m²]	Custo de investimento [€]
Parede exterior	A.3.1	Aplicação de isolamento térmico pelo interior, utilizando placas de XPS de 60mm como isolante e placas de gesso cartonado como revestimento interior leve	38	339,17	12888,46
Cobertura	C.3.2	Aplicação de isolamento térmico nas vertentes sob e sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando placas de XPS de diferentes espessuras (50 e 100mm respectivamente) como isolante sob e sobre a estrutura, e placas de gesso cartonado como revestimento interior – Parte da área de cobertura do edifício adjacente	31	55,18	1710,58
Cobertura	C.3.3	Aplicação de isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando placas de XPS de 50mm como isolante, e placas de gesso cartonado como revestimento interior – Restante área de cobertura do edifício adjacente	19	56,25	1068,75
Cobertura	C.3.4	Aplicação de isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando painéis sandwich com placas de XPS de 100 mm como isolante, e tábua maciça de abeto como revestimento interior – Zona da torre	50	43,43	2171,50
Vãos envidraçados	E.3.5	Substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia de madeira de aspecto idêntico ao original ou recuperação da mesma quando possível, melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado), e colocação de protecção solar interior (black-out)	340	33,7	11458,00

Através dos resultados obtidos dos custos de investimento, criou-se o seguinte gráfico que demonstra a percentagem de custo de cada solução a implementar no edifício.

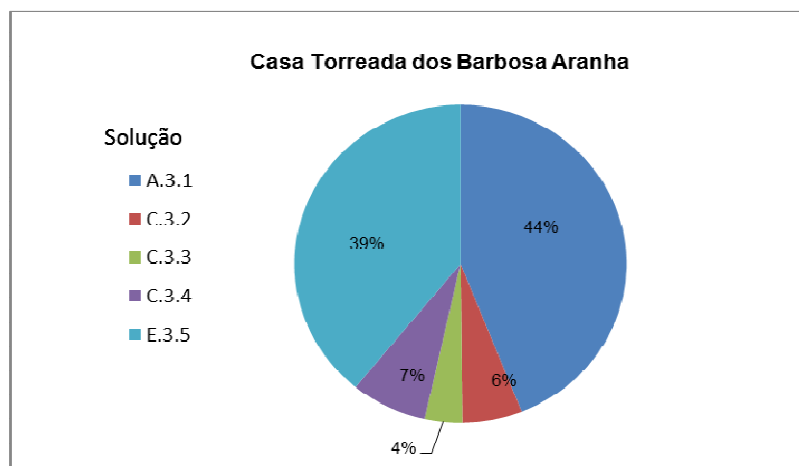


Fig. 5.16 – Gráfico da percentagem de custos de cada solução

Através de observação gráfica, constata-se que a solução que apresenta a maior percentagem de custo de investimento é a solução das paredes exteriores, que sugere a aplicação de isolamento térmico pelo interior, utilizando placas de XPS de 60mm como isolante e placas de gesso cartonado como revestimento interior leve. A solução que acarreta mais custos em seguida à anteriormente referida é a proposta para os vãos envidraçados, que propõe a substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia de madeira de aspecto idêntico ao original ou recuperação da mesma quando possível, melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado), e colocação de protecção solar interior (black-out).

Verifica-se portanto, que uma grande fatia do custo total de investimento se deve aos custos das soluções de melhoria dos vãos envidraçados. O grande factor responsável pelo elevado custo das soluções dos vãos envidraçados, é o material constituinte dos mesmos, aliado à significativa área de intervenção. A madeira é um material considerado caro em comparação com outros materiais para aplicação nos mesmos elementos, e como tal, os custos associados são portanto elevados. A inclusão de protecção interior é também uma medida termicamente favorável mas que agrava ainda mais os custos. O outro material constituinte da solução de vãos envidraçados “F”, o alumínio, já apresenta um preço mais a ter em conta, no entanto tal como a solução anterior, a área de intervenção representa um valor elevado o que torna a solução também relativamente dispendiosa.

O facto de futuramente estar prevista a utilização deste imóvel para servir de local de exposições e de “Museu do Vinho Verde”, faz que com que seja possível e até aconselhável a utilização de materiais mais em conta, ou seja, que não acarretem custos demasiadamente elevados. O facto de estar previsto a colocação de revestimento interior à base de painéis de gesso cartonado na grande maioria do edifício, evidencia uma clara medida de poupança económica em comparação a outros tipos de revestimento interior, tais como os utilizados nos outros edifícios analisados.

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERM da solução de “Aplicação de isolamento térmico pelo interior, utilizando placas de XPS como isolante e placas de gesso cartonado como revestimento interior leve”.

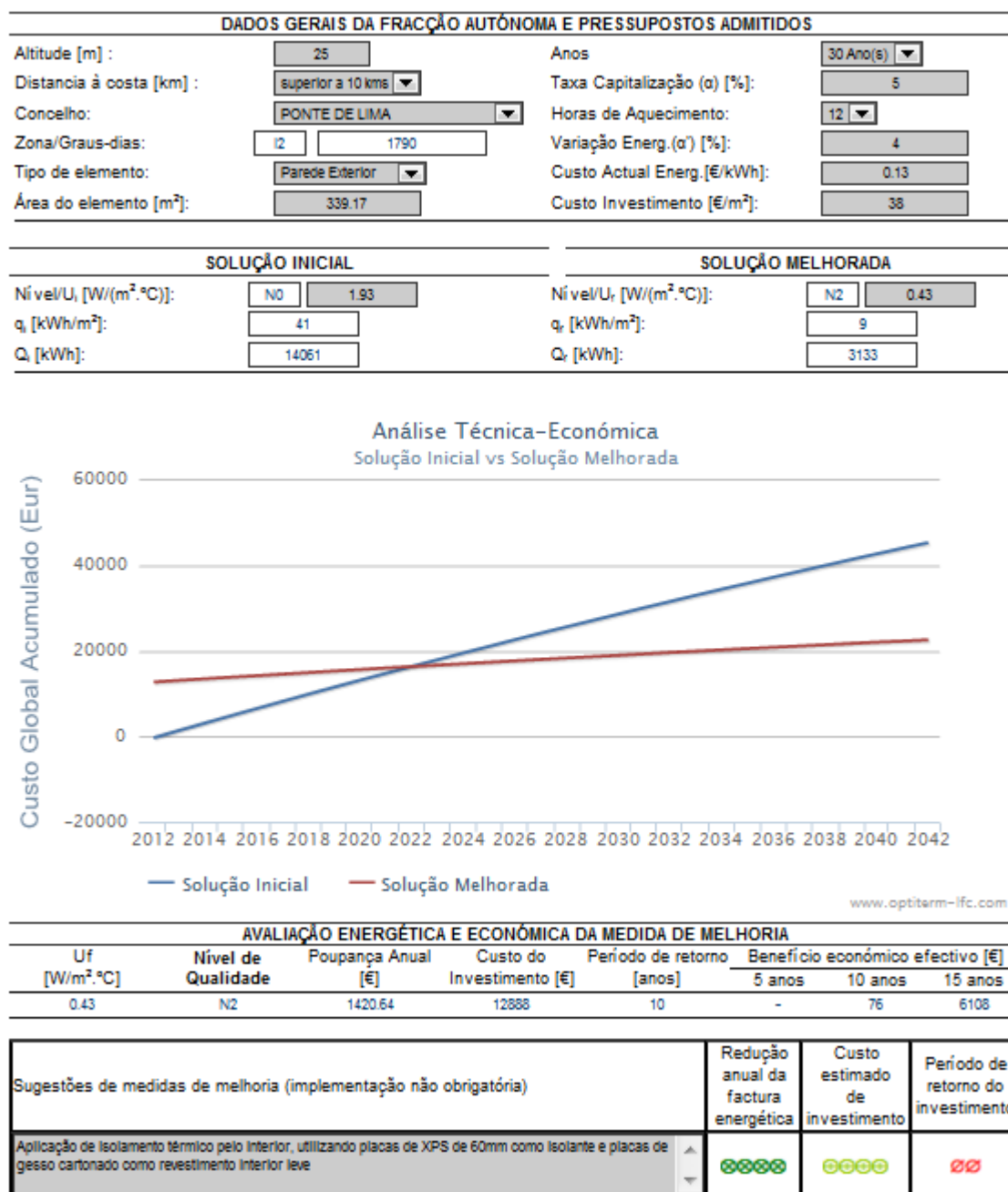


Fig. 5.17 – Ficha da “solução de parede exterior A 3.1.” gerada pelo OPTITERM - LFC

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERM da solução de “Aplicação de isolamento térmico nas vertentes sob e sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando placas de XPS de diferentes espessuras como isolante sob e sobre a estrutura, e placas de gesso cartonado como revestimento interior – **Parte da área de cobertura do edifício adjacente**”.

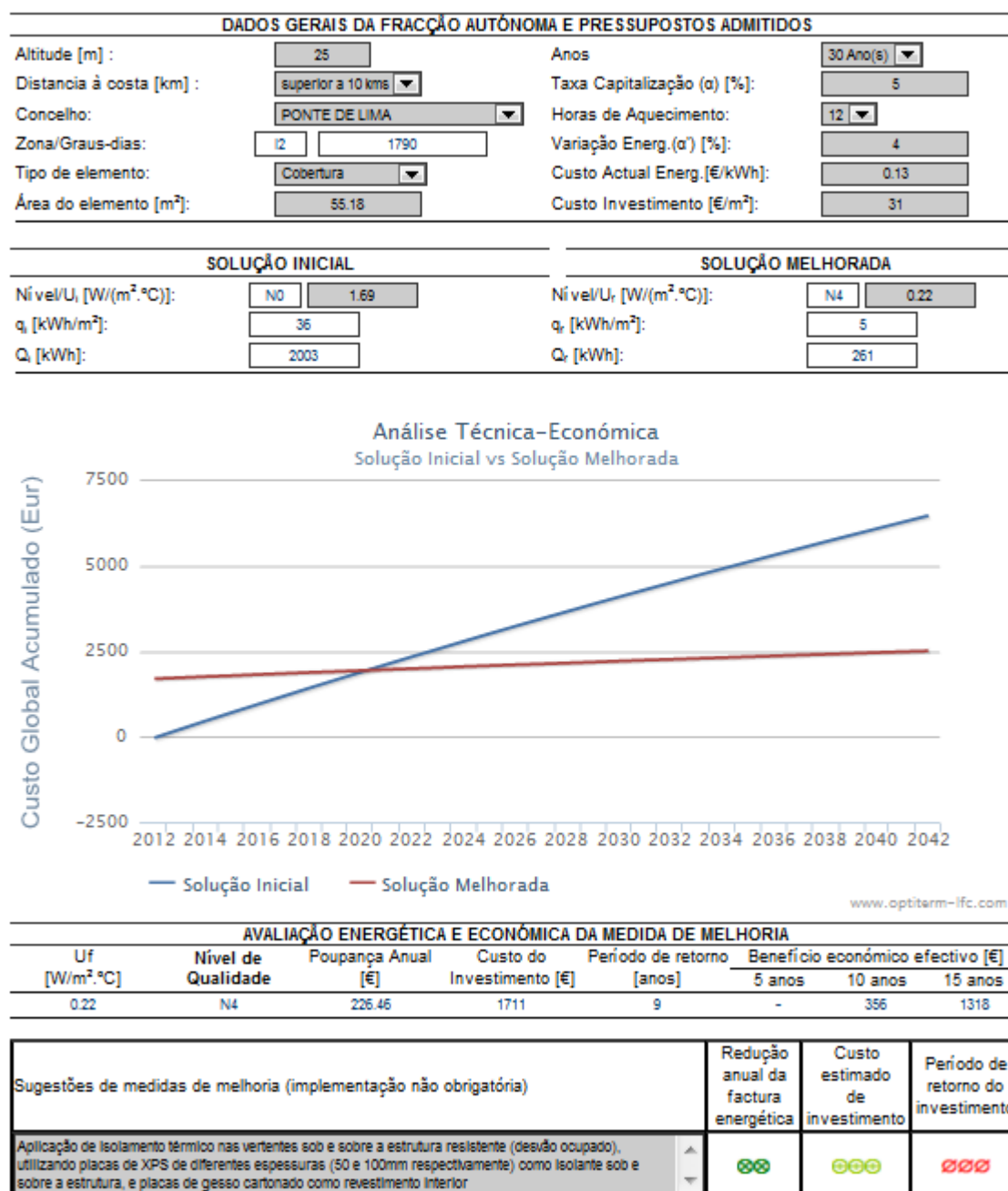


Fig. 5.18 – Ficha da “solução de cobertura C 3.2.” gerada pelo OPTITERM – LFC

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERN da solução de “Aplicação de isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando placas de XPS como isolante, e placas de gesso cartonado como revestimento interior – **Restante área de cobertura do edifício adjacente**”.

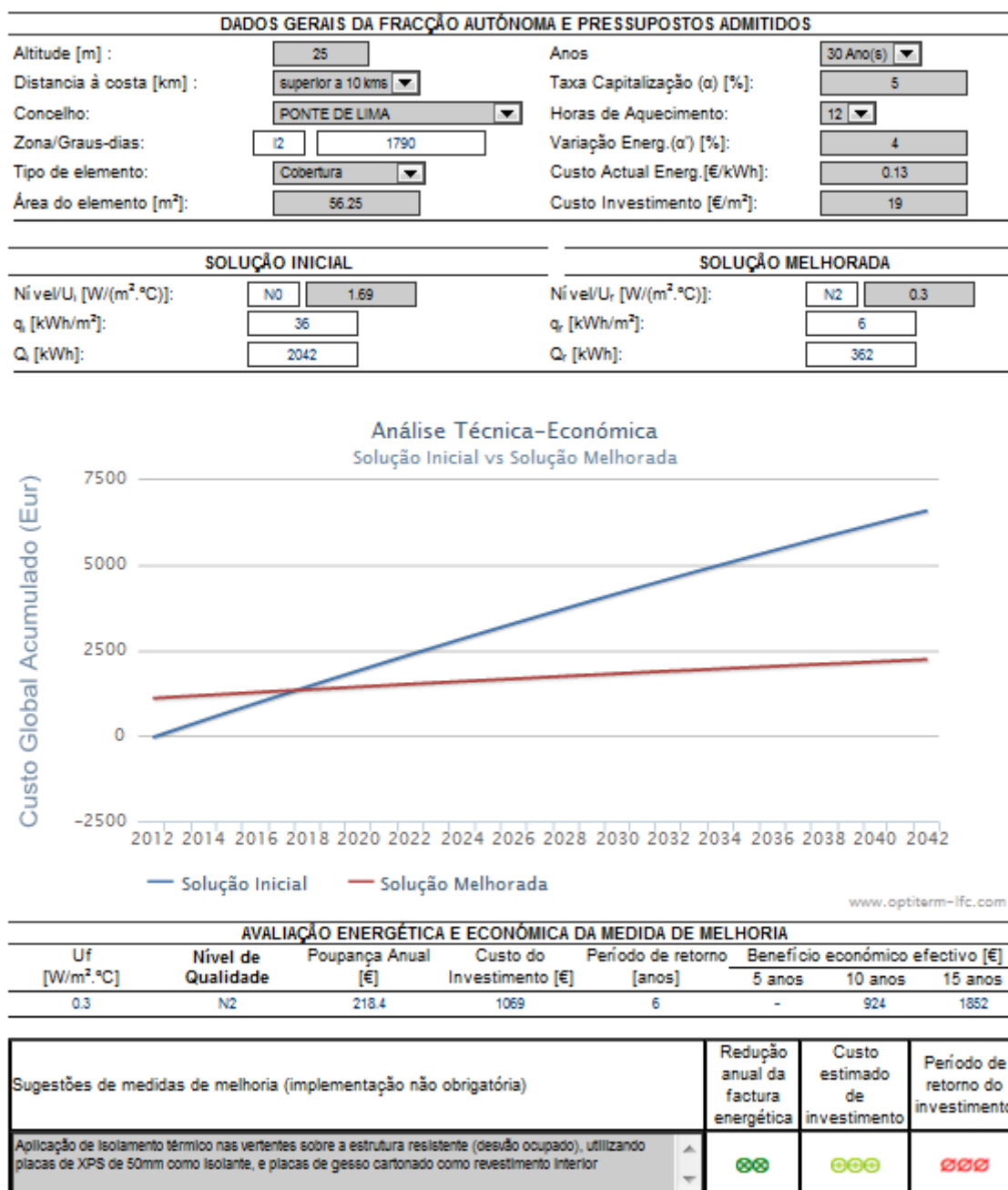


Fig. 5.19 – Ficha da “solução de cobertura C 3.3.” gerada pelo OPTITERM – LFC

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERN da solução de “Aplicação de isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente (desvão ocupado), utilizando placas de XPS como isolante, e madeira maciça de abeto como revestimento interior – Zona da torre”.

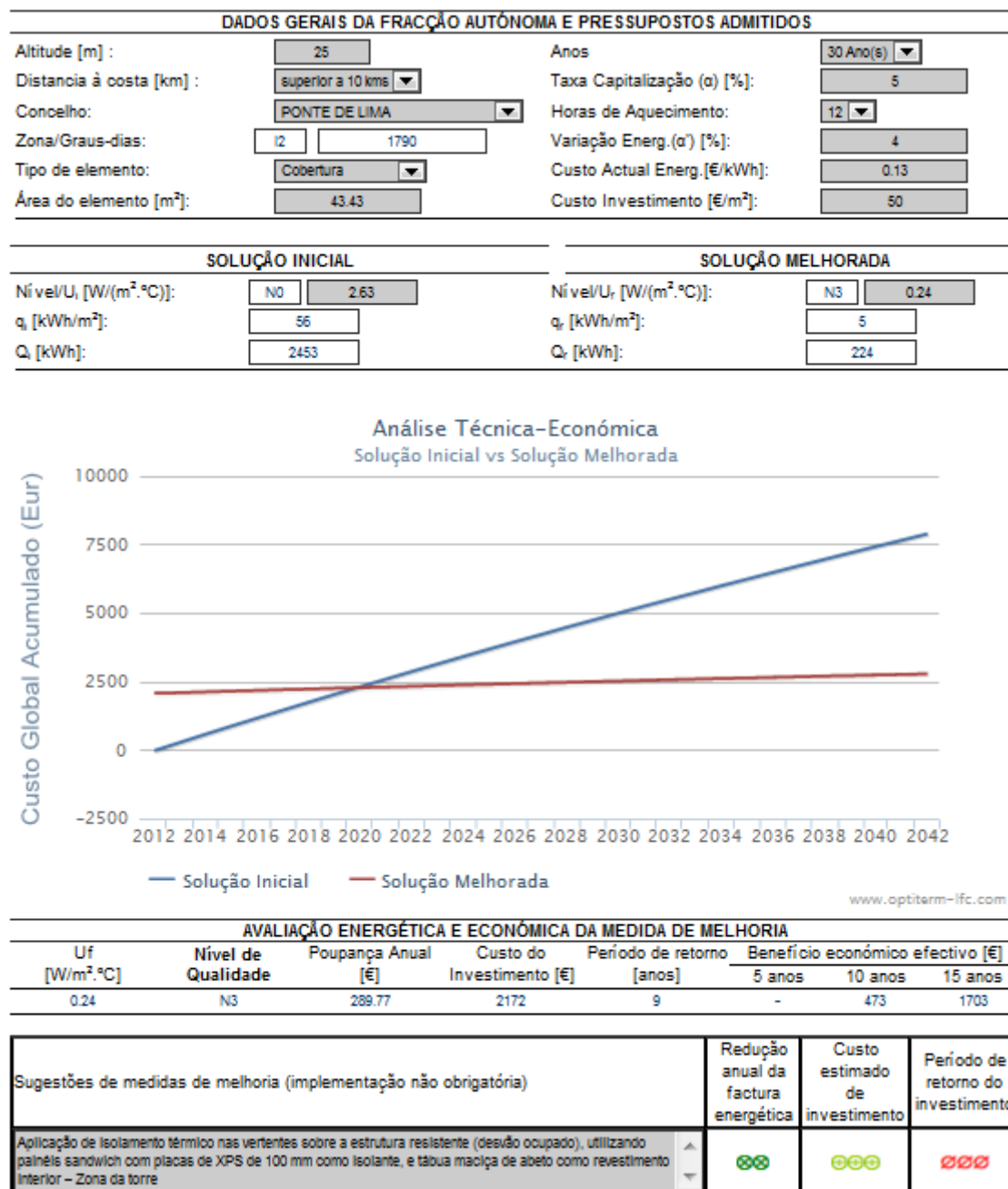


Fig. 5.20 – Ficha da “solução de cobertura C 3.4.” gerada pelo OPTITERM – LFC

A seguinte figura representa o cálculo OPTITERN da solução de “Substituição da caixilharia existente, por uma nova caixilharia de madeira de aspecto idêntico ao original, melhorando as características solares dos vidros (colocação de vidro duplo interior laminado), e colocação de protecção solar interior (black-out)”.

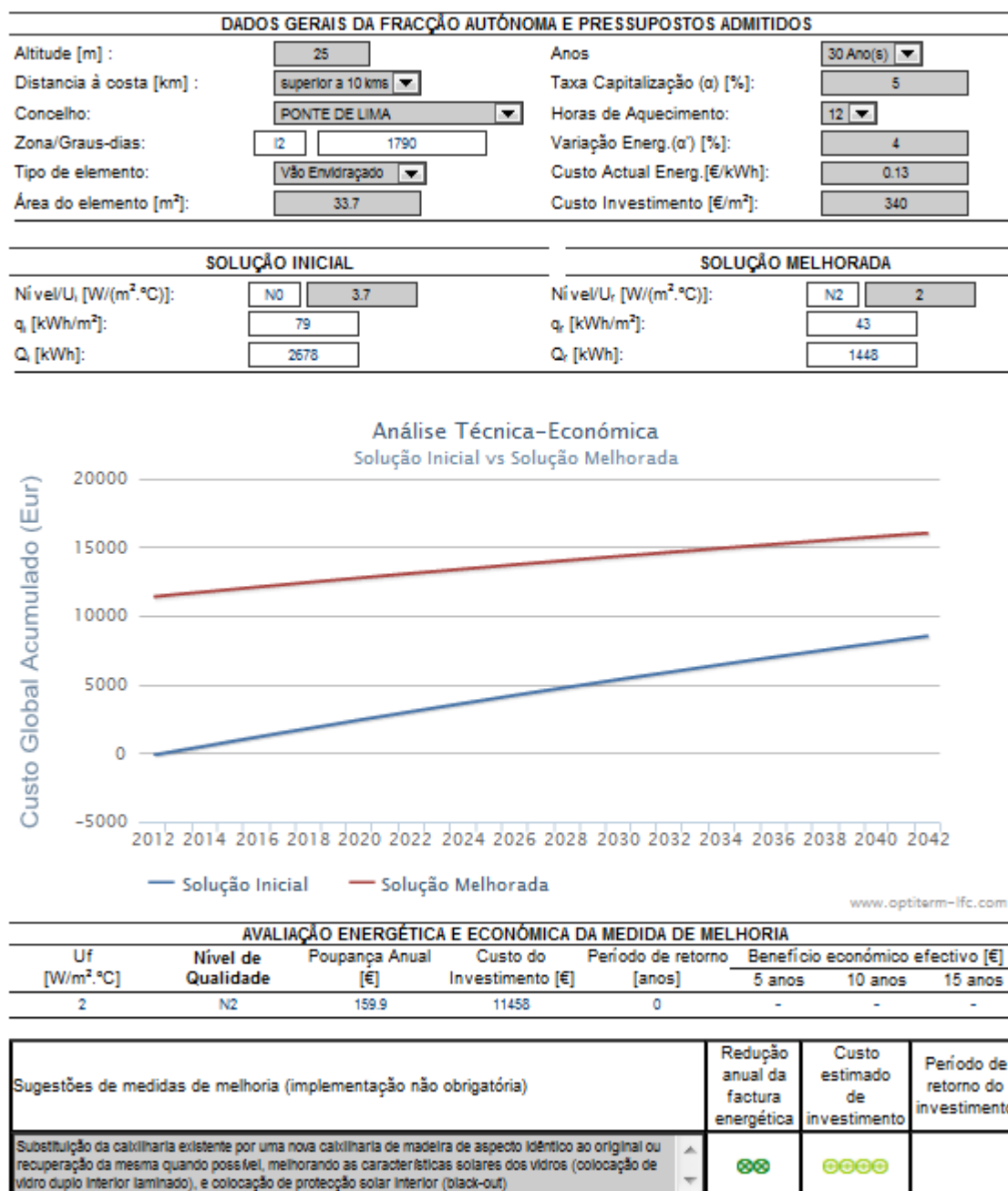


Fig. 5.21 – Ficha da “solução de envidraçados E 3.5.” gerada pelo OPTITERM – LFC

5.2. RESUMO E CONCLUSÕES DA AVALIAÇÃO ECONÓMICA DOS EDIFÍCIOS

A avaliação económica baseia-se na análise dos custos iniciais, ou seja, de investimento e, na análise do período de retorno do mesmo. Esse período de retorno está associado não só ao custo de investimento mas também à poupança anual que por sua vez está associada ao nível de qualidade da solução. É de salientar que o período de retorno de cada solução se identifica no gráfico da ficha gerada pelo programa de cálculo, onde as linhas da solução inicial e da solução melhorada se intersectam. Lembra-se novamente que valores apresentados relativamente à poupança anual, custo de investimento e consequentemente período de retorno e benefícios económicos efectivos não podem ser considerados 100% exactos devido à sua instabilidade e consequente variação de taxas e custos, servindo estes essencialmente para verificar se as soluções adoptadas são adequadas e rentáveis.

Após uma análise exaustiva das soluções de reabilitação de cada edifício, apresenta-se um quadro comparativo das distintas soluções utilizadas com um resumo dos resultados obtidos no programa de cálculo.

Quadro 5.4 – Resumo dos cálculos OPTITERM

Edifício	Tipo de elemento	Solução	U _i [W/(m ² .°C)]:	U _f [W/(m ² .°C)]:	Nível de qualidade inicial	Nível de qualidade da solução	Poupança anual [€]	Período de retorno [anos]
Hotel nº9	Parede exterior	A.1.1	1,9	0,47	N0	N1	810,81	8
	Parede exterior	B.1.2	2,95	0,34	N0	N3	698,39	5
	Cobertura	C.1.3	1,61	0,23	N0	N3	840,84	9
	Vãos envidraçados	E.1.4	3,7	2	N0	N2	611,13	-
	Vãos envidraçados	F.1.5	3,7	3	N0	N1	163,02	-
Hotel nº24	Parede exterior	A.2.1	1,98	0,54	N0	N1	2208,96	13
	Parede exterior	B.2.2	2,95	0,19	N0	N4	705,25	10
	Cobertura	C.2.3	1,61	0,38	N0	N1	170,17	16
	Cobertura	D.2.4	1,61	0,39	N0	N1	366,99	16
	Vãos envidraçados	E.2.5	3,7	2	N0	N2	338	35
	Vãos envidraçados	F.2.6	1,98	3	N0	N1	-323,57	-
C.B.A.	Parede exterior	A.3.1	1,93	0,43	N0	N2	1420,64	10
	Cobertura	C.3.2	1,69	0,22	N0	N4	226,46	9
	Cobertura	C.3.3	1,69	0,3	N0	N2	218,4	6
	Cobertura	C.3.4	2,63	0,24	N0	N3	289,77	9
	Vãos envidraçados	E.3.5	3,7	2	N0	N4	159,9	-

Através da observação dos valores presentes no anterior quadro podem retirar-se conclusões sobre alguns aspectos tais como: a melhoria dos coeficientes de transmissão térmica e do nível de qualidade, a poupança anual após a aplicação das medidas de melhoria, e por fim também será possível retirar-se algumas conclusões sobre o período de retorno dos investimentos.

Sobre os coeficientes de transmissão térmica não resta qualquer dúvida sobre as melhorias térmicas significativas que as soluções propostas apresentam, tal como já tinha sido explicado no **Capítulo 4**. Os níveis de qualidade estão associados ao U , e como tal, verifica-se também uma melhoria desses níveis em todas as soluções (mais acentuado numa solução que outras). Estes dados não estão directamente relacionados com uma análise económica, no entanto entende-se como um complemento necessário a análise destes, visto que é essencial conjugar a poupança energética com a poupança financeira e como tal não se pode considerar uma solução apropriada pelo simples facto de que possa acarretar poucos custos de investimento.

Quanto melhor for o nível de qualidade maior é a poupança anual. Contudo, isso não está explícito no quadro acima, visto que a poupança anual está associada à área do elemento a ser intervencionada, e como as áreas são diferentes para cada solução, os valores de poupança anuais obrigatoriamente também serão.

Relativamente aos períodos de retorno, a primeira elação a tirar é que nenhum tipo de solução de vão envidraçado apresenta um período de retorno sequer considerável. Pode então claramente concluir-se que as melhorias dos vãos envidraçados se justificam em termos térmicos, funcionais, estéticos e de durabilidade, mas não em termos económicos. É ainda de salientar que a solução de colocação de caixilharia de alumínio, além de não apresentar grandes ganhos económicos também não apresenta claros ganhos energéticos visto que o U_i difere relativamente pouco do U_f .

Quanto ao período de retorno das restantes soluções, verifica-se que para as soluções propostas para o Hotel n.º9 e para a Casa dos Barbosa Aranha este apresenta valores considerados aceitáveis. Relativamente ao Hotel n.º24, apresenta períodos de retorno de uma forma geral elevados. Estes valores estão associados ao elevado custo das soluções pelos motivos explicados no **subcapítulo 5.1.4.1**.

Constata-se que a solução que apresenta melhores desempenhos energéticos e consequentemente económicos é a solução que propõe a aplicação de isolamento pelo exterior.

Com vista a uma avaliação mais genérica dos custos, o seguinte gráfico representa o custo de investimento [€/m²] do conjunto de soluções referentes a cada um dos edifícios analisados.

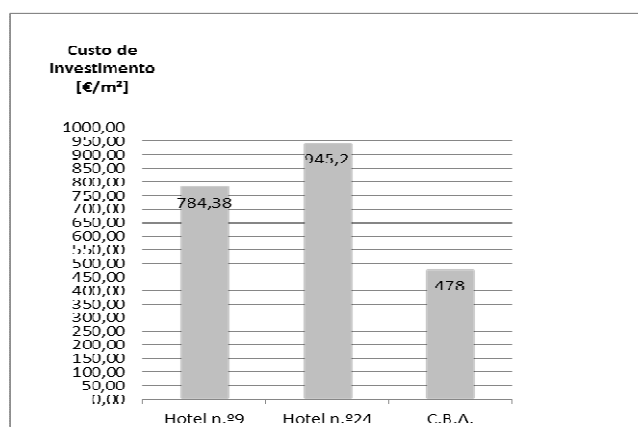


Fig. 5.22 – Gráfico do conjunto de custos das soluções de intervenção

Por observação gráfica facilmente se conclui que o edifício que apresenta mais vantagens económicas é sem margem para dúvida a Casa Torreada dos Barbosa Aranha. Os custos desta são significativamente mais em conta do que os dos outros edifícios.

Passando agora a uma análise pormenorizada das soluções propriamente ditas, apresenta-se o seguinte gráfico.

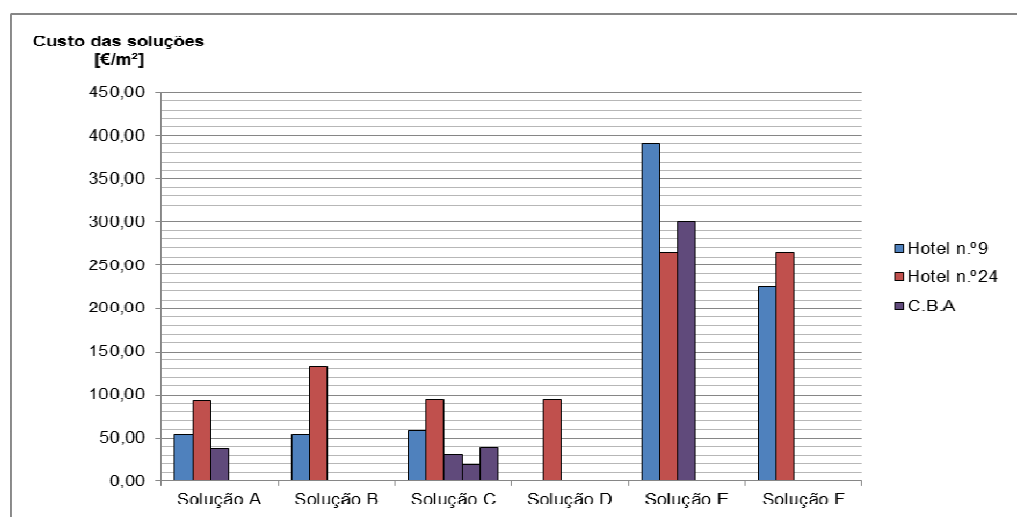


Fig. 5.23 – Gráfico de custos das distintas soluções de intervenção

Como se torna ainda mais evidente, as soluções de reabilitação que possuem custos mais elevados são notoriamente os vãos envidraçados, tanto os de madeira como os metálicos.

A área de intervenção dos vãos envidraçados é supostamente bastante inferior à área de elementos tais como paredes exteriores e coberturas, e por isso seria normal que mesmo que o custo fosse mais elevado, o investimento comparado com o total gasto não seria tão significativo. No entanto é, porque este tipo de edifícios antigos possuem vãos de grandes dimensões.

Torna-se importante realçar que a introdução de isolamento térmico nos elementos, devido aos custos geralmente reduzidos, não implica grandes custos de investimento. Assim sendo, pode afirmar-se que este tipo de medidas são termicamente bastante vantajosas para a aplicação na reabilitação de edifícios antigos e que num relativo curto espaço de tempo se obtém o retorno financeiro do investimento relativo aos materiais isolantes.

6

POSSÍVEIS SOLUÇÕES ALTERNATIVAS

6.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Como é compreensível, existem sempre diferentes maneiras e perspectivas de interpretar o mesmo problema.

No ramo da reabilitação, diferentes equipas projectistas podem propor diferentes soluções para o mesmo tipo de intervenção, ou seja, por exemplo ambas podem sugerir a aplicação de isolamento térmico em determinado elemento construtivo, mas o modo de aplicação desse pode variar. Uma equipa pode optar por colocar o material isolante pelo interior do elemento construtivo e a outra equipa pode optar pela colocação do mesmo pelo exterior. Contudo, ambas estão a propor soluções de reabilitação que trarão melhorias ao comportamento térmico do edifício intervencionado. Essa diferente perspectiva de resolução de problemas pode passar também pela sugestão de um tipo de solução idêntica mas com materiais constituintes diferentes.

Relativamente aos edifícios antigos, como geralmente se tenta preservar o seu aspecto original, isso cria diversas restrições à aplicação de determinadas soluções. É portanto essencial tentar conciliar todo o tipo de restrições e criar uma solução que se adeque ao edifício. O objectivo é criar medidas de reabilitação que promovam a melhoria de qualidade e conforto interior aliadas a uma poupança energética. Essas medidas devem tentar ser o mínimo dispendioso possível, tendo em atenção às restrições a que cada edifício está sujeito.

6.2. ASPECTOS RESTRITIVOS DAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO

Quando se fala de reabilitação de edifícios antigos, há necessariamente que ter em conta as restrições a que estes estão sujeitos. Como tal, não é permitida a realização de qualquer tipo de intervenção na estrutura ou aspecto do imóvel, sem a indispensável aprovação de diversas entidades, tais como os Municípios, o IGESPAR, as Direcções Regionais de Cultura entre outras.

O IGESPAR, I.P. e as Direcções Regionais de Cultura (DRC) apenas têm competências nos imóveis classificados (IIP e MN) e nas respectivas zonas de protecção (ZP) ou zonas especiais de protecção (ZEP). Nesta perspectiva, há muitos centros históricos que não estão abrangidos (total ou parcialmente) por servidão administrativa de âmbito do património cultural. Nestes casos, a competência é exclusiva do respectivo município. A gestão por parte dos municípios faz-se frequentemente com recurso unicamente ao PDM, o que é manifestamente insuficiente. No entanto,

nas duas últimas décadas, muitos municípios têm vindo a fazer um esforço no sentido de se equiparem tecnicamente (recursos humanos e materiais), de modo a dar uma resposta apropriada à defesa e gestão dos seus centros urbanos/históricos, seja através de Gabinetes Técnicos Locais, seja através da elaboração de instrumentos de planeamento, como os planos de pormenor (PP) ou planos de pormenor de salvaguarda (PPS), estes últimos com a colaboração das DRC/IGESPAR.

No que respeita aos critérios de intervenção no edificado – nomeadamente em centros históricos – não existe um documento oficial da parte da tutela (IGESPAR/DRCs) que contenha as regras de intervenção em centros históricos. Refira-se, no entanto, que a existir um documento único, certamente se compreenderá que teria de ser necessariamente um instrumento de carácter generalista e de recomendação, pois não é possível estabelecer regras específicas a nível nacional, face à enorme diversidade do nosso património, mesmo que se refira só aos centros históricos.

Existem sim documentos parciais, alguns deles publicados, nomeadamente nas publicações do IPPAR/IGESPAR (nomeadamente na revista Estudos) e da extinta DGEMN (Revista Monumentos). As Cartas, Convenções e Recomendações Internacionais são outra fonte de documentação importante, pese embora o carácter muito generalista dos seus postulados. A legislação sobre património é, obviamente, outro instrumento fundamental para qualquer intervenção, nomeadamente a Lei de bases do património (Lei n.º 107/2001), o Regime Jurídico da Reabilitação Urbana (D.L. n.º 307/2009) e o D.L. n.º 140/2009 (que estabelece o controlo e a responsabilização sobre as intervenções em edifícios/conjuntos classificados).

Os critérios de apreciação são mais apertados no caso dos imóveis/conjuntos classificados e mais flexíveis no caso das ZP/ZEP.

Garantir a protecção e promover a valorização do património cultural; afirmar os valores patrimoniais, materiais e simbólicos como factores de identidade, diferenciação e competitividade urbana; requalificar os espaços verdes, os espaços urbanos e os equipamentos de utilização colectiva. São alguns dos objectivos tidos em consideração na reabilitação urbana.

A preservação dos aspectos originais dos edifícios é a preocupação primordial na reabilitação de edifícios antigos em centros históricos.

6.3. ASPECTOS GERAIS DAS RESTRIÇÕES DE CADA EDIFÍCIO

Falando um pouco mais objectivamente sobre os edifícios em causa é, necessário salientar o facto de que estes se encontram em zonas diferentes. Os Hotéis situam-se na zona abrangida pelo Plano de Pormenor de Além Ponte – Ponte de Lima, e a Casa Torreada dos Barbosa Aranha na zona abrangida pelo Plano Pormenor de Ponte de Lima. O facto deste último estar classificado como IIP, torna-o portanto “susceptível” a um maior aperto dos critérios de apreciação.

Individualizando um pouco cada edifício, podemos constatar que no caso dos hotéis, o principal objectivo foi manter a originalidade das fachadas e cobertura. Manter as paredes exteriores em granito com reboco tradicional, a chapa metálica como revestimento exterior do último piso, a cobertura em telha cerâmica lusa, as cantarias em granito (varandas, soleiras, padieiras, etc), as caixilharias de madeira, entre outras, são algumas das implicações obrigatórias e consequentes restrições da reabilitação desses dois edifícios. Será impossível manter a igual disposição das paredes interiores na sua totalidade, devido à incompatibilidade das antigas funcionalidades, com a futura adaptação a edifícios de uso turístico e comercial.

Na Casa Torreada dos Barbosa Aranha, o elemento que merece especial atenção é sem dúvida a imponente torre e toda a cantaria de granito que se insere no edifício. Criteriosamente semelhante aos imóveis referidos anteriormente, também neste edifício se tenta preservar todo o tipo de alvenarias de granito. No entanto, neste caso torna-se obrigatório manter a disposição das paredes exteriores e interiores na íntegra. Na zona respeitante à torre, é estritamente obrigatório manter o aspecto original, tanto exterior como interior. No restante edifício, os critérios a aplicar são os anteriormente referidos, à excepção do revestimento metálico no último piso.

Nunca pondo em causa que a preservação do Património Cultural é um aspecto extremamente importante, nem nunca querendo dizer que essa preservação tenha implicações negativas, somente se pretende demonstrar que isso implica restrições ao nível da utilização de tipos de materiais e soluções.

Essa evidência somente serve para que os projectistas, arquitectos e engenheiros, estudem e encontrem soluções cada vez mais apropriadas à arte da reabilitação.

6.4. EXEMPLOS DE MATERIAIS ALTERNATIVOS

6.4.1. DESCRIÇÃO DE POSSÍVEIS ALTERNATIVAS AOS MATERIAIS PROPOSTOS

Após a análise destes três edifícios antigos, entende-se que poderiam ser propostas outro tipo de soluções alternativas que trariam melhorias não só técnicas mas também económicas.

Entre muitos, alguns materiais que provavelmente poderiam trazer algum tipo de melhoria seriam por exemplo a Poliureia, o betão celular autoclavado, a espuma rígida de poliisocianurato (PIR) e o PVC. Alguns dos materiais propostos nos projectos dos edifícios analisados podem também eles mesmos ser alternativas, ou seja, devido à grande diversidade de materiais utilizados, um material proposto para uma solução pode ser alternativa a outro. A questão mais evidente é a da utilização de painéis de madeira de pinho riga nova, que como alternativa poderia apresentar-se os painéis de MFD. Isto porque além de ser um material com aspecto semelhante ao da madeira, possuir características técnicas semelhantes, possui ainda um custo de compra bastante mais reduzido. Nos capítulos referentes às avaliações técnicas e económicas estão explicitas todas as características dos dois materiais.

Nos vãos envidraçados que possuem somente os black-outs como protecção solar interior, poderia sugerir-se a substituição destes por portadas de madeira interiores. Estas apresentam protecção solar e durabilidade superior, logo seriam mais vantajosas em termos térmicos. No entanto, esta medida implicaria um elevado acréscimo dos custos, visto que as portadas de madeira são bastante mais dispendiosas que os black-outs.

A lã de rocha é um material que apresenta custos inferiores comparativamente ao isolante XPS, e como tal, a aplicação de XPS sobre a laje esteira do Hotel n.º24 pode ser substituída pela aplicação do mesmo.

Assim sendo, visto que a área a intervencionar ainda é considerável, optando pela utilização do isolante lã-de-rocha e considerando-se a mesma espessura, as condições térmicas iriam agravar-se um pouco devido ao superior valor de transmissão térmica relativamente ao XPS. Contudo, esse agravamento não seria significativo, mas como forma compensatória, poderia ainda recorrer-se a um aumento da espessura do isolante, de forma a compensar essa perda térmica. Essa medida poderia no entanto, em alguns casos acarretar uma diminuição da área útil interior. Optar por esta alternativa, significaria mesmo assim, manter um conforto interior aceitável e uma diminuição dos custos.

6.4.2. POLIUREIA

Falando de alguns materiais alternativos pode por exemplo citar-se a Poliureia, e sobre este pode dizer-se que se trata de uma membrana elástica que se processa com equipamentos de projecção a quente. É um produto 100% sólido e inofensivo para o meio ambiente, que protege as superfícies do desgaste e da degradação provocadas pelo meio ambiente. Tem como característica principal, a sua capacidade impermeabilizante. Este material poderia ser aplicado por exemplo nas coberturas exteriores, introduzindo assim, uma camada impermeabilizante sobre o isolamento de cerca de 3/5mm. Admitindo a aplicação de uma camada de cerca de 5mm sobre o isolamento, a aplicação desta tornava desnecessária a aplicação da cobertura metálica. Isto porque, além de membrana impermeabilizante esta serve também de revestimento exterior.

A Poliureia pode ainda ser aplicada com várias espessuras e cores, consoante a preferência do projectista. Pode ser aplicado sobre superfícies lisas ou irregulares em coberturas, paredes ou pavimentos.



Fig. 7.1 – Exemplo de aplicação de Poliureia numa cobertura plana

Devido à sua insensibilidade à água, e à sua resistência mecânica e química torna-se um bom revestimento, tanto exterior como interior. O facto de ser um material projectado, possibilita que assim se efectue uma impermeabilização da cobertura de forma mais eficaz. Esse mesmo facto torna também mais fácil a criação de sistemas de drenagem das águas pluviais da cobertura. Possui ainda qualidades tais como uma óptima aderência aos diversos tipos de materiais de construção civil, e estima-se que possua uma durabilidade considerável. Se por alguma razão a membrana for danificada, esta pode ser reparada.

No entanto este material pode ter um aspecto negativo. Devido aos escassos meios de aplicação deste material, este apresenta um custo de investimento ainda um pouco elevado em comparação a outros tipos de impermeabilizante, apesar de que quando colocado de maneira a servir de impermeabilizante e revestimento simultaneamente, este pode tornar-se rentável. O seu custo actualmente ronda os 28/30 €/m².

6.4.3. BETÃO CELULAR AUTOCLAVADO

Passando a outro tipo de material alternativo, apresenta-se agora o betão celular autoclavado, mais usualmente denominado por YTONG. Este material é uma possível alternativa a qualquer tipo de elemento de alvenaria exterior. O betão celular autoclavado é um material de construção, inteiramente natural e não poluente, composto por areia, cal, cimento e água.

Os blocos de betão celular autoclavado possuem propriedades e características apreciáveis para a construção de alvenarias com uma qualidade considerável, nomeadamente: bom isolamento térmico, visto que possui uma condutibilidade térmica reduzida (para um elemento de alvenaria), boa resistência à compressão, incombustibilidade e resistência ao fogo, bom isolamento acústico e facilidade de manuseamento. O peso reduzido e a estabilidade dimensional deste material são características ideais para a construção de alvenarias.

A construção de paredes exteriores e interiores à base de blocos deste material, permite uma menor transmissão de carga, aos diversos elementos estruturais (lajes, vigas e pilares), em comparação a outros materiais de construção.



Fig. 7.2 – Exemplo de blocos de B.C.A. de diferentes formas e medidas

Visto que as paredes do piso 2 do Hotel n.º9 e n.º24 originais são de tabique, estas têm que ser substituídas. Em termos de projecto, está prevista a utilização de bloco térmico no imóvel n.º9 e tijolo cerâmico de 15cm de espessura no imóvel n.º24. Como tal, sabido que nos dois casos se tratam de paredes simples, a utilização de B.C.A. seria uma alternativa a ter em conta visto que proporcionaria melhores condições térmicas ao edifício.

O aspecto desvantajoso que este material apresenta, é o facto de ser necessário um apoio técnico especializado e uma assistência à obra por técnicos do fabricante. Esse tipo de precauções deverão ser tidas em conta fundamental para garantir a segurança da utilização do material, dadas as especificidades deste género de tecnologia.

Outro aspecto que é desfavorável, é a diferença de preço relativamente ao tijolo cerâmico. Aquele apresenta um custo mais elevado. No entanto, quando proposto como alternativa ao bloco de térmico, este já deverá ser tomado mais em conta como um bom substituto.

6.4.4. ESPUMA RÍGIDA DE POLIISOCIANURATO (PIR)

A espuma rígida de poliisocianurato é um material isolante térmico. As placas de PIR apresentam uma alta resistência à água e humidade visto que 95% das suas células são fechadas. Possui um bom comportamento à compressão e mesmo perante extremas variações de temperatura, as placas mantêm uma boa estabilidade dimensional. Devido à alta percentagem de gás na sua composição, as placas desta espuma são leves e de baixa densidade.



Fig. 7.3 – Exemplos de placas de PIR

O grande aspecto positivo deste material, é o facto de possuir um baixo índice de condutibilidade térmica. O seu coeficiente varia um pouco de fabricante para fabricante, tal como qualquer outro tipo de isolante, no entanto, em comparação com o isolante térmico maioritariamente utilizado na reabilitação destes edifícios, o XPS, este possui uma condutibilidade inferior.

Enquanto o XPS possui uma condutividade térmica $\lambda = 0,037 \text{ w/m.k}$, o PIR possui uma condutividade $\lambda = 0,023 \text{ w/m.k}$. Este material alternativo apresenta ainda melhores propriedades, tais como a estabilidade dimensional e a resistência ao fogo, comparativamente ao XPS. Como tal pode afirmar-se que este material é uma alternativa mais favorável em termos técnicos que o XPS.

O facto da espuma de poliisocianurato apresentar melhores propriedades térmicas, torna possível a redução de espessura necessária para a obtenção do mesmo nível de isolamento.

Relativamente aos custos, este material apresenta um custo que corresponde relativamente ao dobro do custo de aplicação de XPS.

6.4.5. PVC (POLICLORETO DE VINILO)

O PVC é um material plástico sólido. É leve, quimicamente inerte e completamente inócuo. É também um material resistente ao fogo e às intempéries e impermeável. Pode ser um bom isolante (térmico, eléctrico e acústico). Essas características fazem com que este material seja uma alternativa exequível.



Fig. 7.4 – Exemplo de caixilharia de PVC

Quando comparado por exemplo à madeira, o PVC apresenta propriedades semelhantes à madeira e no entanto possui um custo mais reduzido. No entanto, devido às restrições arquitectónicas é inviável substituir a madeira por PVC. Quando aos vãos envidraçados que possuem caixilharia de alumínio já é sensato ponderar a preferência do PVC em detrimento do alumínio visto que apesar de ser mais caro cerca de 20 a 30 €/m², este possui características termo/acústicas mais vantajosas. Quanto à durabilidade, estima-se que o PVC apresente um período de vida útil um pouco inferior ao alumínio.

Sendo que este material possui uma boa relação qualidade-preço, parece bastante razoável considerar o PVC como uma alternativa viável ao alumínio, e nos casos em que seja autorizado, também às caixilharias de madeira.

7

CONCLUSÃO

7.1. NOTAS FINAIS

A avaliação técnico-económica de soluções de reabilitação aplicadas em edifícios antigos permitiu compreender se o conjunto de medidas propostas para a melhoria das condições dos mesmos foram as mais adequadas.

Começando pelo **Hotel Largo Além Ponte – Casa n.º9**, conclui-se que de uma forma geral, as medidas a implementar são satisfatórias. Em termos técnicos, térmicos e funcionais, o tipo de soluções propostas são adequadas e vantajosas. Contudo, conclui-se que a solução de aplicação de isolamento pelo exterior apresenta características superiores à aplicação de isolamento pelo interior.

Em termos económicos, não se pode considerar que o conjunto de soluções seja propriamente barata, mas visto que o imóvel futuramente servirá de hotel, será logicamente necessário que este possua um certo conforto e aparência atractiva.

O mesmo constata com o **Hotel Largo Além Ponte – Casa n.º24**, no entanto verifica-se que a utilização de alguns tipos de materiais excessivamente dispendiosos, considerando-se então que seria vantajoso se esses materiais fossem substituídos por outros com um desempenho idêntico ou semelhante, mas com um custo inferior.

Relativamente à **Casa Torreada dos Barbosa Aranha** pode dizer-se que esta tem um objectivo um pouco diferente dos outros edifícios. O facto de este ser um IIP, faz com que seja indispensável a preservação máxima das características originais. Assim sendo, as soluções propostas para este imóvel foram obrigatoriamente tidas especialmente em conta. O caso mais evidente é a total preservação da torre do edifício. Nessa zona, simplesmente se propôs a rectificação de algumas anomalias, não se propondo qualquer outro tipo de intervenção. No restante edifício, todas as soluções propostas cumprem os ditos requisitos técnicos, e será importante salientar que economicamente falando, as intervenções a efectuar apresentam o custo mais reduzido dos três edifícios analisados. Conclui-se portanto que esta casa, provida de todas as soluções de reabilitação propostas, será um edifício técnico-económico mais vantajoso.

Em suma, conclui-se que nos três casos as soluções de reabilitação tornam os edifícios mais confortáveis, termicamente mais vantajosos e esteticamente mais agradáveis.

7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Seria importante, que futuramente fosse realizado um estudo idêntico de avaliação técnico-económica, mas desta vez de um número mais significativo de edifícios antigos. Esse estudo serviria para reforçar a ideia de que cada vez mais é necessário apostar na reabilitação de edifícios antigos. Serviria também para que em futuros projectos de reabilitação já fosse possível realizar uma análise prévia das soluções mais adequadas a aplicar.

Outro tema que merecia igual importância, seria o estudo das soluções térmicas numa vertente de análise de humidades, ou seja, possibilidades de ocorrência de condensações. Para a realização desse estudo poderia por exemplo recorrer-se à utilização do programa WUFY.

Seria também interessante, realizar uma monitorização dos imóveis a reabilitar, de modo a perceber se o comportamento desses materiais corresponde ao previsto, e desse modo precisar a adequabilidade dos mesmos nas soluções de reabilitação.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Vasco Peixoto de Freitas, Ana Guimarães, Cláudia Ferreira, Sandro Alves. *Edifícios existentes - Medidas de melhoria de desempenho energético e da qualidade do ar interior*. Maia, 2011.
- [2] Associação Portuguesa dos Industriais da Cerâmica de construção, Centro tecnológico de cerâmica e do vidro, Instituto da construção. *Manual de Aplicações de Telhas Cerâmicas*, Coimbra, 1998.
- [3] Vasco Peixoto de Freitas, Manuel Pinto. *NIT 01- Metodologia para a definição exigencial de isolantes térmicos*. LFC, Porto, 1997
- [4] Vasco Peixoto de Freitas, César Diaz Gómez, Paulo Helene e Vítor Abrantes. *Actas do 3º Encontro sobre Patologia e reabilitação de edifícios*. Porto, 2009.
- [5] Nuno Valentim Rodrigues Lopes. *Reabilitação de Caixilharias de Madeira em Edifícios do século XIX e Início do Século XX*. Dissertação da Pós-graduação em Reabilitação do Património Edificado Porto, 2006.
- [6] Marco Nuno Freitas Nóbrega. *Revestimentos de pavimentos*. Seminário de Construções civis II, 5ºano - Eng.Civil Porto, 2002.
- [7] Patrícia Pires Dias de Matos. *Durabilidade das telhas cerâmicas - Estudos avançados em reabilitação do património edificado*, Trabalho da disciplina de durabilidade. Pós-graduação em Reabilitação do Património Edificado – FEUP. Porto, 2010.
- [8] Ana Carolina Russo, André Almeida Sousa, Lúcia Martins Silva. *Projecto para a durabilidade - Pavimentos de Madeira em edifícios residenciais*. Seminário de Construções civis, 5ºano - Eng.Civil. Porto, 2006.
- [9] Alexandra Moreira. *Durabilidade de Vinílico em revestimentos de pavimentos*. Trabalho da disciplina de durabilidade. Pós-graduação em Reabilitação do Património Edificado – FEUP. Porto, 2010.
- [10] http://www.polirigido.com/isolamento-termico/isoper---sistemas-coberturas/mc_doc_pt_29/ , Outubro de 2011.
- [11] http://www.polirigido.com/isolamento-termico/poliuretano---projectado/mc_doc_pt_11/ , Outubro de 2011.
- [12] <http://www.texsa.com/pt/productsGroup.asp?id=11> , Outubro de 2011.
- [13] http://www.polirigido.com/isolamento-termico/polietileno---isolamento---extinguivel/mc_doc_pt_16/ , Novembro de 2011.
- [14] <http://www.masterblock.pt/#/MASTER-ISO-C1.aspx> , Novembro de 2011.
- [15] <http://www.fibran.com.pt/files4users/files/Catalogo%20FIBRAN.pdf> . Novembro de 2011.
- [16] <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/817/5/Parte%20I.pdf> , Dezembro de 2011.
- [17] <http://metalica.com.br/membranas-de-poliuretano-impermeabilizacao-de-alta-tecnologia> , Dezembro de 2011.
- [18] <http://www.aecweb.com.br/aec-news/materia/848/pisos-vinilicos-de-acordo-com-o-ambiente.html> , Dezembro de 2011
- [19] <http://www.acermi.com/base2.asp> , Dezembro de 2011.

- [20] http://pt.wikipedia.org/wiki/Medium_Density_Fiberboard , Janeiro de 2012.
- [21] <http://www.abipa.org.br/produtosMDF.php> , Janeiro de 2012.
- [22] <http://fennergchool-associated.anu.edu.au/fpt/mdf/toc.html> , Janeiro de 2012.
- [23] <http://forum.aglobal.com/viewtopic.php?t=381&sid=3332dfd552a7cf52e371fa463c02ffb9>, Janeiro de 2012.
- [24] <http://www.acermi.com/rt/exemple2.pdf>, Janeiro de 2012.
- [25] <http://www.jular.pt/?gclid=COPHsZOE60CFQUOfAoddVV1tg>, Janeiro de 2012.
- [26] <http://www.vhc.com.pt/Apr-poliureia.pdf>, Janeiro de 2012.
- [27] http://www.madeicentro.pt/portal/alias__madeicentro/lang__pt-PT/tabID__200/FirstChild__-1/DesktopDefault.aspx, Janeiro de 2012.
- [28] <http://www.cstb.fr/evaluations/autres-evaluations/classement-upec-des-locaux.html> , Janeiro de 2012
- [29] Projecto de arquitectura do edifício Hotel Largo Além Ponte- Casa n.º9, do Arq. José Manuel Carvalho Araújo.
- [30] Projecto de arquitectura do edifício Hotel Largo Além Ponte- Casa n.º24, do Arq. José Manuel Carvalho Araújo.
- [31] Projecto de arquitectura do edifício Hotel Largo Além Ponte- Casa n.º9, do Arq. Renato Sérgio Tenedório Martins.
- [32] Decreto-Lei 307/2009 - Regime Jurídico da Reabilitação Urbana
- [33]http://iberfibran.pai.pt/ms/ms/iberfibran_poliestireno_extrudido_sa+isolamento_termico+ovar+ms-90039175+p-2.html , Janeiro de 2012.
- [34] http://www.isar.com.br/index.php?/produtos_sub/isolantes-termicos/la-rocha , Janeiro de 2012.
- [35] <http://www.proveracotelhas.com.br/termoacustica2.php>, Janeiro de 2012.
- [36] http://www.boltherm.pt/es/isol_termico.html, Janeiro de 2012.
- [37] http://www.boltherm.pt/es/isol_termico.html, Janeiro de 2012.
- [38]<http://www.cstelhas.pt/index.php?menu=produtos&familia=5&menu2=acessorios&tipo=1&telha=80>, Janeiro de 2012.
- [39] <http://orcamentos.eu/precos-de-telhas-ceramicas/>, Janeiro de 2012.
- [40] <http://mundoinдика.com.br/revestimento-de-madeira-para-parede/>, Janeiro de 2012.
- [41] <http://www.assoalhospacaembu.com.br/assoalhos.html>, Janeiro de 2012.
- [42]<http://www.cliquearquitectura.com.br/portal/dicas/view/gesso-acartonado-resistencia-mecanica/140>, Janeiro de 2012.
- [43] <http://www.adoos.pt/pics/11266339>, Janeiro de 2012.
- [44] <http://banhomix.com.br/pisos/revestimentos-ceramicos/>, Janeiro de 2012.
- [45] <http://www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?id=3868>, Janeiro de 2012.
- [46] http://www.fkcomercio.com.br/tijolo_ceramico_modulacao_25.html, Janeiro de 2012

ANEXOS

ANEXO I – VALORES UTILIZADOS NOS CÁLCULOS ENERGÉTICOS – HOTEL N.º9

<i>Hotel n.º9 sem isolamento térmico</i>	
Coeficientes de transmissão térmica	U [W/m².K]
Parede simples de granito rebocada e pintada	1,90
Parede de tabique	2,95
Parede simples de tijolo cerâmico de 15cm, revestida a chapa	1,39
Parede simples de tijolo cerâmico de 20cm, revestida a chapa	1,42
Parede simples de tijolo cerâmico de 15cm, rebocada	1,39
Cobertura exterior inclinada	1,61
Cobertura exterior horizontal	3,50
Parede em contacto com a área técnica	1,35
Parede em contacto com o edifício adjacente (em granito)	2,02
Parede em contacto com o edifício adjacente (em betão armado)	0,65
Janela de madeira com vidro simples	3,7
Janela de alumínio com vidro duplo	3
Coeficientes de transmissão térmica linear	ψ [W/m.°C]
Fachada com os pavimentos térreos	0,65
Fachada com pavimentos intermédios	0,45
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0,55
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0,55
Fachada com varanda	0,45
Duas paredes verticais	0,25
Área Útil de Pavimento (m ²)	383,25
Pé-direito médio (m)	3,08
E_{solar} (kW.h/ano)	0,00
Duração da estação de aquecimento (meses)	6,3
Número de graus-dia (°C.dia)	1790
Zona climática	I ₂ /V ₂

Hotel n.º9 provido de isolamento térmico	
Coeficientes de transmissão térmica	U [W/m².K]
Parede simples de granito rebocada e pintada	0,47
Parede simples de tijolo térmico de 20cm revestida a chapa	0,34
Parede simples de tijolo cerâmico de 15cm, revestida a chapa	0,48
Parede simples de tijolo cerâmico de 20cm, revestida a chapa	0,40
Parede simples de tijolo cerâmico de 15cm, rebocada	0,48
Cobertura exterior inclinada	0,23
Cobertura exterior horizontal	0,45
Parede em contacto com a área técnica	0,46
Parede em contacto com o edifício adjacente (em granito)	0,45
Parede em contacto com o edifício adjacente (em betão armado)	0,29
Janela de madeira com vidro duplo	2
Janela de alumínio com vidro duplo	3
Coeficientes de transmissão térmica linear	ψ [W/m.°C]
Fachada com os pavimentos térreos	0,65
Fachada com pavimentos intermédios	0,45
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0,55
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0,55
Fachada com varanda	0,45
Duas paredes verticais	0,25
Área Útil de Pavimento (m ²)	365,00
Pé-direito médio (m)	2,80
E_{solar} (kW.h/ano)	3060,00
Duração da estação de aquecimento (meses)	6,3
Número de graus-dia (°C.dia)	1790
Zona climática	I ₂ /V ₂

ANEXO II – VALORES UTILIZADOS NOS CÁLCULOS ENERGÉTICOS – HOTEL N.º24

Hotel n.º24 sem isolamento térmico	
Coeficientes de transmissão térmica	U [W/m².K]
Parede simples de granito rebocada e pintada	1,98
Parede de tabique	2,95
Cobertura exterior inclinada	1,61
Cobertura exterior horizontal	0,45
Cobertura interior sobre DNU	1,61
Parede em contacto com a loja	2,33
Parede em contacto com o edifício adjacente	1,68
Janela de madeira com vidro simples	3,7
Janela de alumínio com vidro duplo V1	2,7
Janela de alumínio com vidro duplo V2	3
Coeficientes de transmissão térmica linear	ψ [W/m.°C]
Fachada com os pavimentos térreos	0,65
Fachada com os pavimentos (não aquecidos)	0,85
Fachada com pavimentos intermédios	0,45
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0,85
Fachada com varanda	0,45
Duas paredes verticais	0,25
Área Útil de Pavimento (m²)	252,00
Pé-direito médio (m)	3,30
E _{solar} (kW.h/ano)	0,00
Duração da estação de aquecimento (meses)	6,3
Número de graus-dia (°C.dia)	1790
Zona climática	I ₂ /V ₂

Hotel n.º24 provido de isolamento térmico	
Coeficientes de transmissão térmica	U [W/m².K]
Parede simples de granito rebocada e pintada	0,54
Parede simples de tijolo cerâmico de 15cm revestida a chapa	0,19
Cobertura exterior inclinada	0,38
Cobertura exterior horizontal	0,45
Cobertura interior sobre DNU	0,39
Parede em contacto com a loja	0,56
Parede em contacto com o edifício adjacente	0,51
Janela de madeira com vidro duplo	2
Janela de alumínio com vidro duplo V1	2,7
Janela de alumínio com vidro duplo V2	3
Coeficientes de transmissão térmica linear	ψ [W/m.°C]
Fachada com os pavimentos térreos	0,65
Fachada com os pavimentos (não aquecidos)	0,85
Fachada com pavimentos intermédios	0,45
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0,85
Fachada com varanda	0,45
Duas paredes verticais	0,25
Área Útil de Pavimento (m ²)	240,00
Pé-direito médio (m)	3,00
E_{solar} (kW.h/ano)	3405,00
Duração da estação de aquecimento (meses)	6,3
Número de graus-dia (°C.dia)	1790
Zona climática	I ₂ /V ₂

ANEXO III – VALORES UTILIZADOS NOS CÁLCULOS ENERGÉTICOS – C.B.A.

C.B.A sem isolamento térmico	
Coeficientes de transmissão térmica	U [W/m².K]
Parede simples de granito	2,00
Parede simples de granito rebocada e pintada	1,93
Portas de Madeira	3,5
Cobertura exterior inclinada - torre	2,63
Cobertura exterior inclinada	1,69
Cobertura exterior inclinada	1,69
cobertura horizontal	3,50
Janela de madeira com vidro simples	3,7
Clarabóia de alumínio com vidro duplo	2,7
Coeficientes de transmissão térmica linear	ψ [W/m.°C]
Pavimento em contacto com o solo, z de 0 a -1	0,3
Pavimento em contacto com o solo, z de -1,05 a -3	0,8
Fachada com os pavimentos térreos	0,65
Fachada com pavimentos intermédios	0,45
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0,850
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0,900
Fachada com varanda	0,9
Duas paredes verticais	0,25
Área Útil de Pavimento (m ²)	598,50
Pé-direito médio (m)	3,41
E _{solar} (kW.h/ano)	0,00
Duração da estação de aquecimento (meses)	6,3
Número de graus-dia (°C.dia)	1790
Zona climática	I ₂ /V ₂

C.B.A provido de isolamento térmico	
Coeficientes de transmissão térmica	U [W/m².K]
Parede simples de granito	2,00
Parede simples de granito rebocada e pintada	0,43
Portas de Madeira	3,5
Cobertura exterior inclinada - torre	0,24
Cobertura exterior inclinada	0,22
Cobertura exterior inclinada	0,30
cobertura horizontal	0,40
Janela de madeira com vidro duplo	2
Clarabóia de alumínio com vidro duplo	2,7
Coeficientes de transmissão térmica linear	ψ [W/m.°C]
Pavimento em contacto com o solo, z de 0 a -1	0,3
Pavimento em contacto com o solo, z de -1,05 a -3	0,8
Fachada com os pavimentos térreos	0,65
Fachada com pavimentos intermédios	0,45
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0,850
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0,900
Fachada com varanda	0,9
Duas paredes verticais	0,25
Área Útil de Pavimento (m2)	570,00
Pé-direito médio (m)	3,10
E_{solar} (kW.h/ano)	0,00
Duração da estação de aquecimento (meses)	6,3
Número de graus-dia (°C.dia)	1790
Zona climática	I ₂ /V ₂