

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA DE SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DA ENVOLVENTE DE EDIFÍCIOS

PAULO JORGE FERNANDES SOARES DA ROCHA CORDEIRO

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

Orientadora: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

JULHO DE 2011

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2010/2011

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 - 2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.*

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

No decorrer deste trabalho foi auxiliado directa e indirectamente por diversas pessoas e entidades, às quais reservo este espaço como forma de agradecimento.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer á Arqt.^a Ana Mafalda Pires, responsável pelo projecto de execução desta reabilitação, pela prontidão e total colaboração na cedência de material como projectos e memórias descritivas.

Em seguida à Câmara Municipal de Viana do Castelo pelo auxílio na escolha do imóvel, e sobretudo aos diversos colegas de profissão, com quem troquei valiosas informações e experiências.

Em especial aos meus amigos, Pedro Cruz e Luísa Faria, proprietários do imóvel, que desde sempre me facilitaram acesso ao mesmo e à respectiva documentação associada.

Por fim gostaria de deixar um agradecimento à minha orientadora, a professora Helena Corvacho, por toda a ajuda e sobretudo orientação no processo de elaboração desta dissertação.

RESUMO

A presente dissertação, inserida no contexto do MIEC – Mestrado Integrado em Engenharia Civil, tem como objectivo a verificação de soluções utilizadas em reabilitação urbana em edifícios situados em centros históricos, tendo em conta possíveis alternativas e o seu respectivo retorno financeiro.

Foi seleccionada uma fracção de um edifício em ruínas, integralmente remodelado e situado em pleno centro histórico da cidade de Viana do Castelo.

Após a verificação desta intervenção, aplicando os parâmetros prescritos no RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, em termos de valores de referência, foi então dado início ao seu estudo.

Em primeiro lugar serão analisadas as soluções construtivas existentes previamente á intervenção em questão, e só depois serão analisadas as soluções de projecto, e efectivamente utilizadas na reabilitação.

Serão estudadas três zonas em particular, uma vez que estão mais directamente ligadas às características térmicas, a saber, as fachadas exteriores, os vãos envidraçados e as paredes de separação para espaços comuns de circulação (não – aquecidos).

Com as soluções anteriormente mencionadas foi possível obter o correspondente valor dos parâmetros térmicos necessários á emissão do respectivo certificado.

Posteriormente, serão analisados as perdas energéticas associadas às escolhas construtivas efectivamente existentes, utilizando para o efeito um software de cálculo criado e desenvolvido na FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – o OPTITERM, bem como formulação matemática.

Semelhante procedimento será aplicado às soluções variantes ao projecto apresentadas para cada um dos elementos anteriormente referidos, sendo de imediato possível verificar a sua maior, ou não, eficiência energética.

Assim, será possível comparar diferentes soluções, para uma mesma zona da envolvente e ao mesmo tempo aferir quanto á eventual poupança energética presente.

Directa e simultaneamente será também possível perceber qual o prazo de retorno financeiro para cada uma das soluções variantes apresentadas.

Em suma, será efectuado um trabalho comparativo técnico – financeiro entre diferentes soluções construtivas possíveis de aplicar a um caso de estudo real.

PALAVRAS-CHAVE: Reabilitação, RCCTE, Investimento, Retorno, Térmica, Optiterm.

ABSTRACT

Inserted in the MIEC – Mestrado Integrado em Engenharia Civil, this paper tries to achieve results by comparing different construction solutions in their technical and economic purposes.

There will be analysed three different solutions, and afterwards the economical revenue from the investment made, in terms of thermal efficiency.

It was chosen an apartment in a building that was completely rebuilt, in the historical centre of Viana do Castelo.

After the verifying of the rebuilt made, using some of the RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios standards, the study of it began.

First we will study the existing solution and only after the project solution that is the one applied nowadays, only after we will study the alternative solution.

There are three areas where we will focus our study, because their relevance to the thermal issues. It's the external walls, the windows and the interior walls that separate the apartment from the common areas like the stairs.

Then there will be analysed the energy losses regarding the solutions in study, using mathematical formulas and a software developed in FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – the OPTITERM.

This procedure is going to be used in all the solutions, project and alternative, giving us the feed-back of the thermal and economical status of each one of them.

So, the main objective is to compare different solutions used in construction and applied to old buildings, knowing the technical and financial advantages of each.

KEY - WORDS: RCCTE, Investment, Revenue, Thermal, Optiterm.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. Introdução	1
1.1. PERSPECTIVA HISTÓRICA DA NECESSIDADE DO RCCTE.....	1
1.2. EVOLUÇÃO DO REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS E DO COMPORTAMENTO TÉRMICO EM EDIFÍCIOS	2
1.3. OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO	3
1.4. METODOLOGIA.....	3
1.4.1. FÓRMULAS MATEMÁTICAS	3
1.4.2. OPTITERM.....	3
1.5. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	4
2. Definição do caso de estudo.....	5
2.1. LOCALIZAÇÃO E CONSIDERAÇÕES GERAIS DA FRACÇÃO EM ESTUDO	5
2.2. DIAGNÓSTICO DO IMÓVEL ANTES DA INTERVENÇÃO	6
2.3. ESTUDO TÉRMICO DAS SOLUÇÕES INICIAIS	9
2.3.1. FACHADA EXTERIOR	9
2.3.2. VÃOS ENVIDRAÇADOS	9
2.3.3. PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS (NÃO AQUECIDOS)	9
2.4. INTERVENÇÃO EFECTUADA E MATERIAIS APLICADOS	10
2.4.1. RÉS DO CHÃO	11
2.4.2. 1º PISO.....	12
2.4.3. 2º PISO.....	13
2.4.4. 3º PISO.....	14
2.4.5. COBERTURA.....	15
3. Estudo da solução inicial	17
3.1. PLANTA E CONSIDERAÇÕES GERAIS DA FRACÇÃO EM ESTUDO	17
3.2. APLICAÇÃO DO RCCTE AO CASO DE ESTUDO/QUANTIFICAÇÃO TÉRMICA	18

3.3. VALORES DE REFERÊNCIA.....	19
3.4. SOLUÇÃO DE REABILITAÇÃO ADOPTADA	20
3.4.1. FACHADA EXTERIOR	20
3.4.2. VÃOS ENVIDRAÇADOS	20
3.4.3. PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO COMUM (NÃO AQUECIDOS)	21
3.5. ANÁLISE TÉCNICO - ECONÓMICA	22
3.5.1. CUSTO ENERGÉTICO.....	24
3.5.1.1. Fachada Exterior.....	25
3.5.1.2. Vãos envidraçados.....	28
3.5.1.3. Paredes interiores em contacto com espaços de circulação comum (não aquecidos)	30
3.5.2. CUSTO DO INVESTIMENTO DA SOLUÇÃO DE PROJECTO	32
 4. Propostas técnicas variantes	 35
4.1. APRESENTAÇÃO E GENERALIDADES	35
4.2. DEFINIÇÃO DAS SOLUÇÕES – TÉCNICA E ECONOMICAMENTE.....	35
4.2.1. GENERALIDADES	35
4.2.2. FACHADA EXTERIOR.....	35
4.2.3. VÃOS ENVIDRAÇADOS	36
4.2.4. PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO COMUM (NÃO AQUECIDOS)	37
 5. Análise das soluções variantes	 39
5.1. ANÁLISE TÉCNICA	39
5.1.1. GENERALIDADES	39
5.1.2. FACHADA EXTERIOR	39
5.1.3. VÃOS ENVIDRAÇADOS.....	40
5.1.4. PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO COMUM (NÃO AQUECIDOS)	42
5.2. ANÁLISE TÉCNICO - ECONÓMICA	42
5.2.1. INTRODUÇÃO.....	42
5.2.2. FACHADA EXTERIOR	43
5.2.3. VÃOS ENVIDRAÇADOS.....	44
5.2.4. PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO COMUM (NÃO AQUECIDOS)	45
5.3. ANÁLISE FINANCEIRA	47
5.3.1. DEFINIÇÕES	47

5.3.2. FACHADA EXTERIOR	48
5.3.3. VÃOS ENVIDRAÇADOS	51
5.3.4. PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO COMUM (NÃO AQUECIDOS)	53

6. Análise global do retorno financeiro e Conclusões

6.1. ANÁLISE GLOBAL DO RETORNO FINANCEIRO.....	57
6.1.1. FACHADA EXTERIOR	57
6.1.2. VÃOS ENVIDRAÇADOS	58
6.1.3. PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO COMUM (NÃO AQUECIDOS)	59
6.2. CONCLUSÕES	60
6.2.1. GENERALIDADES	60
6.2.2. ANÁLISE TÉCNICA	60
6.2.3. ANÁLISE DO RETORNO	61
6.2.4. ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS ECONÓMICOS	62
6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1 – Planta de localização geral do imóvel a estudar.....	5
Fig.2.2 – Planta de localização específica do imóvel a estudar.....	6
Fig.2.3 – Paredes interiores de alvenaria em tijolo cerâmico	7
Fig.2.4 – Paredes interiores de tabique	7
Fig.2.5 – Estrutura do telhado	8
Fig.2.6 – Pavimento/Tecto entre pisos, de madeira, soalho e tabique.....	8
Fig.2.7. – Planta do Piso 0, Zona Comercial.....	11
Fig.2.8. – Planta do Piso 1, Zona Habitação.....	12
Fig.2.9. – Planta do Piso 2, Zona Habitação.....	13
Fig.2.10. – Planta do Piso 3, Zona Habitação.....	14
Fig.2.11. – Planta da cobertura	15
Fig.3.1. – Planta da fracção em estudo	17
Fig.3.2. – Solução construtiva da envolvente exterior	20
Fig.3.3. – Corte dos vãos envidraçados	21
Fig.3.4. – Solução construtiva das paredes de separação para zonas comuns (não aquecidas)	21
Fig.3.5. – Gráfico demonstrativo da evolução das tarifas energéticas em Portugal	24
Fig.3.6. – Folha de cálculo da solução existente vs solução de projecto de fachadas FC – F1.....	26
Fig.3.7. – Variação das perdas energéticas ao longo do horizonte de estudo	27
Fig.3.8. – Folha de cálculo da solução existente vs solução de projecto de paredes interiores em contacto com espaços de circulação comum (não aquecidos) FC – PI1	30
Fig.3.9. – Variação das perdas energéticas ao longo do horizonte de estudo	31
Fig.4.1. – Solução construtiva variante para a fachada exterior	36
Fig.4.2. – Solução construtiva variante para os vãos envidraçados	37
Fig.4.3. – Solução construtiva variante para as paredes interiores em contacto com espaços de circulação comuns (não aquecidos)	38
Fig.5.1. – Folha de cálculo da solução existente vs variante de paredes exteriores FC – F2.....	43
Fig.5.2. – Folha de cálculo da solução existente vs variante de paredes interiores em contacto com espaços de circulação comuns (não aquecidos) FC – PI2.....	46
Fig.5.3. – Representação gráfica do benefício económico entre a solução inicial e de projecto	49
Fig.5.4. – Representação gráfica do benefício económico entre a solução inicial e a variante	51
Fig.5.5. – Representação gráfica do benefício económico entre a solução de projecto e a variante ...	53
Fig.5.6. – Representação gráfica do benefício económico entre a solução inicial e a de projecto.....	55

Fig.5.7. – Representação gráfica do benefício económico entre a solução inicial e a de projecto.....56

ÍNDICE DE QUADROS (OU TABELAS)

Quadro 1 – Valores máximos admissíveis para elementos opacos da envolvente (RCCTE).....	19
Quadro 2 – Variáveis a aplicar na utilização do OPTITERM	22
Quadro 3 – Variáveis a aplicar na utilização do OPTITERM	23
Quadro 4 – Taxa de variação prevista para as tarifas de electricidade	24
Quadro 5 – Custos das perdas energéticas, acumuladas durante o prazo de estudo (20 anos)	27
Quadro 6 – Custos das perdas energéticas, acumuladas durante o prazo de estudo (20 anos)	28
Quadro 7 – Custos das perdas energéticas, acumuladas durante o prazo de estudo (20 anos)	31
Quadro 8 – Investimento efectuado com as soluções construtivas iniciais	32
Quadro 9 – Quadro comparativo entre caixilharias em madeira e em PVC	40
Quadro 10 – Custos das perdas energéticas, acumuladas durante o prazo de estudo (20 anos).....	44
Quadro 11 – Custos das perdas energéticas, acumuladas durante o prazo de estudo (20 anos).....	45
Quadro 12 – Taxa de variação prevista para o custo anual com a solução variante	47
Quadro 13 – Quadro comparativo entre as soluções inicial e de projecto – vertente económica.....	48
Quadro 14 – Quadro comparativo entre as soluções inicial e variante – vertente económica.....	50
Quadro 15 – Quadro comparativo entre as soluções de projecto e variante – vertente económica	51
Quadro 16 – Quadro comparativo entre as soluções inicial e de projecto – vertente económica.....	53
Quadro 17 – Quadro comparativo entre as soluções inicial e variante – vertente económica.....	55
Quadro 18 – Quadro comparativo entre os benefícios das duas soluções	57
Quadro 19 – Quadro comparativo com a variação dos benefícios para vãos envidraçados	58
Quadro 20 – Quadro comparativo entre os benefícios das duas soluções	59
Quadro 21 – Quadro representativo dos valores de U	61
Quadro 22 – Prazos de retorno económico em relação à solução inicial.....	61
Quadro 23 – Benefícios económicos no prazo horizonte.....	62

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

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

RCCTE – Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

t_v - Taxa de variação

t_c - Taxa de capitalização

n - ano

lfc – Laboratório de Física das Construções

ITE – Informação técnica de edifícios

Rsi – Resistência térmica superficial interior

Ser – Resistência térmica superficial exterior

1

INTRODUÇÃO

1.1. PERSPECTIVA HISTÓRICA DA NECESSIDADE DO RCCTE

Desde o início dos tempos que é uma constante preocupação do ser humano a criação de condições de conforto ao nível da habitabilidade dos espaços. Muito cedo teve a preocupação de criar, consciente ou não, as condições que lhe permitiam habitar de uma forma mais confortável as suas habitações.

Durante muitos séculos utilizaram a matéria-prima que a natureza lhes fornecia, existindo uma clara evolução nos processos construtivos, nomeadamente a aplicação de soluções com várias camadas de materiais.

Embora ainda nos dias de hoje existam culturas e povos que resistem á evolução, a esmagadora maioria das populações adoptou regras e métodos, utilizando toda a tecnologia disponível na actualidade.

O grande salto qualitativo ao nível das preocupações térmicas surge na década de 70, quando com os primeiros problemas e preocupações ao nível dos produtos petrolíferos surgiram, dando origem também aos primeiros documentos reguladores.

Nas duas décadas seguintes, 80 e 90, os documentos e regulamentos iniciais, são melhorados e alterados para reflectir uma nova preocupação, o aquecimento global do planeta e o crescente aumento do efeito nocivo sobre a camada de ozono.

Aparece em 1990 a primeira versão do RCCTE o Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro, com as normas e condições a introduzir na actividade da construção ou das grandes reabilitações.

Em 2003, a nível europeu é apresentada a directiva 2002/91/CE, em que se inicia de uma forma mais séria e preocupada a regulação do desempenho energético dos edifícios, e por outro lado as necessidades energéticas para as águas quentes sanitárias (AQS).

Foi um dos passos decisivos para a introdução definitiva de sistemas alternativos de produção de energia como os painéis solares, aliás, elemento obrigatório com as posteriores alterações em 2006, com a actual versão do RCCTE.

Em 2006 foi apresentada a nova versão do mesmo o Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril bem como o novo regulamento relativo aos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, RSECE.

Actualmente já se encontra em desenvolvimento e revisão, uma nova versão do RCCTE, não havendo ainda uma data definida para a sua publicação.

1.2. EVOLUÇÃO DO REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS EDIFÍCIOS

O decreto-lei n.º40/90 de 6 de Fevereiro surge para que fosse criado um equilíbrio face às necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento no Inverno e no Verão, mas de uma forma racional evitando ou pelo menos tentando minimizar excessivos gastos de energia.

Com a introdução deste decreto-lei também se procurou diminuir e eliminar por meio de uma melhor construção, os agentes patológicos presentes até então na grande maioria das habitações.

Estes agentes manifestavam-se maioritariamente nas fachadas dos edifícios e nos elementos constituintes dos espaços interiores.

Um aspecto demasiado negligenciado, também devido à sua recente introdução na construção, é a questão do aparecimento dos aparelhos de aquecimento e dos aparelhos de ar condicionado.

Houve também a grande preocupação com a questão dos consumos energéticos, não havendo ainda, a preocupação com o factor investimento.

Da necessidade de transpor para a regulamentação nacional a Directiva 2002/91/CE, surge o decreto-lei n.º 80/2006 de 4 de Abril.

Com esta nova regulamentação, passamos a contar com o efeito dos sistemas de climatização, sendo que se estabelecem valores mais precisos e exigentes para as temperaturas de conforto no verão e no inverno, bem como o conforto vs consumo energético vs impacto ambiental. Passou a ser considerado então, o factor energia primária.

Pela primeira vez se introduz a variável renovação do ar com parâmetros mais claramente definidos, uma vez que as soluções construtivas se tornaram cada vez mais estanques ao ar, podendo potenciar o aparecimento de patologias, e a existência de novos mecanismos de admissão e extracção de ar nas habitações, ao contrário da anterior regulamentação que apenas considerava 1 renovação horária (rph), para todas as situações.

Foi em paralelo uma aposta no sentido de melhorar a qualidade construtiva ao mesmo tempo que se introduziam novas preocupações ambientais com o aumento da produção de gases e consequente aumento do efeito de estufa bem como ao nível dos consumos energéticos.

Entre as várias etapas de desenvolvimento das regulamentações foram também celebrados protocolos de âmbito mundial, como por exemplo o Protocolo de Quioto, em que os países intervenientes se comprometem a reduzir a emissão de gases poluentes para a atmosfera.

Um outro parâmetro que foi introduzido diz respeito à obrigatoriedade na instalação de painéis solares, em novas edificações, permitindo assim a uma indústria emergente, a possibilidade de ganhar o papel de destaque que efectivamente merece, uma vez que proporciona a redução nos custos e o aumento das potencialidades térmicas, em diversos aspectos.

Continuamos a assistir à medida que vem do anterior decreto, em que se assume a aplicação das regras desde a fase de concepção, existindo uma maior integração e funcionalidade desde o primeiro passo do processo.

A introdução de uma nova medida, o certificado energético, emitido por técnicos devidamente credenciados e com formação muito específica na área, permite garantir que o decreto-lei é efectivamente aplicado e acima de tudo, de forma correcta consciente e eficaz.

Foram peças integrantes no processo de elaboração e revisão do presente decreto-lei, representantes e colaboradores de entidades como a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, a Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, a Direcção Geral de Energia e Geologia, as ordens dos Engenheiros e Arquitectos e o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, entre outros.

1.3. OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação tem como principal objectivo a análise técnico-económica de soluções de reabilitação utilizadas em edifícios antigos, principalmente situados em centros urbanos históricos.

Pretende-se que tecnicamente sejam estudadas as soluções previamente existentes, as efectivamente executadas e uma proposta de solução variante.

Por fim pretende-se que economicamente seja possível estudar cada uma das situações, sendo obtido o prazo de retorno face ao investimento efectuado, nomeadamente ao nível dos consumos de energia.

1.4. METODOLOGIA

Na elaboração da presente dissertação, irá ser adoptada e seguida a seguinte metodologia de trabalho, para a determinação dos valores e prazos do retorno financeiro associado ao investimento:

- Cálculo dos consumos energéticos das diversas soluções em estudo
- Cálculo dos investimentos para cada uma das soluções construtivas
- Determinação por comparação dos prazos de retorno financeiro, de cada uma das soluções

Para a execução do cálculo acima referido, serão aplicadas fórmulas matemáticas, no cálculo das necessidades energéticas para aquecimento, para que posteriormente seja possível a aplicação de um software de cálculo criado e desenvolvido na FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, o OPTITERM.

Com o auxílio destas ferramentas, apoiadas em quadros, tabelas e gráficos, poder-se-á obter os valores efectivamente pretendidos com este trabalho.

1.4.1. FORMULAÇÃO

Através de fórmulas matemáticas podemos obter os valores correspondentes às necessidades energéticas, tanto no ano 1 de estudo como no ano 20, ano horizonte deste estudo.

Assim foi utilizada maioritariamente a fórmula das progressões geométricas.

Com os resultados obtidos será possível elaborar quadros com a informação do valor relativo ao consumo energético, devidamente corrigido face à taxa de variação e à taxa de capitalização em uso.

1.4.2. OPTITERM

Elaborado pelo Laboratório de Física das Construções, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, com base programada em Excel, este programa informático tem como principal objectivo efectuar avaliações técnico-económicas em soluções construtivas alternativas na envolvente de edifícios.

Toda a informação detalhada e pormenorizada acerca deste software pode ser consultada em www.optiterm-lfc.om.

1.5. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

A dissertação agora apresentada, será elaborada mediante uma estrutura já planeada e definida, em que se iniciará com um capítulo introdutório, capítulo 1, onde sumariamente se efectuará uma contextualização e abordagem à temática da mesma.

De seguida e ainda neste mesmo capítulo será apresentada a metodologia a aplicar e a estruturação global do trabalho.

O capítulo seguinte, capítulo 2, iniciar-se-á com a definição dos elementos que definem o caso de estudo, tais como a sua localização, características ou história.

Ainda no capítulo 2, são definidas as soluções construtivas adoptadas na intervenção do edifício na sua globalidade.

O capítulo 3, será o capítulo onde se justificará e onde melhor se perceberá, a escolha da fracção em estudo e onde se irá efectuar uma verificação quanto aos valores de coeficientes térmicos comparativamente com os exigidos no regulamento, isto para a solução efectuada na realidade e escolhida pelo dono da obra. Será também efectuada a análise técnico-económica dessas mesmas soluções construtivas.

No capítulo 4, serão estudadas e verificadas as propostas técnicas variantes à do projecto de execução, incluindo a sua definição técnica e também a económica, da mesma forma que se efectuou no capítulo anterior para a solução escolhida pelo dono da obra.

Com o capítulo 5, surgirão os quadros, tabelas e gráficos que comparam as soluções anteriormente descritas e estudadas e onde se poderão ver os resultados.

O capítulo 6, é onde se poderá consultar a análise aos resultados obtidos no capítulo 5, por comparação através da aplicação de um software de cálculo, e onde estão os resultados pretendidos nesta dissertação.

Por fim, o capítulo 7, encerrará o trabalho com as conclusões finais, onde se poderá resumidamente perceber se os objectivos a que se propõe este trabalho foram atingidos, com sucesso.

DEFINIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

2.1. LOCALIZAÇÃO E CONSIDERAÇÕES GERAIS DA FRACÇÃO EM ESTUDO

O presente trabalho tem como base o estudo de uma das fracções de um edifício anteriormente em ruínas, tal como será exposto e demonstrado mais à frente, e que se situa em pleno coração do centro histórico da cidade de Viana do Castelo. As plantas que se seguem demonstram clara e inequivocamente a localização do mesmo.



Fig.2.1 – Planta de localização geral do imóvel a estudar

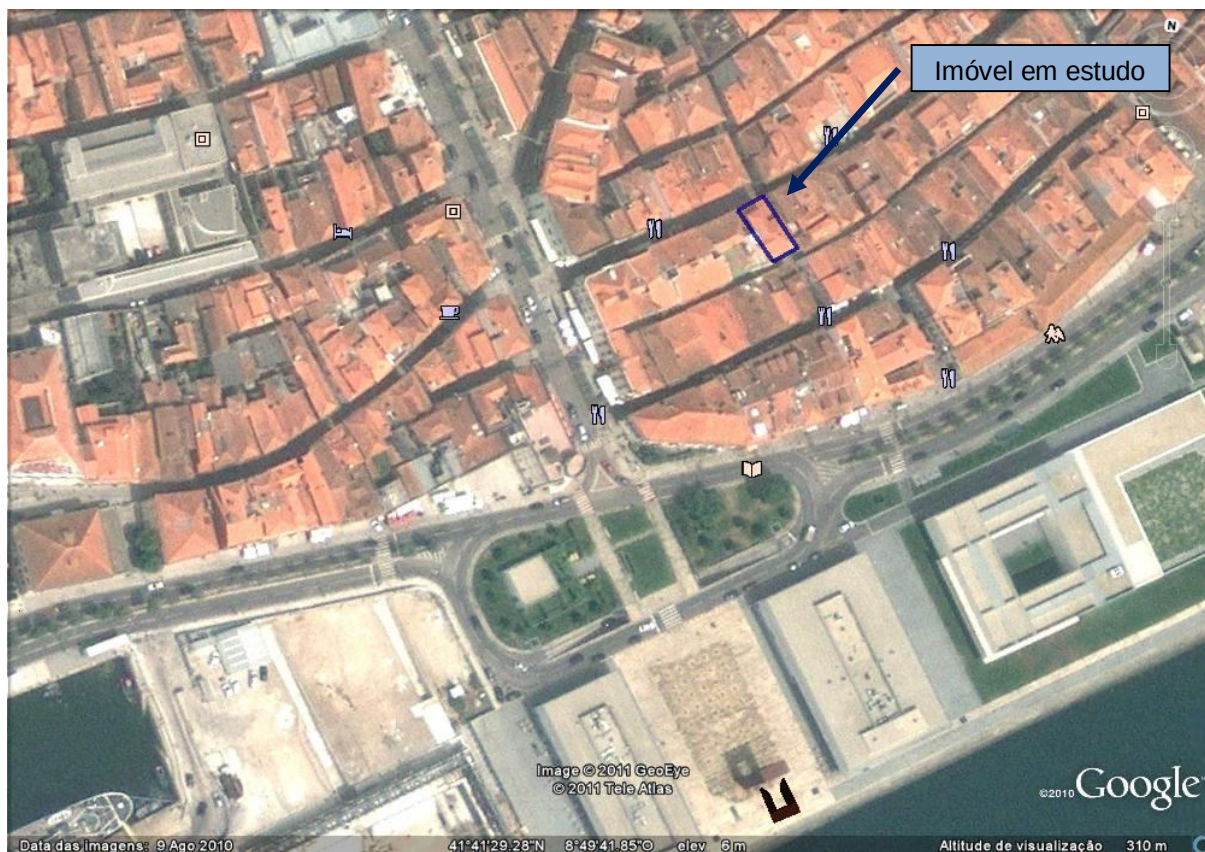


Fig.2.2 – Planta de localização específica do imóvel a estudar

O imóvel, do qual será estudada a fracção, é sito na Rua Grande, n.º50, Viana do Castelo. É constituído por 6 fracções de habitação e área comercial no rés-do-chão.

Cada andar tem duas fracções, sendo uma delas de tipologia T1 e a outra T2, de acordo com as plantas que se seguem.

2.2. DIAGNÓSTICO DO IMÓVEL ANTES DA INTERVENÇÃO

Antes de se efectuarem quaisquer intervenções, de carácter novo ou de reabilitação, foi necessário efectuar um profundo e exaustivo levantamento do existente.

O edifício encontrava-se devoluto, parcialmente em ruína e estruturalmente instável. Em seguida são apresentadas fotografias ilustrativas das situações encontradas e que mais adiante serão exaustivamente descritas.



Fig.2.3 – Paredes interiores de alvenaria em tijolo cerâmico



Fig.2.4 – Paredes interiores de tabique



Fig.2.5 – Estrutura do telhado



Fig.2.6 – Pavimento/Tecto entre pisos, de madeira, soalho e tabique

Como foi perceptível pelas imagens anteriores podemos inferir o seguinte quanto ao estado de conservação:

- **Fig.2.1** – Podemos observar que as paredes interiores em tijolo se encontram com o revestimento em mau estado de conservação, sendo possível verificar que o material cerâmico do tijolo está em estado débil de conservação.
- **Fig.2.2** – Na fotografia em questão é visível uma acentuada degradação dos estuques, existindo inúmeras zonas em que já se encontram apenas as armações da parede, tendo tudo o resto ruído, devido à degradação da solução.
- **Fig.2.3** – Aqui pode ser verificado que a estrutura do telhado possui o vigamento em madeira apodrecido, apresenta ainda abatimentos e zonas em que já não existe de todo. Aliás a estrutura está de tal forma danificada que o telhado e a sua estrutura necessitarão de substituição.
- **Fig.2.4** – Devido ao intenso nível de humidade e patologias daí provenientes, a estrutura de pavimento e de tectos, constituída por tabique, soalho e madeira, está praticamente destruída ou debilitada. Será necessária uma intervenção de fundo.

2.3. ESTUDO TÉRMICO DAS SOLUÇÕES INICIAIS

Para que no estudo posterior seja possível realizar quadros comparativos, foi necessário definir quais os parâmetros do existente.

Como já foi amplamente explanado nos pontos anteriores podemos então para os elementos construtivos a analisar definir o seguinte:

2.3.1. FACHADA EXTERIOR

A fachada exterior previamente existente, embora em estado parcial de ruína, era constituída por alvenaria em pedra, com reboco em ambos os lados. Uma vez que em algumas das fracções ainda se mantinham intactas, vamos adoptar o valor do coeficiente de transmissão térmica “U” com o valor de $2,90 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, de acordo com a Informação Técnica – ITE50 – “Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos de Envolvente dos Edifícios”, no Quadro II.1, página II.3.

2.3.2. VÃOS ENVIDRAÇADOS

No caso dos vãos envidraçados, embora se saiba, sem precisão, qual o tipo existente, na altura da reabilitação os mesmo já não existiam, pelo que não se considerará qualquer elemento com capacidade de resistência térmica existente.

2.3.3. PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM ESPAÇOS COMUNS DE CIRCULAÇÃO (NÃO AQUECIDOS)

Apesar de não haver dados sobre as paredes iniciais e da sua respectiva localização no espaço, existem no entanto informações e dados relativos a uma intervenção intermédia efectuada no interior. Essa mesma intervenção também já se encontrava em elevado estado de degradação aquando da actual reabilitação, mas o sistema construtivo, era composto por tijolo cerâmico de 7cm, com reboco e pintura em ambos os lados. Assim vai ser considerado o valor do coeficiente de transmissão térmica “U” de $2,50 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ aplicando a seguinte fórmula

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} \quad (1)$$

Em que:

- R_{si} – Resistência superficial interior – $0,13 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$
- R_{se} – Resistência superficial exterior – $0,04 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$
- $\sum R_j$ – Somatório das resistências dos elementos constituintes da solução

O valor obtido pela fórmula anterior, tem que ser corrigido, uma vez que estamos perante o caso de um espaço útil em contacto com um espaço não aquecido. Essa correcção é efectuada de acordo com a fórmula presente na Fig.II.1, pág. II.2 da ITE-50:

$$U_{\text{lna}} = \frac{1}{\frac{1}{U} + 0,09} \quad (2)$$

Através da aplicação da fórmula de correcção obtemos um valor final de $U = 2,04 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, valor este que irá daqui para a frente servir como base de comparação para os restantes obtidos pelas soluções melhoradas.

Contudo, existe um factor a ter em conta, relativamente às perdas térmicas, e que será aplicado daqui para a frente, o “ τ ” e que se trata do coeficiente de correcção pelo qual os valores são multiplicados neste caso em concreto visto tratar-se de paredes de separação para espaços não úteis.

De acordo com o RCCTE, na sua tabela IV.1, o valor a adoptar será de 0,8, uma vez que se trata de um espaço de circulação comum, com aberturas permanentes para o exterior, mas com fraca ventilação ($\text{Área de aberturas total}/\text{Volume total} < 0,5 \text{ m}^2/\text{m}^3$)

Este facto implica que as paredes, ao nível dos valores de referência sejam equiparadas à envolvente exterior, pois $\tau > 0,7$.

2.4. INTERVENÇÃO EFECTUADA E MATERIAIS APLICADOS

Aqui serão sumariamente descritos os trabalhos de reabilitação efectuados, bem como os materiais aplicados. Assim será possível posteriormente definir parâmetros necessários aos cálculos energéticos e às respectivas análises financeiras. Inicialmente serão descritos os materiais aplicados.

2.4.1. RÉS-DO-CHÃO

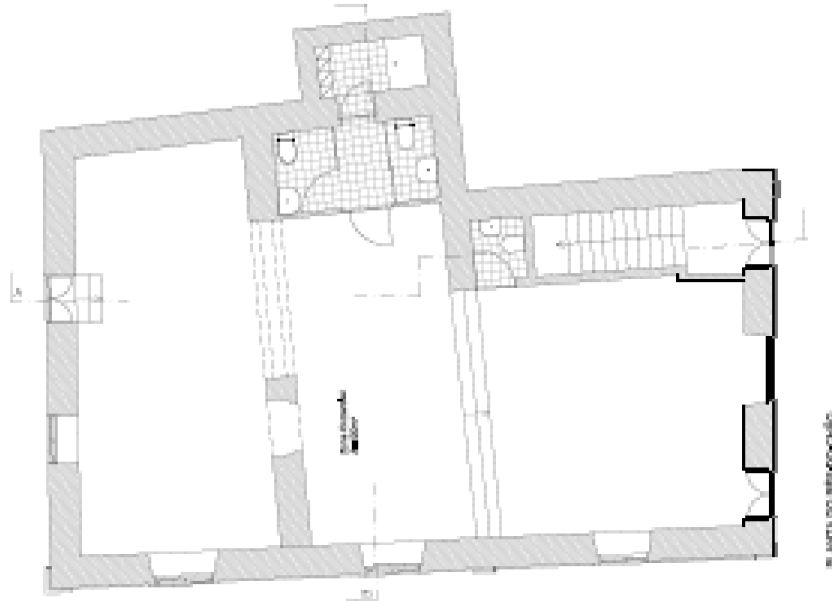


Fig.2.7. – Planta do Piso 0, Zona Comercial

Os elementos construtivos do piso em questão foram reabilitados da seguinte forma:

- **Paredes da envolvente exterior zona interior:** Paredes em pedra com revestimento em gesso cartonado hidrófugo, com 13mm de espessura e isolamento térmico (lã de rocha) para pintar.
- **Paredes da envolvente exterior zona exterior:** camada de impermeabilização com cerezite, aplicação de reboco e pintura.
- **Paredes interiores simples:** Execução de alvenaria de tijolo cerâmico vazado, reboco e pintura. Nas paredes das instalações sanitárias, revestimento cerâmico, até aos 2m de altura.
- **Tectos:** Gesso cartonado hidrofugo com isolamento térmico (lã de rocha) e pintura.
- **Pavimentos Instalações Sanitárias:** revestimento cerâmico.
- **Pavimento zona comercial:** Aplicação de pavimento cerâmico.
- **Pavimento das zonas de circulação comuns:** revestimento calcário do tipo moca-creme em lajetas.

2.4.2. 1º Piso

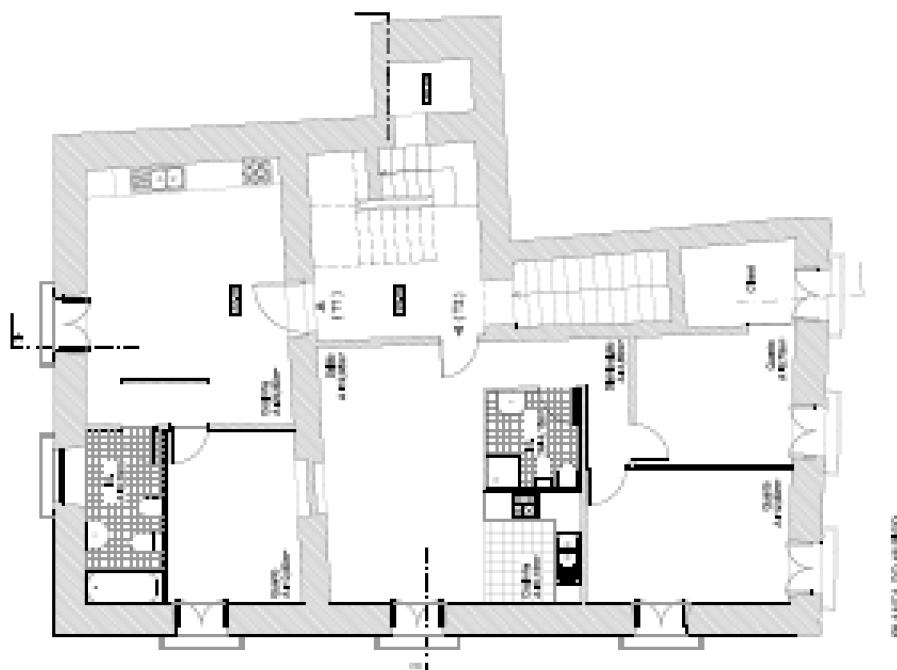


Fig.2.8. – Planta do Piso 1, Zona Habitação

Os elementos construtivos do piso em questão foram reabilitados da seguinte forma:

- **Paredes da envolvente exterior na face interior:** Paredes em pedra com revestimento em gesso cartonado hidrofugo em placa simples de 13mm, com isolamento térmico (lã de rocha) e pintura.
- **Paredes da envolvente exterior na face exterior:** cerezite, reboco e pintura.
- **Paredes interiores divisórias de fogos:** em alvenaria de tijolo cerâmico vazado de 15cm.
- **Paredes interiores:** em gesso cartonado hidrofugo, com placas de 13mm, duplas e isolamento térmico e acústico, excepto nas zonas húmidas como a cozinha ou as instalações sanitárias que é em alvenaria de tijolo cerâmico, reboco e pintura. Nas instalações sanitárias e cozinhas existe revestimento cerâmico até aos 2m de altura.
- **Tectos:** em gesso cartonado hidrofugo, em placas de 13mm, com isolamento térmico (lã de rocha) e pintura.
- **Pavimentos nas instalações sanitárias:** revestimento cerâmico
- **Pavimento:** soalho de madeira de pinho, sobre laje de piso, com isolamento. Existe uma ligeira caixa-de-ar.
- **Pavimento das zonas de circulação comuns:** revestimento calcário do tipo moca-creme.
- **Carpintarias exteriores:** caixilharias em madeira de câmbala e pintura de cor branca.

2.4.3. 2º Piso

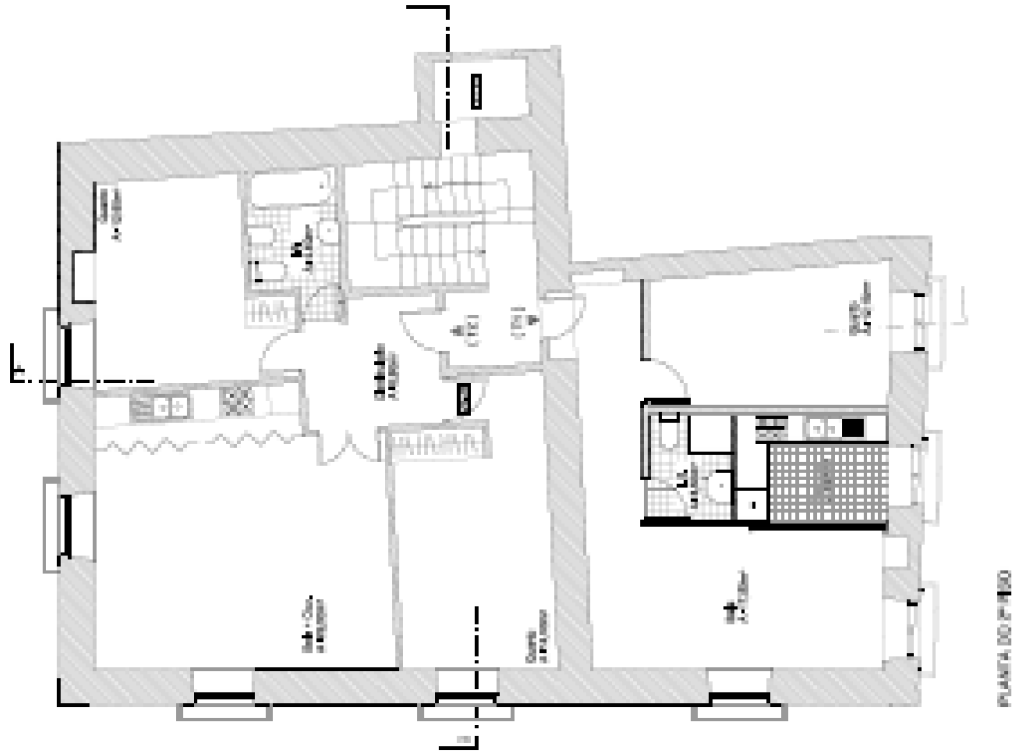


Fig.2.9. – Planta do Piso 2, Zona Habitação

Os elementos construtivos do piso em questão foram reabilitados da seguinte forma:

- **Paredes da envolvente exterior na face interior:** Paredes em pedra com revestimento em gesso cartonado hidrofugo em placa simples de 13mm, com isolamento térmico (lã de rocha) e pintura.
- **Paredes da envolvente exterior na face exterior:** cerezite, reboco e pintura.
- **Paredes interiores divisórias de fogos:** em alvenaria de tijolo cerâmico vazado de 20cm e 15cm.
- **Paredes interiores:** em gesso cartonado hidrofugo, com placas de 13mm, duplas e isolamento térmico e acústico, excepto nas zonas húmidas como a cozinha ou as instalações sanitárias que é em alvenaria de tijolo cerâmico, reboco e pintura. Nas instalações sanitárias e cozinhas existe revestimento cerâmico até aos 2m de altura.
- **Tectos:** em gesso cartonado hidrofugo, em placas de 13mm, com isolamento térmico (lã de rocha) e pintura.
- **Pavimentos nas instalações sanitárias:** revestimento cerâmico
- **Pavimento:** soalho de madeira de pinho, sobre laje de piso, com isolamento. Existe uma ligeira caixa de ar.
- **Pavimento das zonas de circulação comuns:** revestimento calcário de cor beige, Com 3 cm de espessura.

- **Carpintarias exteriores:** caixilharias em madeira de câmbala e pintura de cor branca, incluindo as respectivas portadas, também elas em madeira, pintada.

2.4.4. 3º Piso

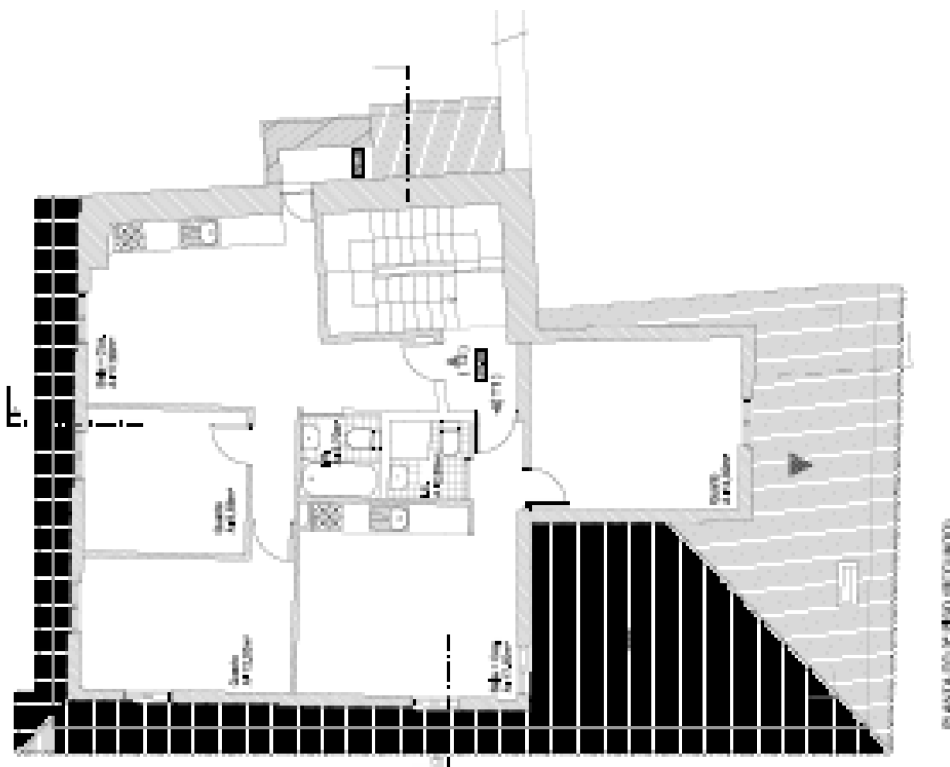


Fig.2.10. – Planta do Piso 3, Zona Habitação

Os elementos construtivos do piso em questão foram reabilitados da seguinte forma:

- **Paredes da envolvente exterior na face interior:** Paredes em pedra com revestimento em gesso cartonado hidrofugo tipo “pladur” com isolamento térmico (lã de rocha) para pintar.
- **Paredes da envolvente exterior na face exterior:** Paredes em pedra com cerezite, revestidas a chapa zincada com isolamento térmico.
- **Paredes exteriores a construir:** parede dupla em tijolo cerâmico vazado de 11cm e 15cm, com caixa de ar e isolamento térmico, cerezite, e revestimento a chapa zincada tipo pintada.
- **Paredes interiores divisórias de fogos:** em alvenaria de tijolo cerâmico vazado de 20cm e 15cm..
- **Paredes interiores:** em gesso cartonado hidrofugo, com 13mm de espessura por placa, com estrutura dupla e isolamento térmico e acústico, excepto nas zonas húmidas como a cozinha ou as instalações sanitárias que é em alvenaria de tijolo cerâmico, reboco e pintura. Nas instalações sanitárias e cozinhas existe revestimento cerâmico até aos 2m de altura.

- **Tectos nas zonas húmidas:** Estrutura de gesso cartonado hidrofugo, com 13mm de espessura com isolamento térmico (lã de rocha) e pintura.
- **Tectos gerais:** revestimento a madeira com painel sandwich.
- **Pavimentos nas zonas húmidas:** revestimento cerâmico.
- **Pavimento geral:** soalho de madeira de pinho, sobre laje de piso, com isolamento. Existe uma ligeira caixa de ar.
- **Pavimento nas zonas de circulação comuns:** revestimento calcário de cor bege, Com 3 cm de espessura.
- **Carpintarias exteriores:** caixilharias em madeira de câmbala e pintura de cor branca, incluindo as respectivas portadas, também elas em madeira, pintada.

2.4.5. COBERTURA

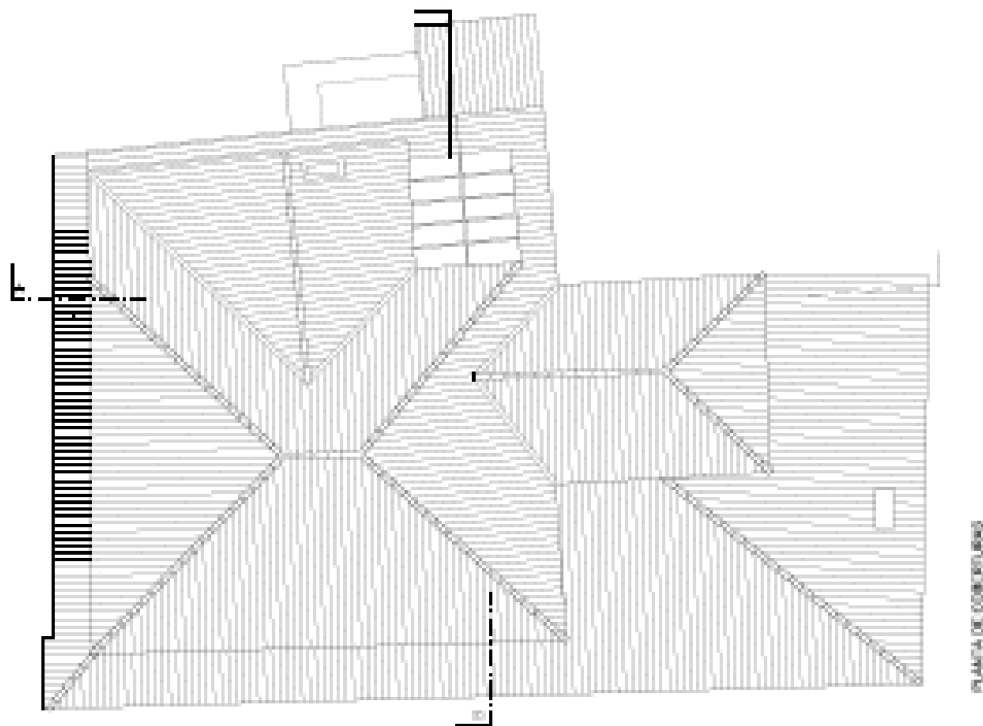


Fig.2.11. – Planta da cobertura

Os elementos construtivos do piso em questão foram reabilitados da seguinte forma:

- **Cobertura:** A estrutura da cobertura é constituída por uma parte estrutural em madeira e revestimento a telha de canudo. Tem uma camada de subtelha.

3

ESTUDO DA SOLUÇÃO INICIAL E DE PROJECTO

3.1. PLANTA E CONSIDERAÇÕES GERAIS DA FRACÇÃO EM ESTUDO

O presente trabalho tem como base o estudo de uma das fracções de um edifício anteriormente em ruínas, tal como será exposto e demonstrado mais à frente, e que se situa em pleno coração do centro histórico da cidade.

A mesma não teve escolha aleatória, tratando-se de uma fracção que por motivos pessoais permite uma maior e permanente acessibilidade, facilitando assim qualquer necessidade implícita ao trabalho.

Estamos perante o apartamento T2, situado no 2º Piso, tal como a seguinte planta demonstra.

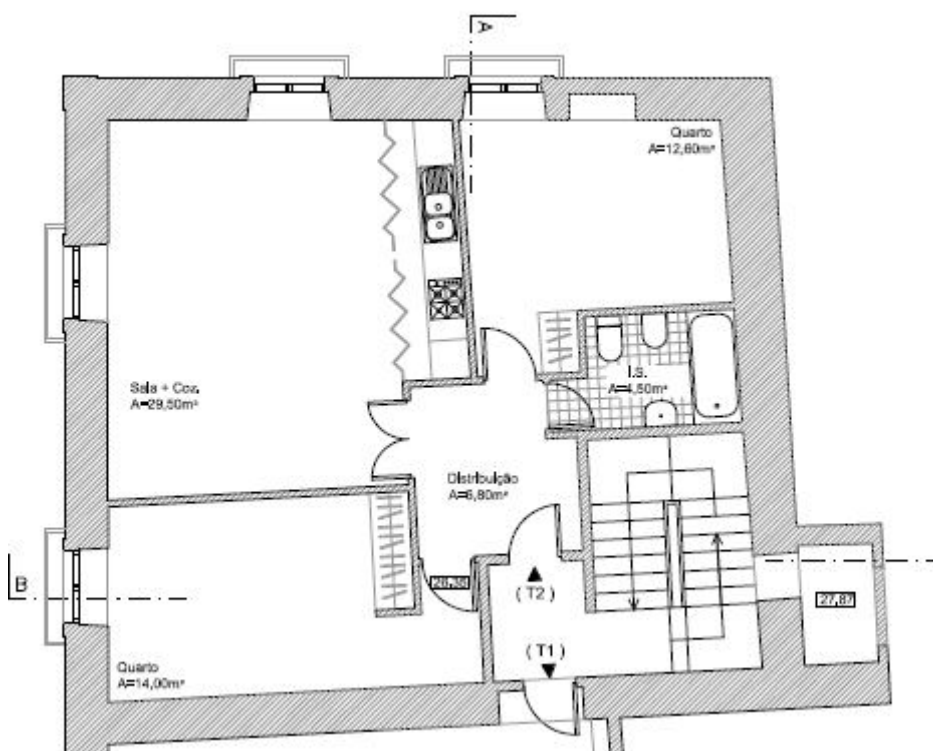


Fig.3.1. – Planta da fracção em estudo

3.2. ENQUADRAMENTO DO RCCTE AO CASO DE ESTUDO/VERIFICAÇÃO DA APLICABILIDADE

O presente trabalho tem como base o estudo de uma das fracções de um edifício anteriormente em ruínas, tal como será exposto e demonstrado mais à frente, e que se situa em pleno coração do centro histórico da cidade.

Embora situado em centro histórico e as intervenções de remodelação, recuperação e ampliação de edifícios em zonas históricas ou em edifícios classificados, façam parte da lista de exclusões na aplicabilidade do RCCTE, sempre que se verifiquem incompatibilidades com as exigências do Regulamento, mas desde que essas mesmas incompatibilidades sejam devidamente justificadas e aceites pela entidade licenciadora, este edifício é alvo de uma remodelação a um nível demasiado abrangente, tal como previsto em regulamento.

Podemos ver que o regulamento considera uma grande intervenção quando:

- Existem remodelações, ampliações ou intervenções na envolvente do edifício ou ainda nos meios directamente intervenientes na produção de águas quentes sanitárias;
- Existem situações que configuram grandes ampliações aos edifícios existentes, quando estamos perante uma grande reabilitação ampliações de edifícios existentes, sendo para as restantes apenas aplicados os requisitos mínimos de qualidade térmica e apenas para a zona ampliada.

Contudo, a definição actualmente utilizada e vigente para a definição de uma grande reabilitação, ampliação ou alteração da envolvente é assumir que a mesma se define pelo seu valor, sendo o termo de comparação um mínimo de 25% do valor do custo do edifício, calculado com auxílio do Cref, que actualmente se encontra regulamentado por portaria governamental, sendo actualizado anualmente no mês de Outubro, e estando vigente no ano que se segue.

Actualmente o seu valor é de 630,00€/m².

É então possível efectuar para o caso em estudo a necessária verificação da aplicabilidade do Regulamento, efectuando a seguinte operação:

$$\text{Custo Global do Imóvel} = A_{\text{imóvel}} \times C_{\text{ref}} \quad (4)$$

$$\text{▪ } A_{\text{imóvel}} \times C_{\text{ref}} \text{ ----- } 550\text{m}^2 \times 630,00\text{€/m}^2 = \mathbf{346.500,00\text{€}}$$

$$\text{Valor mínimo RCCTE} = 25\% \times \text{Custo Global do Imóvel} \quad (5)$$

$$\text{▪ } 25\% \times \text{Custo global do imóvel} \text{ ----- } 25\% \times 346.500,00\text{€} = \mathbf{86.625,00\text{€}}$$

Foi apurado um valor de 86.625,00€ como valor mínimo da execução da empreitada de reabilitação para que se esteja perante um caso de aplicação do Regulamento.

Em contacto com o Dono de Obra, e por pedido do mesmo, não irá aqui ser colocado o descritivo com valores parciais da empreitada, mas será apresentado o seu valor global, bem como os valores correspondentes aos artigos a analisar posteriormente para cada uma das soluções em estudo.

Por estudo dos custos reais da empreitada e para simplificação pode ser assumido o seguinte custo por m² de construção, 350,00€/m² o que nos dá um valor final do investimento de **192.500,00€**.

Estamos portanto no caso em que o custo da intervenção é claramente superior a 25% do valor do edifício utilizando para tal o valor C_{ref} , definido em portaria.

O estabelecido no Regulamento será aplicado ao caso em estudo.

Assim, foram seleccionados de entre os materiais e soluções construtivas utilizadas, aquelas que mais se integram no estudo térmico e que mais contribuem para a melhoria da qualidade térmica da fracção, a fim de procurar alternativas aos mesmos melhorando e tornando mais rentável a solução final.

Será também importante referir que os ganhos solares não foram contabilizados, uma vez que são inexistentes pois a fracção está inserida num edifício que por todas as frentes confronta com outros a uma distância muito curta, não permitindo num dos casos a circulação de viaturas automóveis.

Logo, os ganhos são considerados nulos.

Nos próximos sub- capítulos, será explorada cada uma dessas soluções, primeiro ao nível de características e posteriormente ao nível de investimento/retorno.

3.3. VALORES DE REFERÊNCIA

O regulamento define claramente valores limite, conforme o tipo de elemento que se analisa. Está definido no seu Anexo IX, Quadro IX.1 que para as zonas opacas da envolvente, o valor máximo admissível para o coeficiente de transmissão térmica é:

- Fachadas exteriores – Zona I2 – Zona opaca vertical exterior – 1,60 W/m².°C
- Paredes Interiores – Zona I2 – Zona opaca vertical interior – 2,00 W/m².°C

Conforme se pode então verificar, as soluções previamente existentes, à luz do novo regulamento e dos seus valores máximos admissíveis, não cumprem uma vez que:

Quadro 1 – Valores máximos admissíveis para elementos opacos da envolvente (RCCTE)

Elemento	U inicial	U máximo admissível (Zona I2)	Verificação
Fachada exterior	2,9	1,6	KO
Vãos envidraçados	-----	-----	Não aplicável
Paredes interiores (E.N.U.)	2,04	1,6	KO

Para além das imposições, entra o facto do valor de referência das paredes em contacto com espaços não úteis ter as mesmas especificações da envolvente exterior.

3.4. SOLUÇÃO DE REABILITAÇÃO ADOPTADA

3.4.1. FACHADA EXTERIOR

A fachada exterior do edifício e consequentemente da fracção é constituída por várias camadas como se demonstra na figura seguinte:

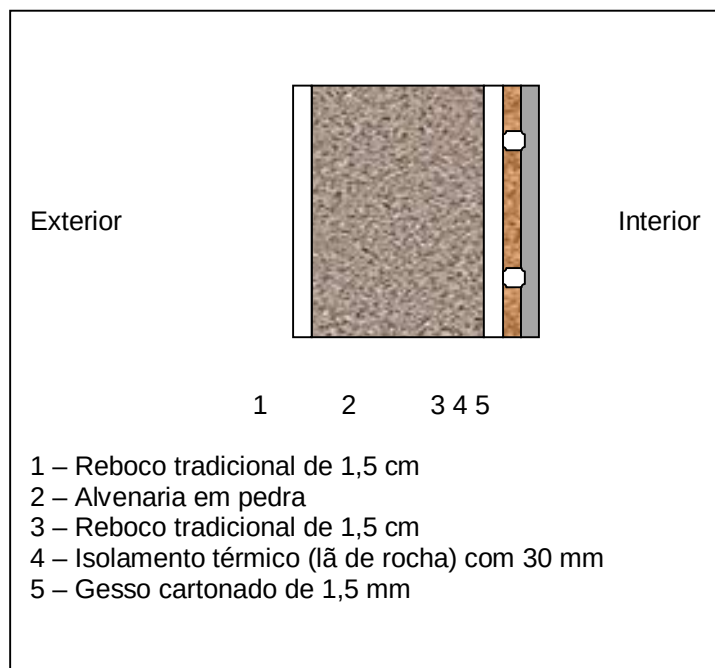


Fig.3.2. – Solução construtiva da envolvente exterior

De acordo com o quadro II.3 do ITE 50 – “Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente de Edifícios”, o valor do coeficiente de transmissão térmica é $U = 1,0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

3.4.2. VÃOS ENVIDRAÇADOS

Na fase construtiva foi adoptada a solução apresentada na figura, e que consiste em janelas em madeira com 2 folhas, caixilho sem quadrícula e vidro duplo com uma lâmina de ar de 6 mm. Possui ainda um dispositivo de oclusão nocturna, do tipo portada em madeira de cor branca.

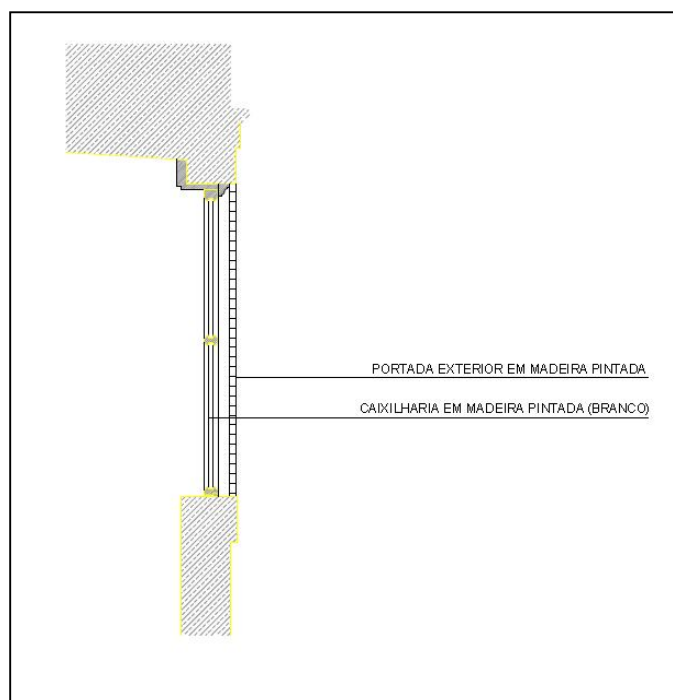


Fig.3.3. – Corte dos vãos envidraçados

Esta solução, de acordo com a norma ITE 50, está preconizada para um valor de $U = 2,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

3.4.3. PAREDES DIVISÓRIAS PARA ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO COMUM (NÃO AQUECIDOS)

Todas as paredes da fracção que a separam de espaço de circulação comuns ou para zonas de espaços não aquecidos seguem o pormenor construtivo abaixo representado.

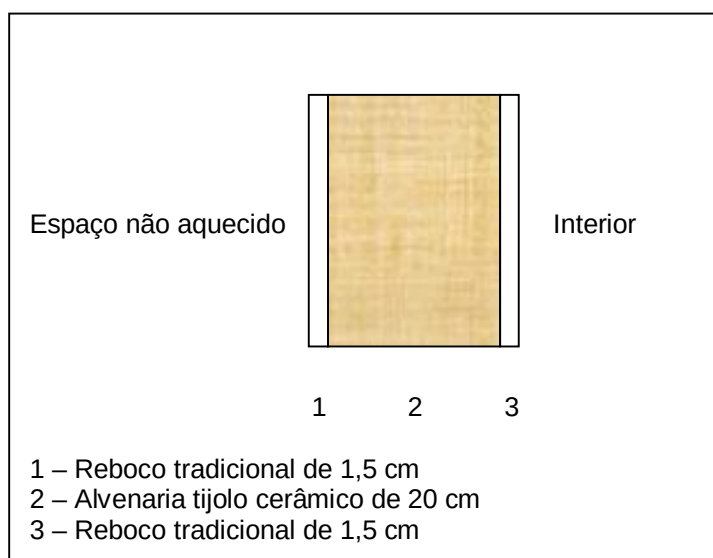


Fig.3.4. – Solução construtiva das paredes de separação para zonas comuns (não aquecidas)

Estas alvenarias conforme a solução especificada têm o valor para o coeficiente de transmissão térmica de $U_{lna} = 1,16 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

3.5. ANÁLISE TÉCNICO - ECONÓMICA

Neste subcapítulo irá ser analisada a vertente técnico – económica das soluções acima descritas. Para o efeito foram admitidos alguns pressupostos, tais como o preço actual da energia em €/kWh ou o preço da execução e dos materiais utilizados em obra.

Na solução inicial serão apenas expostos os pressupostos que servirão de base para posteriormente ser possível efectuar a comparação com outras soluções alternativas para o mesmo elemento, podendo assim verificar se existe e qual, o benefício para o utilizador, tanto na redução de consumos como também o seu prazo de retorno.

É aqui que se inicia a aplicação do software de cálculo, OPTITERM, que conforme o quadro seguinte necessita da introdução de diversos parâmetros.

Quadro 2 – Variáveis a aplicar na utilização do OPTITERM

Input de Dados	Definição e Descrição	Unidades
Altitude	Define a altitude a que se encontra o edifício ou a fracção em estudo	m
Distância à costa	É a distância a que o edifício ou fracção se encontram do ponto mais próximo da costa	Km
Concelho	Concelho no qual se situa o edifício ou fracção	-----
Zona/Graus-dias	Define a zona climática e os respectivos graus-dias do concelho onde se situa o edifício ou fracção. Estes valores são alvo de correcção mediante a altitude e a distância à costa	-----
Tipo de elemento	Define o tipo de elemento que estamos a estudar, sendo que a escolha tem que se efectuar de entre os disponíveis no programa	-----
Área do elemento	Traduz a área do elemento ou conjunto construtivo que se encontra em análise	M2

Quadro 2 – Variáveis a aplicar na utilização do OPTITERM - Continuação

Input de Dados	Definição e Descrição	Unidades
Anos	É o período em que se insere o estudo a efectuar	Anos
Taxa de capitalização	Traduz a taxa de juro necessária, para que se reporte o capital actualizado ao ano 0	%
Horas de aquecimento	Reflecte o número de horas que os sistemas de aquecimento se encontram ligados	h
Variação da energia	É a taxa que exprime a variação do custo da energia com o decorrer dos anos	%
Custo actual da energia	É o valor do custo da energia que se utiliza no aquecimento ambiente	€/kWh
Custo do investimento	É o custo, traduzido por uma estimativa orçamental, da intervenção a efectuar no elemento em estudo	€/m ²
Nível	Reflecte o nível de qualidade da solução construtiva, através da comparação do seu coeficiente U, com os valores de referência no regulamento	-----

No que diz respeito ao parâmetro “U” – Coeficiente de transmissão térmica, o programa efectua a comparação do valor com os limites constantes no RCCTE, atribuindo-lhes um nível conforme o valor obtido, conforme expresso no quadro que se segue:

Quadro 3 – Variáveis a aplicar na utilização do OPTITERM

Nível	Valor limite
N0	$U > U_{ref}$
N1	$U = U_{ref}$
N2	$U = 0,75 \times U_{ref}$
N3	$U = 0,60 \times U_{ref}$
N4	$U = 0,50 \times U_{ref}$

3.5.1. CUSTO ENERGÉTICO

De acordo com os dados fornecidos pela entidade reguladora da distribuição e comercialização de energia em Portugal, será considerado para efeitos de cálculo o valor de 0,1326 €/kWh. Este valor provém da premissa em que consideramos o valor de consumo regular, com potência contratada superior a 2,3 kVA, bem como da possível utilização de tarifas especiais para o sector habitacional. O cenário utilizado corresponde ao maioritariamente utilizado em Portugal.

A tabela seguinte, é representativa da evolução deste custo, e no trabalho corresponde a BTE.

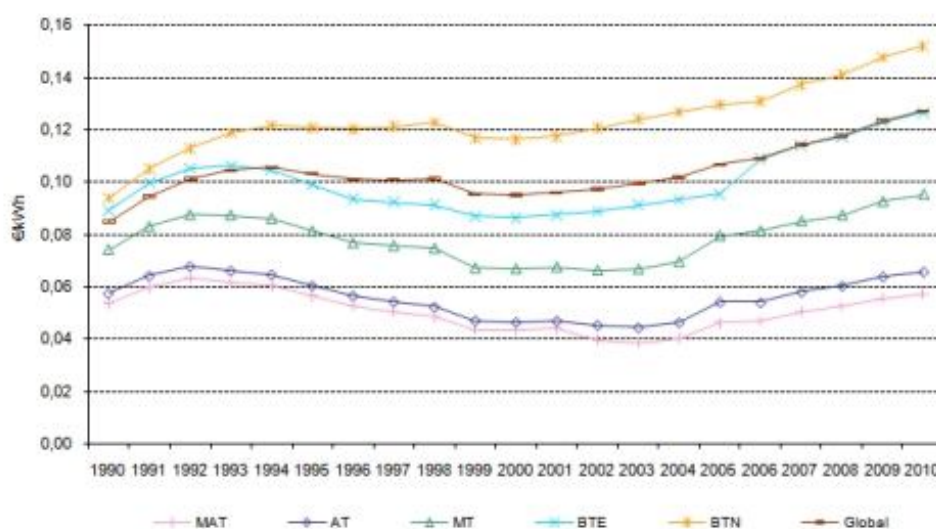


Fig.3.5. – Gráfico demonstrativo da evolução das tarifas energéticas em Portugal

Assim, para cada um dos casos de estudo relativo às soluções é possível quantificar, qual o valor relativo ao investimento anual tendo em conta, o elemento em estudo especificamente.

A fim de calcular a variação anual, utilizando os dados fornecidos pelo gráfico acima representado foi possível obter:

- Taxa de variação anual prevista 2011 – 3,8%

Quadro 4 – Taxa de variação prevista para as tarifas de electricidade (fonte: EDP)

Tarifas de Venda a Clientes Finais em Baixa Tensão Normal	Variação 2011/2010
Portugal Continental	3,8%
Região Autónoma dos Açores	3,8%
Região Autónoma da Madeira	3,8%

O valor adoptado foi o correspondente ao de Portugal Continental, que no caso específico, será o mesmo das regiões autónomas.

Relativamente à taxa de capitalização/actualização utilizada, foi aplicada a sua forma simples, o que se traduz no incremento da taxa de inflação média aos valores em questão, a taxa nominal real sem risco.

3.5.1.1. Fachada Exterior

Após cálculos efectuados aos parâmetros térmicos, é altura agora para efectuar uma abordagem económica/financeira, através da obtenção dos valores relativos às perdas associadas.

Para tal efectuou-se uma simulação com o software de cálculo OPTITERM, com o se compara a solução de projecto com a inicialmente existente.

Através dos resultados obtidos é possível verificar qual o valor das perdas, bem como através do tempo o respectivo valor anual até ao horizonte de projecto.

Para a determinação dos valores das perdas foram aplicadas as fórmulas matemáticas do capítulo 1, a saber:

$$U_n = U_1 \cdot (1 + x)^n \quad (3)$$

Em que:

U_n - Valor no ano n

U_1 - Valor no ano inicial

x - Taxa de variação

n - ano

$$\Sigma_{i=1}^{20} = U_1 \cdot \frac{(1 + tv)^{n-1}}{(1 + tc)^n} \quad (4)$$

Em que:

$\Sigma_{i=1}^{20}$ - Somatório no ano horizonte

U_1 - Valor no ano inicial

tv - Taxa de variação

tc - Taxa de capitalização

n - ano

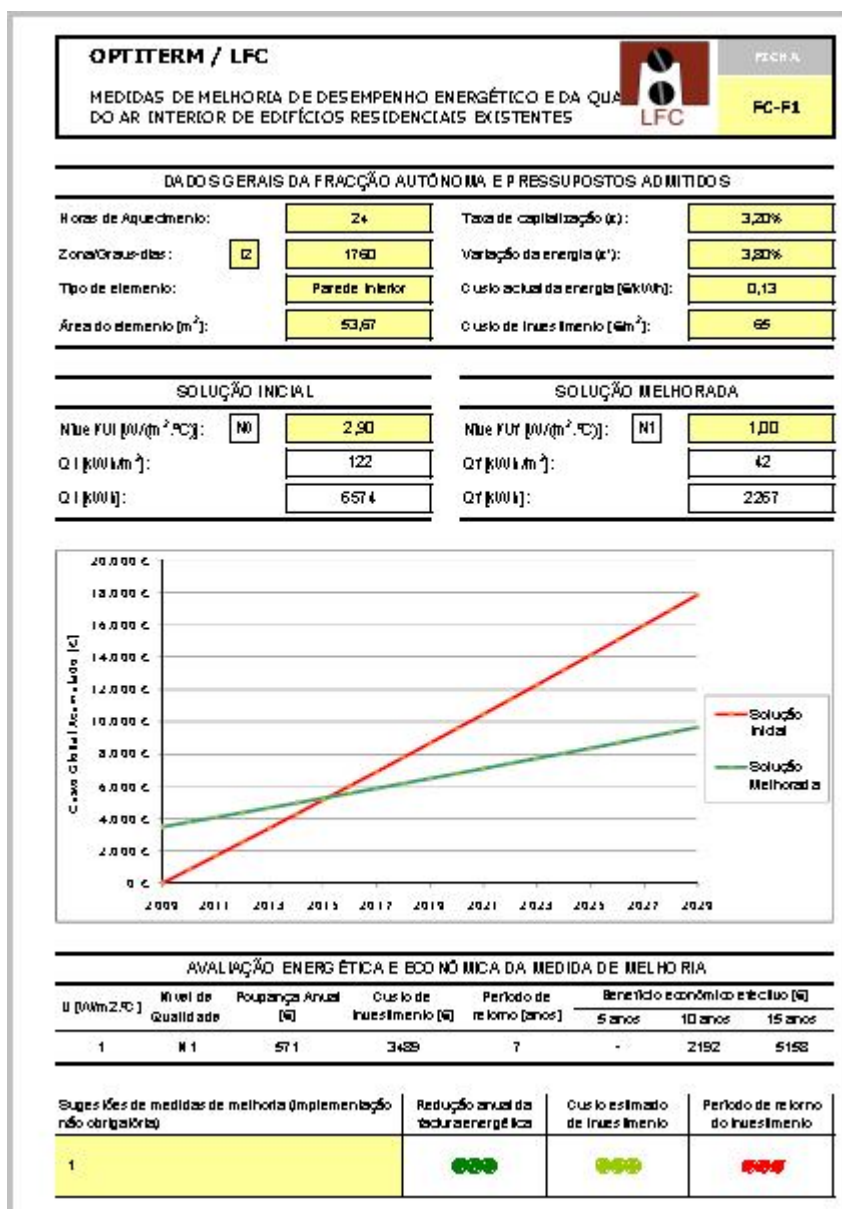


Fig.3.6. – Folha de cálculo da solução existente vs solução de projecto de fachadas FC – F1

Através da análise dos dados, podemos inferir que o valor total para as perdas, em kWh para a solução prevista em projecto, é de **Q_i = 2267 kWh**, o que aplicando os valores de referência implicaria um valor anual (ano 1) para perdas de **300,60€**.

A um valor que implicaria num prazo horizonte de 20 anos um custo global com as perdas de **6.168,17€**.

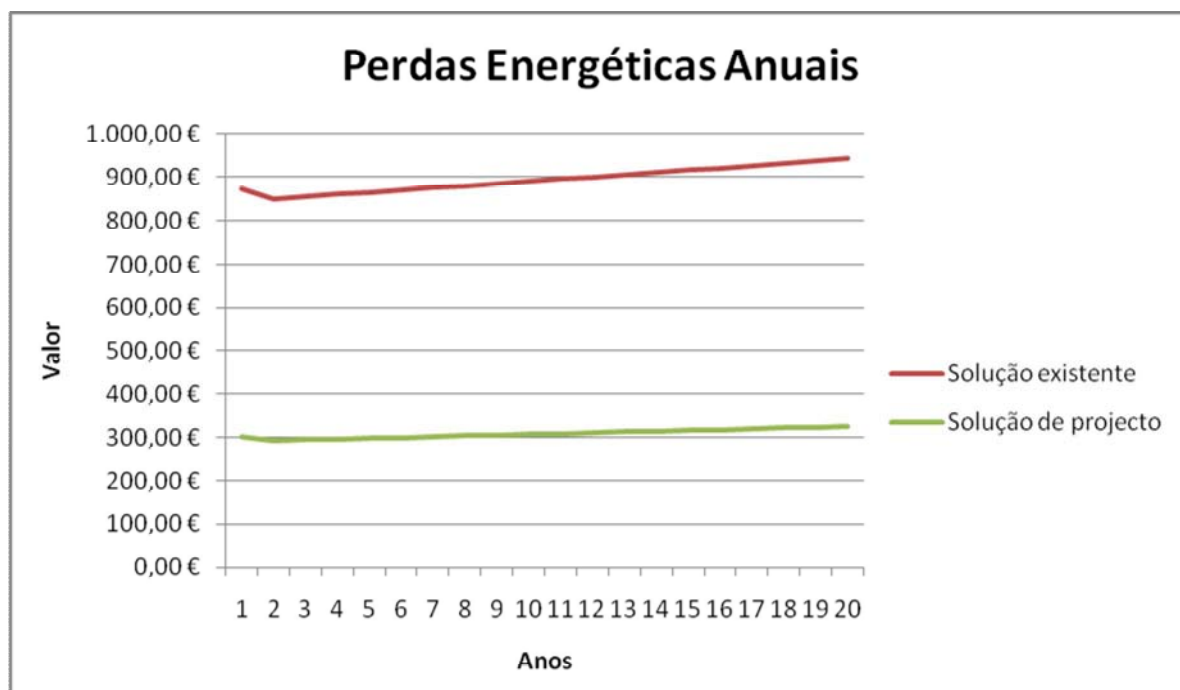


Fig.3.7. – Variação das perdas energéticas ao longo do horizonte de estudo

Quadro 5 – Custos das perdas energéticas, acumuladas durante o prazo de estudo (20 anos)

ANO	SOLUÇÃO EXISTENTE (€)	SOLUÇÃO DE PROJECTO (€)
1	871,71	300,60
2	849,48	292,97
3	854,42	294,68
4	859,39	296,39
5	864,39	298,11
6	869,41	299,85
7	874,47	301,59
8	879,55	303,34
9	884,66	305,11
10	889,81	306,88
11	894,98	308,66
12	900,18	310,46
13	905,42	312,26
14	910,68	314,08
15	915,98	315,90

Quadro 5 – Custos das perdas energéticas, acumuladas durante o prazo de estudo (20 anos) – Continuação

ANO	SOLUÇÃO EXISTENTE (€)	SOLUÇÃO DE PROJECTO (€)
16	921,30	317,74
17	926,66	319,59
18	932,05	321,45
19	937,47	323,32
20	942,92	325,20
TOTAL	17887,08	6.168,17

3.5.1.2. Vãos Envidraçados

Uma vez que não existe solução para comparação com a de projecto irá ser executada uma análise apenas às perdas energéticas da solução em si.

O valor total para as perdas, em kWh, é de **Qi = 707 kWh**, o que aplicando os valores de referência implicaria um valor anual (ano 1) para perdas de **93,75€**.

A um valor que implicaria num prazo horizonte de 20 anos um custo global com as perdas de **1.923,71€**.

Quadro 6 – Custos das perdas energéticas, acumuladas durante o prazo de estudo (20 anos)

ANO	VALOR (€)
1	93,75
2	91,37
3	91,90
4	92,44
5	92,97
6	93,51
7	94,06
8	94,61
9	95,16
10	95,71
11	96,26
12	96,82
13	97,39
14	97,95
15	98,52

Quadro 6 – Custos das perdas energéticas, acumuladas durante o prazo de estudo (20 anos) – Continuação

ANO	VALOR (€)
16	99,10
17	99,67
18	100,25
19	100,83
20	101,42
TOTAL	1.923,71

3.5.1.3. Paredes Interiores em contacto com espaços de circulação comum (não aquecidos)

Uma vez mais, pela aplicação do programa de cálculo, obtemos os seguintes valores:

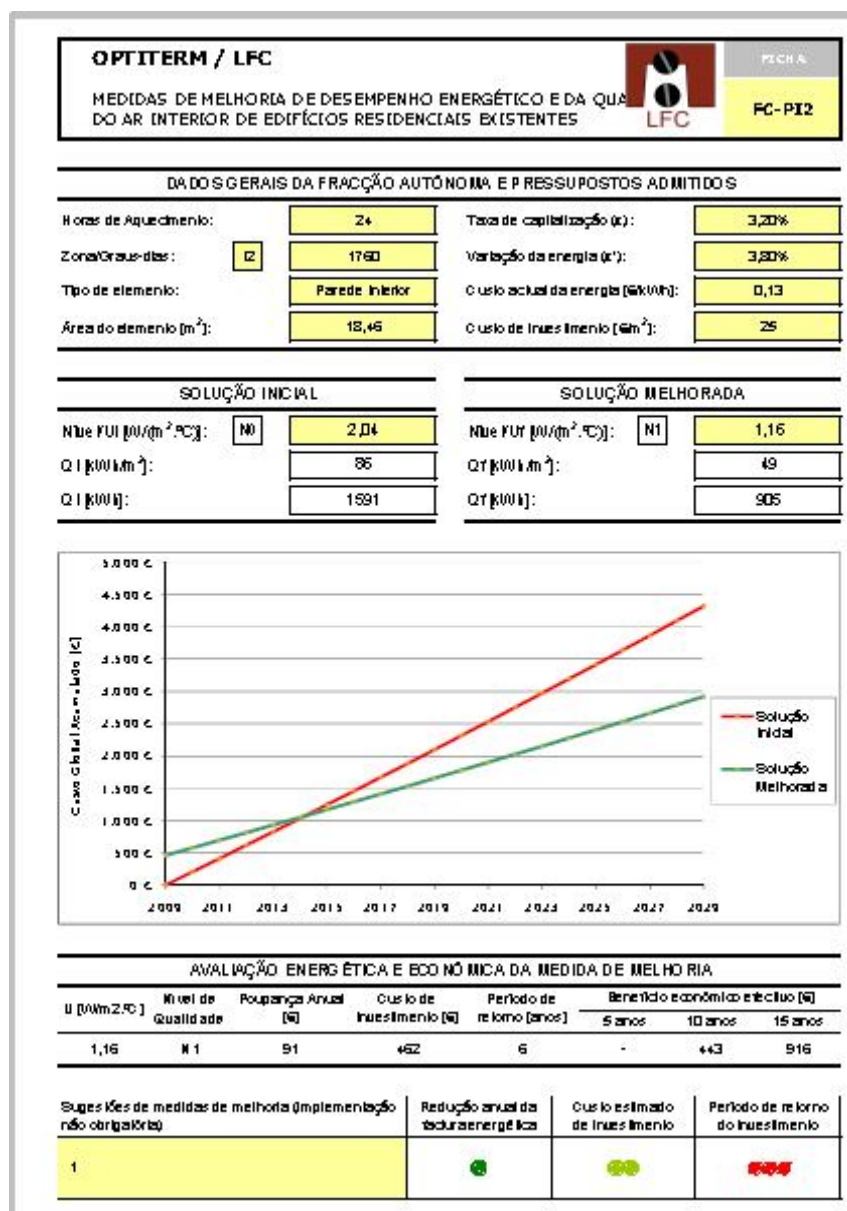


Fig.3.8. – Folha de cálculo da solução existente vs solução de projecto de paredes interiores em contacto com espaços de circulação comum (não aquecidos)

Através da análise dos dados, podemos inferir que o valor total para as perdas na solução de projecto, em kWh, é de **Q_i = 905 kWh**, o que aplicando os valores de referência implicaria um valor anual (ano 1) para perdas de **120,00€**.

A um valor que implicaria num prazo horizonte de 20 anos um custo global com as perdas de **2462,34 €**.

Como já foi referido anteriormente todos os valores serão afectados directa ou indirectamente pelo factor τ . Assim o valor real a considerar será de **$Q_i = 725\text{kWh}$** e o valor das perdas para o ano inicial será efectivamente de **96,00€**.

Quanto ao valor de perdas no ano horizonte será de **1.969,87€**.

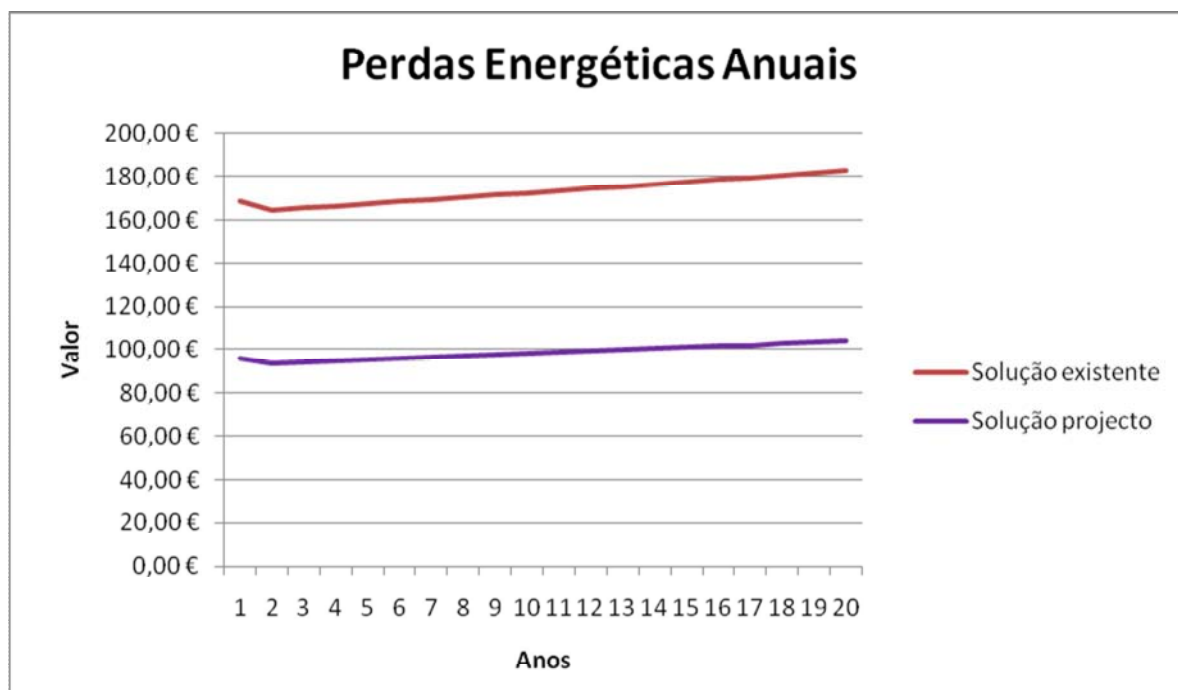


Fig.3.9. – Variação das perdas energéticas ao longo do horizonte de estudo

Quadro 7 – Custos das perdas energéticas, acumuladas durante o prazo de estudo (20 anos)

ANO	SOLUÇÃO INICIAL (€)	SOLUÇÃO DE PROJECTO (€)
1	168,78	96,00
2	164,49	93,56
3	165,45	94,11
4	166,41	94,66
5	167,38	95,21
6	168,35	95,76
7	169,33	96,32
8	170,32	96,88
9	171,31	97,44
10	172,30	98,01
11	173,30	98,58

Quadro 7 – Custos das perdas energéticas, acumuladas durante o prazo de estudo (20 anos) - Continuação

ANO	SOLUÇÃO INICIAL (€)	SOLUÇÃO DE PROJECTO (€)
12	174,31	99,15
13	175,32	99,72
14	176,34	100,30
15	177,37	100,89
16	178,40	101,47
17	179,44	102,06
18	180,48	102,66
19	181,53	103,25
20	182,59	103,85
TOTAL	3.463,20	1969,87

3.5.2. CUSTO DO INVESTIMENTO DA SOLUÇÃO DE PROJECTO

Para que seja possível adiante efectuar estudos comparativos, foi necessário efectuar a quantificação ao nível económico das soluções aplicadas.

Assim e de acordo com o real investimento, foi possível apurar que:

- **Fachada exterior** – 65,00€/m²
- **Vãos envidraçados** – 170,00€/un.
- **Paredes em contacto com espaços não úteis ou não aquecidos** – 25€/m²

Assim, para cada um dos elementos em causa e para a respectiva fracção, é possível imputar os custos de execução, sendo que na tabela abaixo se encontram descritos.

Quadro 8 – Investimento efectuado com as soluções construtivas iniciais

Solução Construtiva	Área (m2)	€/m2	€ Total
Paredes Exteriores	53,67	65,00	3.488,55
Vãos Envidraçados	5,98	130,00	777,40
Paredes Interiores	18,46	25,00	461,50
TOTAL			4.727,45

Estes custos são reais, e foram incluídos nos mapas de quantidades e custos aquando da execução da empreitada global.

É de realçar o facto de que todo o investimento efectuado, quer nas soluções em estudo, quer no restante imóvel, foi sem qualquer recurso a instituições financeiras.

Neste caso o cálculo a efectuar ao nível do investimento é directo, não havendo lugar à contabilização de encargos bancários de qualquer tipo como juros, taxas ou comissões associadas.

O presente capítulo e seus subcapítulos deixaram patente o valor do investimento inicial, a sua caracterização e as perdas associadas. O próximo capítulo incidirá sobre as soluções alternativas possíveis e o investimento associado às mesmas.

4

PROPOSTAS TÉCNICAS VARIANTES

4.1. APRESENTAÇÃO E GENERALIDADES

Nos capítulos precedentes foi efectuado o estudo face às soluções utilizadas na reabilitação do imóvel, sendo que apenas se analisaram as que mais directamente podem influenciar a qualidade e funcionalidade térmica do mesmo.

Em seguida, serão apresentadas soluções variantes que poderiam ter sido aplicadas, ou que em alternativa, ainda o podem ser. Essas soluções serão alvo de estudo térmico e económico, dando assim uma perspectiva relativamente à sua viabilidade e ao retorno económico que as mesmas podem ou não potenciar.

Salienta-se que as soluções posteriormente apresentadas poderiam ter sido outras, contudo apenas se seleccionaram as que tecnicamente e economicamente ao nível do investimento seriam as mais ajustadas.

4.2. DEFINIÇÃO DAS SOLUÇÕES – TÉCNICA E ECONOMICAMENTE

4.2.1. GENERALIDADES

Este subcapítulo abordará a questão relativa à definição das soluções variantes, o seu estudo térmico e a sua quantificação económica.

Para cada um dos elementos construtivos abordados no capítulo anterior será proposta uma alternativa construtiva.

4.2.2. FACHADA EXTERIOR

A solução prevista para melhoria no caso da fachada exterior será a execução de uma caixa-de-ar (não ventilada) entre o pano de alvenaria em pedra e o isolamento térmico. Outra introdução na solução é o aumento da espessura do isolamento térmico, que passará de 30 para 40 mm.

Assim a representação esquemática da solução será:

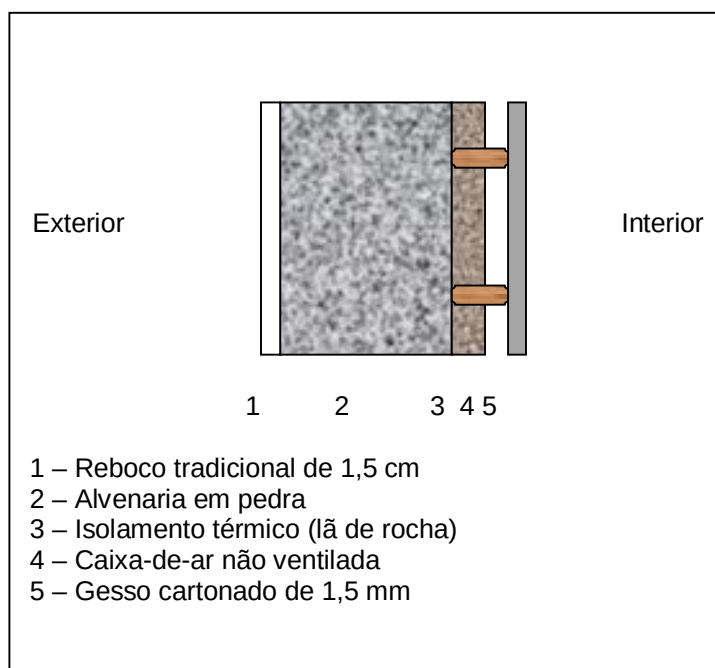


Fig.4.1. – Solução construtiva variante para a fachada exterior

Através da aplicação do ITE-50 – “Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente de Edifícios”, Quadro II.3- B2, obtemos um valor para o coeficiente de transmissão térmica $U = 0,76 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

A aplicação dos novos elementos tanto o isolamento como os novos apoios necessários à criação da caixa-de-ar, implicam um acréscimo do orçamento inicial no valor de **8,00€/m²**.

Assim no global o investimento relativo à fracção em causa será de **430,32€**.

4.2.3. VÃOS ENVIDRAÇADOS

Os vãos envidraçados das janelas e portadas inicialmente aplicadas são de madeira, sendo que a proposta variante assenta na alteração do material das mesmas e caso não se verifique uma substancial melhoria, propor-se-á também a alteração do tipo de vidro.

Logo esquematicamente teremos a mesma representação, apenas com a dita alteração dos materiais aplicados:

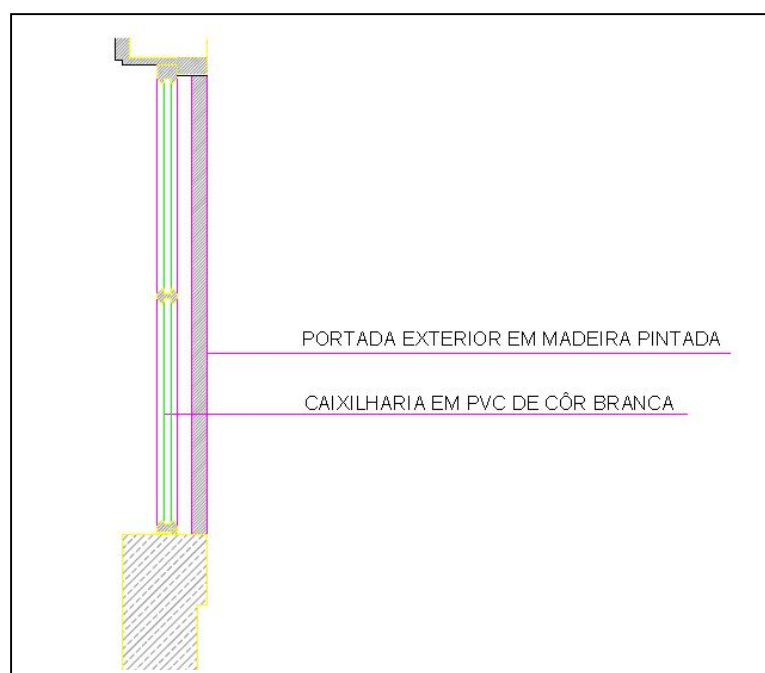


Fig.4.2. – Solução construtiva variante para os vãos envidraçados

Através da aplicação do ITE-50 – “Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente de Edifícios”, Quadro III.3, obtemos um valor para o coeficiente de transmissão térmica $U = 2,7 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$.

Assim, analisando o actual valor obtido para este coeficiente, rapidamente compreendemos que não existe qualquer alteração ao nível térmico apenas com a mudança de material. Estamos perante uma situação que implicará um maior investimento e para além de colocar uma maior lâmina de ar entre os vidros, será também benéfico a colocação de vidros de baixa emissividade.

Neste cenário obteremos um valor de $U = 2,2 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$., o que ao nível da melhoria térmica, embora tenha expressão, continua a não ser muito significativo.

Relativamente ao aspecto financeiro o valor integrado da solução seria de 300,00€/m², logo temos um acréscimo orçamental de 130,00€/m², o que no global representará 777,40€.

4.2.4. PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO COMUM (NÃO AQUECIDOS)

A solução preconizada e aplicada no processo de reabilitação foi a parede simples com tijolo cerâmico de 20 cm e reboco tradicional em cada face de espessura aproximadamente 1,5 cm.

Como proposta de melhoria, poder-se-ia aplicar uma parede dupla de tijolo cerâmico furado de 11 cm + 11 cm, com a caixa de ar preenchida com isolante do tipo XPS com 4 cm de espessura.

Assim, de acordo com o possível, obteríamos o seguinte resultado esquemático:

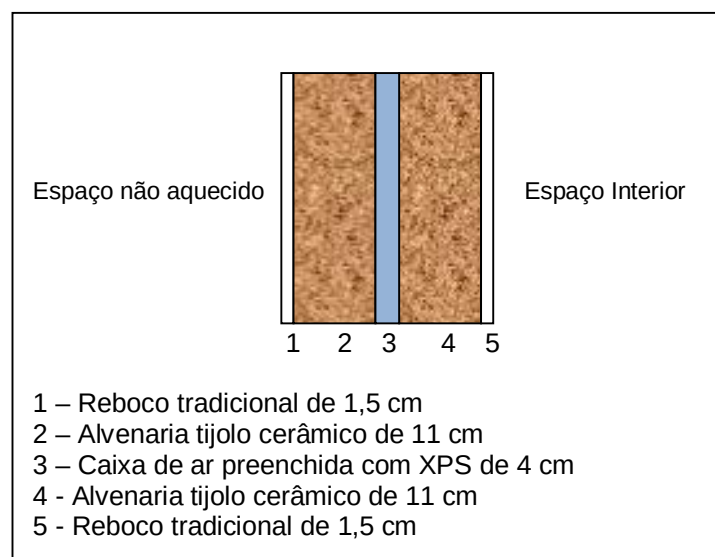


Fig.4.3. – Solução construtiva variante para as paredes interiores em contacto com espaços de circulação comuns (não aquecidos)

Através da aplicação do ITE-50 – “Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente de Edifícios”, Quadro III.3, obtemos um valor para o coeficiente de transmissão térmica $U_{I\text{na}} = 0,52 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$.

A solução agora preconizada implicaria um custo por m^2 de 30,00 €, logo representa, face ao investimento inicial um acréscimo de $5,00\text{€/m}^2$.

Sendo o custo total do investimento de 92,30€, relativamente à adoptada em projecto e de 553,80€, face à inicial.

5

ANÁLISE DAS SOLUÇÕES VARIANTES

5.1. ANÁLISE TÉCNICA

5.1.1. GENERALIDADES

Este capítulo aborda a questão técnica de cada uma das soluções e o porquê da opção tomada relativamente à solução variante. Assim, cada um dos elementos construtivos seleccionados, irá ser alvo de uma maior dissecação relativamente à solução inicial e respectiva proposta variante.

Contudo é, uma vez mais, de salientar o facto que as escolhas foram feitas de entre diversas possíveis, e que, outras eventualmente poderão conduzir a resultados ainda mais vantajosos.

5.1.2. FACHADA EXTERIOR

Tecnicamente optou-se pelo aumento do isolamento térmico de espessura 30 para 40mm, criando assim uma maior resistência térmica ao conjunto.

Aliás, apenas essa alteração já aumentaria o nível de conforto térmico e diminuiria as respectivas perdas pela envolvente.

O aumento em 10 mm de espessura do isolamento aplicado permitiria, entre outras:

- Aumentar a resistência térmica da fachada
- Aumentar a inércia térmica da fracção
- Reduzir as possíveis condensações
- Diminuir o consumo energético associado.

Relativamente à caixa-de-ar sugerida, permitiria aumentar e potenciar o aumento da resistência térmica, diminuindo o coeficiente de transmissão térmica (U). É de salientar que a mesma é não ventilada, para não existir um fluxo térmico que torne a sua temperatura igual a qualquer um dos lados, tanto interior como exterior.

Em termos de execução técnica, basta a colocação de elementos específicos, que criam a referida caixa e ficam mecanicamente fixos ao pano exterior, sendo o isolamento colocado sobre estes elementos, e as placas de gesso cartonado fixas aos mesmos.

Foi também equacionada a possibilidade de executar a colocação do isolamento sem existir a interrupção do mesmo, evitando assim a existência de pontos de perda térmica. Contudo o mesmo será

avaliado com a interrupção do mesmo através de fixadores de madeira, pois é uma solução mais utilizada e tecnicamente mais exequível na situação em causa.

5.1.3. VÃOS ENVIDRAÇADOS

A questão relativa aos vão envidraçados foi abordada de duas perspectivas, por um lado a alteração do material da caixilharia, que se provou mais eficaz a outros níveis, que não o térmico, e por outro a alteração do vidro, por um outro com baixa emissividade.

A segunda medida provou-se termicamente mais eficaz, por motivos expostos a seguir neste capítulo.

Uma vez mais é de toda a importância salientar que não foram considerados quaisquer ganhos, na medida em que o edifício se encontra confinado por outros, numa zona histórica e com um parque habitacional não planeado em volta.

Logo, a questão primeiramente abordada, pode ser mais facilmente compreendida através de um quadro comparativo entre ambas as soluções.

Quadro 9 – Quadro comparativo entre caixilharias em madeira e em PVC

Propriedade	Caixilharia em madeira	Caixilharia em PVC
Corrosão	Baixo nível de ataque a agentes corrosivos, com excepção das ferragens e elementos metálicos	Valor praticamente nulo neste parâmetro, pois os seus componentes metálicos, ou não existem ou estão devidamente protegidos
Resistência mecânica	O seu acabamento é vulnerável a acções mecânicas, contudo apresenta bons valores de elasticidade	Mais resistente à acção do choque, mas menos elástica e mais cara de substituir.
Resistência aos raios UV	Boas propriedades, quando devidamente protegida	Muito boas propriedades face ao ataque dos raios UV
Ataques biológicos	Facilmente atacada por agentes biológicos, nomeadamente com a falta de tratamento podem surgir patologias por acção de insectos	Imune aos ataques de carácter biológico mais frequentes
Dilatações	Susceptível a variações de dimensão com as amplitudes térmicas	Resistente às variações de dimensão por acção da amplitude térmica
Pintura	Necessidade de pintura ou envernizamento, o que leva a um aumento do valor a considerar neste tipo de soluções. Não necessita de renovações periódicas	O produto já é disponibilizado à cor desejada, não havendo acréscimo de encargos

Quadro 9 – Quadro comparativo entre caixilharias em madeira e em PVC - Continuação

Propriedade	Caixilharia em madeira	Caixilharia em PVC
Condensações	Elevada capacidade de resistir à formação de condensações	Elevada capacidade de resistir à formação de condensações
Limpeza	Exige alguns cuidados com os produtos a utilizar, para evitar fenómenos corrosivos. Zonas de mais fácil deposição de sujidade	Não necessita de produtos desincrustantes, apenas água e sabão comum neutro
Acústica	Valores médios na capacidade de isolamento acústico	Valores elevados na capacidade de isolamento acústico
Isolamento térmico	Boas propriedades de isolamento ao nível térmico	Boas propriedades de isolamento ao nível térmico
Estanquidade	Composta por vários elementos, leva a uma maior vulnerabilidade nas juntas	Normalmente do tipo monobloco, evitando patologias associadas às juntas de construção
Acessórios	Baixa gama de acessórios complementares	Várias soluções disponibilizadas pelos fabricantes

Conforme disposto no quadro acima representado, é possível perceber que as capacidades térmicas de ambas as soluções se equiparam, aliás, no ITE-50 – “Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente de Edifícios”, no seu Anexo III, estão patentes as duas hipóteses.

No Quadro III.1 da página III.3 podemos encontrar o valor do coeficiente de transmissão térmica da solução inicial com um valor de $U = 2,8 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, para caixilharia em madeira de vão envidraçado simples e duplo, uma espessura da lâmina de ar de 6mm e um dispositivo de oclusão nocturna com elevada permeabilidade ao ar.

Relativamente à solução variante integrada (caixilharia + vidro de baixa emissividade), podemos constatar no Quadro III.3 da página III.6 o valor para $U = 2,2 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$.

A solução em questão é janelas simples com vidro duplo, de baixa emissividade, lâmina de ar com 16mm de espessura e um dispositivo de oclusão nocturna com elevada permeabilidade ao ar.

Quanto à questão da alteração do vidro a mesma prende-se com o facto de obtermos uma melhoria de $0,5 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, face a um ganho de apenas $0,1 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ com a alteração da caixilharia.

O novo vidro e a maior caixa-de-ar são, relativamente ao vidro duplo simples, uma maior valia nos seguintes aspectos:

- Maior aproveitamento da radiação solar existente
- Controlo da temperatura
- Redução das trocas de energia e das perdas pelos envidraçados
- Redução das condensações internas nos vãos envidraçados

Isto deve-se sobretudo ao facto da emissividade, propriedade física que traduz a capacidade que um corpo tem para emitir radiação, ter um valor baixo por aplicação de uma fina camada de elementos metálicos, com predominância da prata.

Esta camada é efectuada por pulverização catódica em vácuo, que após conclusão confere ao vidro a capacidade de reflectir os raios ultravioletas de maior comprimento de onda e consequentemente os que são mais responsáveis pelo aquecimento.

Na estação fria, contribuem amplamente para a diminuição das trocas térmicas por radiação.

5.1.4. PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO COMUM (NÃO AQUECIDOS)

A solução técnica variante propõe, a execução de uma parede composta por dois panos de alvenaria de 11cm, existindo caixa-de-ar no seu interior preenchida por isolamento térmico do tipo XPS e reboco de argamassas tradicionais em ambas as faces.

Não se colocou a hipótese que contempla a existência de caixa-de-ar, uma vez que é necessário respeitar as espessuras existentes por questões arquitectónicas e estruturais.

Assim esta nova solução dará cumprimento ao requisito anterior, que nos abriga a uma espessura inferior a 30cm.

Construtivamente apenas alteramos um pouco a espessura, o que só por si já traria vantagens ao nível térmico, senão vejamos:

De acordo com o ITE-50 – “Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente de Edifícios”, no seu Quadro II.4, pág. II.13, e aplicando a fórmula correctiva para o caso de o interior contactar com espaços não aquecidos como é o caso, o U_{ln} seria $1,00 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, o que só por si já seria inferior ao inicialmente executado com um $U_{ln}=1,16 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Contudo, a grande maior valia desta nova solução será sem dúvida a introdução do isolamento térmico na caixa-de-ar que nos permitirá segundo o ITE-50 – “Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente de Edifícios”, no seu Quadro II.5, pág. II.15, e aplicando novamente a fórmula correctiva da pág. II.14, um $U_{ln}=0,52 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Em suma, as grandes vantagens da execução da solução variante são:

- Melhoria da resistência térmica da solução
- Redução das perdas térmicas pelo elemento
- Maior eficácia energética
- Maior poupança
- Maior conforto acústico

5.2. ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA

5.2.1. INTRODUÇÃO

Depois da análise técnica, será executada uma abordagem financeira às soluções, onde será possível verificar qual o custo associado bem como os consumos energéticos.

Será abordada cada uma das soluções numa óptica individual e só posteriormente a comparação do investimento com as soluções iniciais,

Uma vez mais será utilizado o software de cálculo Optiterm.

5.2.2. FACHADA EXTERIOR

A solução variante em causa, após o acréscimo de espessura do isolamento e da execução da caixa-de-ar, que implicou a colocação de perfis de suporte com dimensões superiores, tem um custo total associado de 73,00€/m².

De acordo com a fig. Seguinte podemos observar qual o seu comportamento técnico económico.

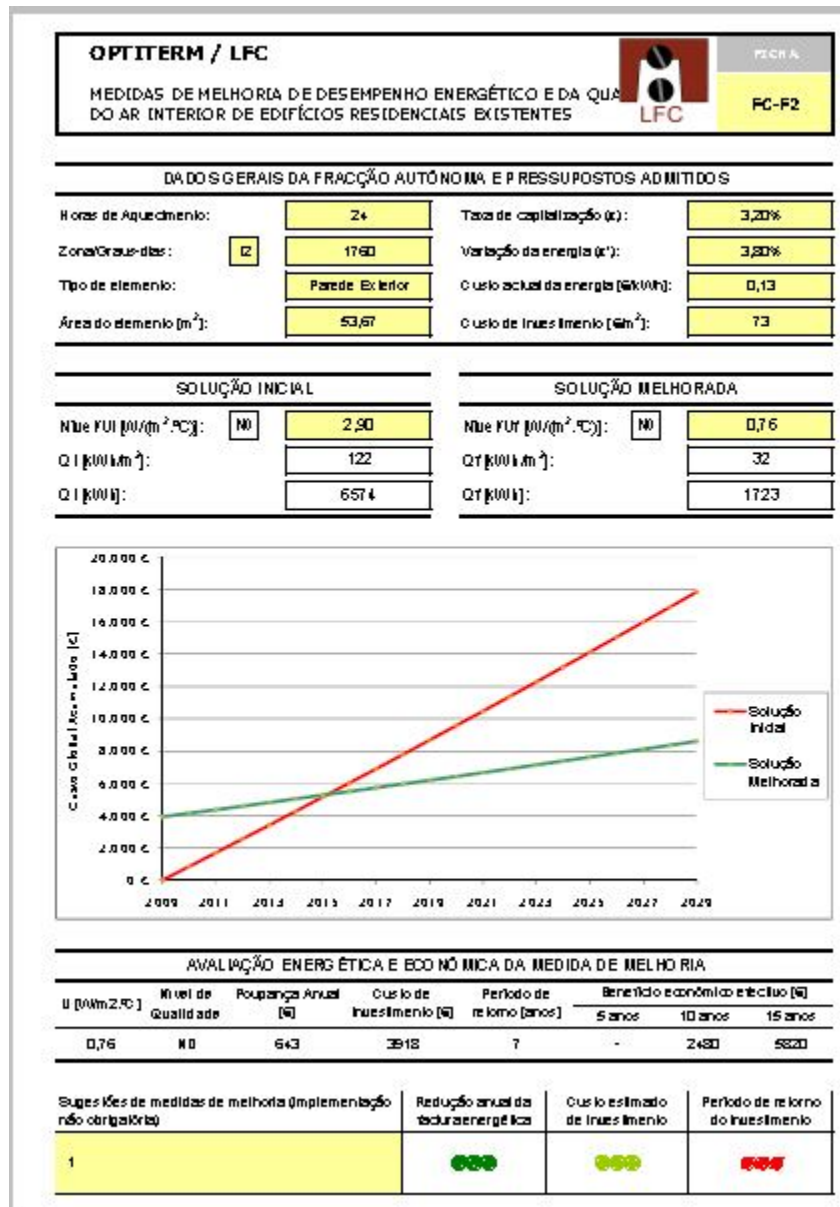


Fig.5.1. – Folha de cálculo da solução existente vs variante de paredes exteriores FC – F2

Analisando os dados obtidos pelo software de cálculo, o valor total para as perdas, em kWh, é **de Qf = 1723 kWh**, o que aplicando os valores de referência implicaria um valor anual (ano 1) para perdas de **228,47€**.

A um valor que implicaria num prazo horizonte de 20 anos um custo global com as perdas de **4.688,10€**.

Quadro 10 – Custos das perdas energéticas, acumuladas durante o prazo de estudo (20 anos)

ANO	SOLUÇÃO EXISTENTE (€)	SOLUÇÃO VARIANTE (€)
1	871,71	228,47
2	849,59	222,67
3	854,53	223,97
4	859,50	225,27
5	864,50	226,58
6	869,52	227,90
7	874,58	229,22
8	879,66	230,55
9	884,78	231,89
10	889,92	233,24
11	895,09	234,60
12	900,30	235,96
13	905,53	237,33
14	910,80	238,71
15	916,09	240,10
16	921,42	241,50
17	926,78	242,90
18	932,16	244,31
19	937,58	245,74
20	943,03	247,16
TOTAL	17.887,08	4.688,10

5.2.3. Vãos Envidraçados

Uma vez que não existe solução para comparação com a de projecto irá ser executada uma análise apenas às perdas energéticas da solução em si.

O valor total para as perdas, em kWh, é de **Qi = 556 kWh**, o que aplicando os valores de referência implicaria um valor anual (ano 1) para perdas de **73,73€**.

A um valor que implicaria num prazo horizonte de 20 anos um custo global com as perdas de **1.512,90€**.

Quadro 11 – Custos das perdas energéticas, acumuladas durante o prazo de estudo (20 anos)

ANO	SOLUÇÃO VARIANTE (€)
1	73,73
2	71,86
3	72,28
4	72,70
5	73,12
6	73,54
7	73,97
8	74,40
9	74,84
10	75,27
11	75,71
12	76,15
13	76,59
14	77,04
15	77,48
16	77,93
17	78,39
18	78,84
19	79,30
20	79,76
TOTAL	1.512,90

5.2.4. PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO COMUM (NÃO AQUECIDOS)

A solução dada como variante à inicial, sendo constituída por um pano de alvenaria dupla de tijolo de 11cm, com caixa preenchida por isolamento térmico, é orçamentada em 30,00€/m², em grande parte devido à colocação do isolamento térmico e à mão-de-obra associada, uma vez que a diferença entre um pano de alvenaria de 20cm ou um duplo de 11cm, não é expressiva.

Assim o aumento de preço deve-se à colocação de isolamento, acréscimo na mão-de-obra e argamassas de colagem em maior quantidade. A figura seguinte traduz o comportamento da solução.

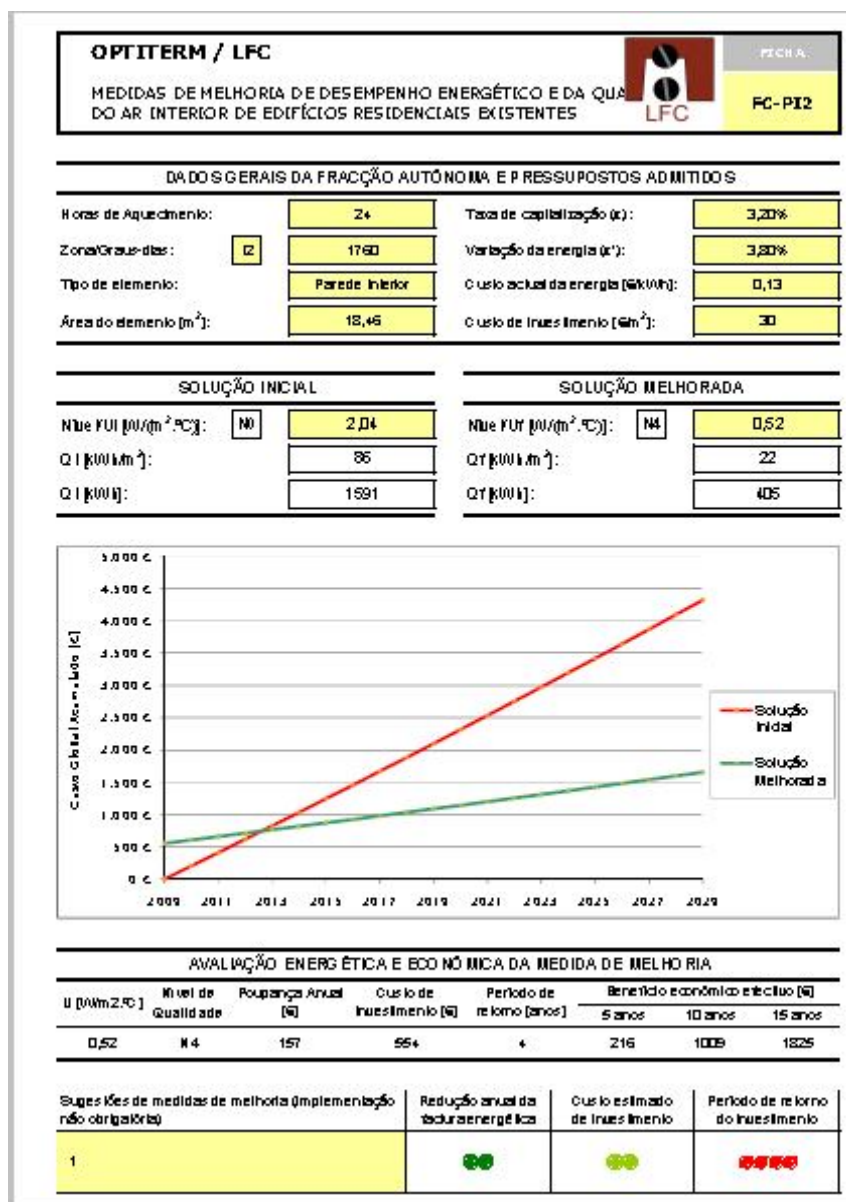


Fig.5.2. – Folha de cálculo da solução existente vs variante de paredes interiores em contacto com espaços de circulação comuns (não aquecidos) FC – PI2

Analisando os dados obtidos pelo software de cálculo, o valor total para as perdas, em kWh, é de **Qi = 405 kWh**, o que aplicando os valores de referência implicaria um valor anual (ano 1) para perdas de **53,70 €**.

A um valor que implicaria num prazo horizonte de 20 anos um custo global com as perdas de **1.101,90 €**.

Mas, tal como aconteceu com a solução de projecto, também aqui será efectuada a correcção, sendo os valores finais para as perdas de **Qi = 324 kWh** e o valor no primeiro ano será **42,96€**.

Já a 20 anos estamos perante o valor de **881,52€**.

Quadro 12 – Taxa de variação prevista para o custo anual com a solução variante

ANO	SOLUÇÃO INICIAL (€)	SOLUÇÃO VARIANTE (€)
1	168,78	42,96
2	164,49	41,87
3	165,45	42,11
4	166,41	42,36
5	167,38	42,60
6	168,35	42,85
7	169,33	43,10
8	170,32	43,35
9	171,31	43,60
10	172,30	43,86
11	173,30	44,11
12	174,31	44,37
13	175,32	44,63
14	176,34	44,89
15	177,37	45,15
16	178,40	45,41
17	179,44	45,67
18	180,48	45,94
19	181,53	46,21
20	182,59	46,48
TOTAL	3.463,20	881,52

5.3. ANÁLISE FINANCEIRA

5.3.1. DEFINIÇÕES

Até ao presente capítulo, todas as soluções foram estudadas ao nível do investimento e da componente técnica, produzindo resultados para a respectiva eficácia térmica.

Em seguida será efectuada a comparação entre as diferentes soluções ao nível financeiro, na componente do retorno do investimento.

O objectivo é apresentar as diferenças para posterior análise integrada.

5.3.2. FACHADA EXTERIOR

O quadro que se segue, traduz a variação existente entre a solução inicial e a solução de projecto. Na última coluna é possível obter o valor efectivamente de custos, e o ponto em que se inverte passando o investimento a obter o esperado retorno.

Quadro 13 – Quadro comparativo entre as soluções inicial e de projecto – vertente económica

ANO	PERDAS SOLUÇÃO INICIAL (€)	PERDAS SOLUÇÃO PROJECTO (€)	VARIAÇÃO DAS PERDAS (€)	BENEFÍCIO ECONÓMICO/PONTO DE RETORNO
1	871,71	300,60	571,11	-2917,65
2	849,59	292,97	556,62	-2361,03
3	854,53	294,68	559,85	-1801,17
4	859,50	296,39	563,11	-1238,06
5	864,50	298,11	566,38	-671,68
6	869,52	299,85	569,68	-102,00
7	874,58	301,59	572,99	470,99
8	879,66	303,34	576,32	1047,31
9	884,78	305,11	579,67	1626,98
10	889,92	306,88	583,04	2210,02
11	895,09	308,66	586,43	2796,45
12	900,30	310,46	589,84	3386,29
13	905,53	312,26	593,27	3979,56
14	910,80	314,08	596,72	4576,28
15	916,09	315,90	600,19	5176,47
16	921,42	317,74	603,68	5780,14
17	926,78	319,59	607,19	6387,33
18	932,16	321,45	610,72	6998,05
19	937,58	323,32	614,27	7612,31
20	943,03	325,20	617,84	8230,15
TOTAL	17.887,08	6.168,17		

Da análise do quadro anterior é possível verificar que através da comparação entre as duas soluções, podemos retirar dados úteis para uma análise de investimento, tais como:

- O prazo de retorno do investimento, que no caso é de 7 anos, uma vez que nessa altura todo o investimento efectuado inicialmente estará completamente pago, e a solução ao nível das perdas começará a compensar face à relação investimento - perdas.

- O valor da poupança com os consumos energéticos, no prazo horizonte do estudo efectuado e que é de 8.230,15€

No caso do ano em que estamos perante o início de ganhos financeiros, relativamente ao investimento efectuado, o mesmo é verificado quando na coluna dos valores acumulados para os retornos, existe uma alteração de sinal, isto é, quando iniciamos o período do retorno financeiro.

Graficamente o período de retorno pode ser apresentado conforme figura seguinte, simultaneamente com o benefício económico obtido pelo investimento.

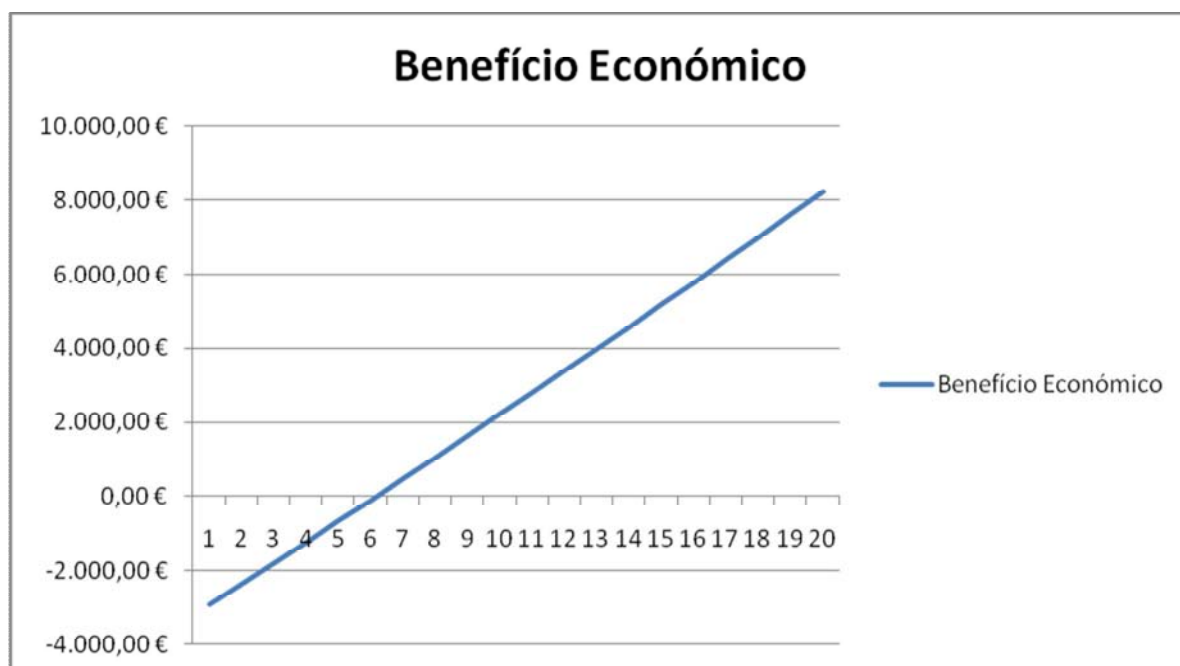


Fig.5.3. – Representação gráfica do benefício económico entre a solução inicial e de projecto

Em seguida é apresentado o quadro que reflecte a comparação entre as soluções inicial e variante ao projecto.

Quadro 14 – Quadro comparativo entre as soluções inicial e variante – vertente económica

ANO	PERDAS SOLUÇÃO INICIAL (€)	PERDAS SOLUÇÃO VARIANTE (€)	VARIAÇÃO DAS PERDAS (€)	BENEFÍCIO ECONÓMICO/PONTO DE RETORNO
1	871,71	228,47	643,24	-2845,52
2	849,59	222,67	626,92	-2218,60
3	854,53	223,97	630,56	-1588,03
4	859,50	225,27	634,23	-953,80
5	864,50	226,58	637,92	-315,89
6	869,52	227,90	641,63	325,74

Quadro 14 – Quadro comparativo entre as soluções inicial e variante – vertente económica - Continuação

ANO	PERDAS SOLUÇÃO INICIAL (€)	PERDAS SOLUÇÃO VARIANTE (€)	VARIAÇÃO DAS PERDAS (€)	BENEFÍCIO ECONÓMICO/PONTO DE RETORNO
7	874,58	229,22	645,36	971,09
8	879,66	230,55	649,11	1.620,20
9	884,78	231,89	652,88	2.273,08
10	889,92	233,24	656,68	2.929,76
11	895,09	234,60	660,50	3.590,26
12	900,30	235,96	664,34	4.254,59
13	905,53	237,33	668,20	4.922,79
14	910,80	238,71	672,08	5.594,87
15	916,09	240,10	675,99	6.270,86
16	921,42	241,50	679,92	6.950,78
17	926,78	242,90	683,87	7.634,66
18	932,16	244,31	687,85	8.322,51
19	937,58	245,74	691,85	9.014,36
20	943,03	247,16	695,87	9.710,23
TOTAL	6.100,97	4.688,10		

Uma vez analisado o quadro acima representado podemos concluir que:

- O prazo de retorno do investimento, que no caso é de 6 anos, uma vez que nessa altura todo o investimento efectuado inicialmente estará completamente pago, e a solução ao nível das perdas começará a compensar face à relação investimento - perdas.
- O valor da poupança com os consumos energéticos, no prazo horizonte do estudo efectuado e que é de 9.710,23€

Graficamente o período de retorno pode ser apresentado conforme figura seguinte, simultaneamente com o benefício económico obtido pelo investimento.

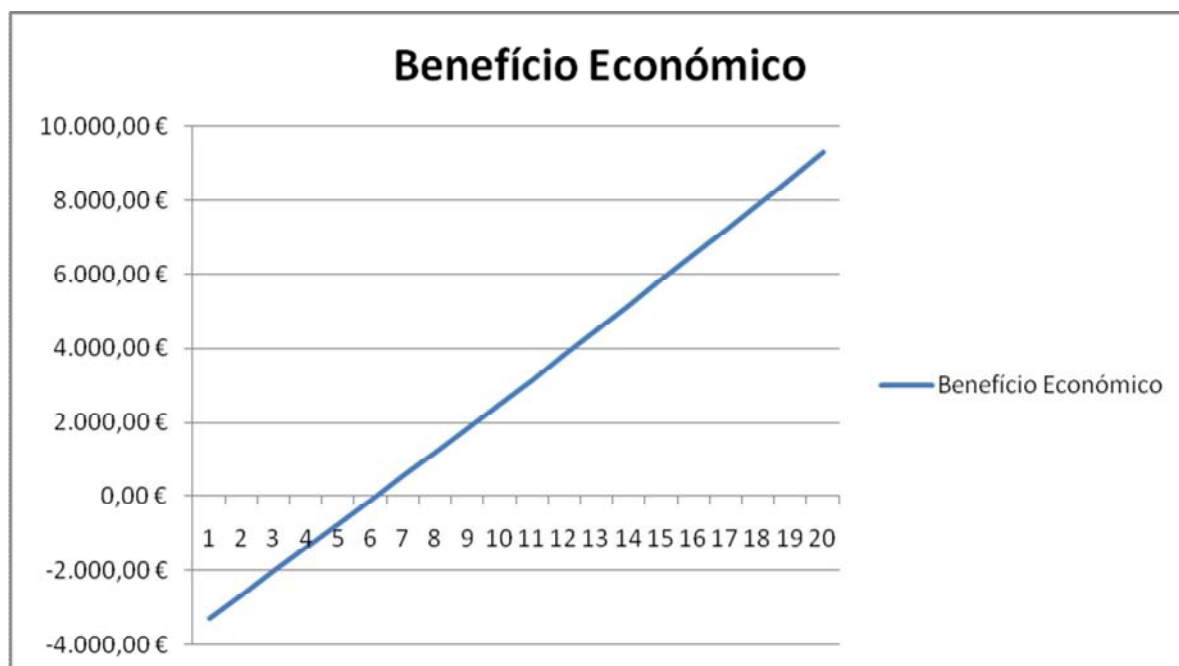


Fig.5.4. – Representação gráfica do benefício económico entre a solução inicial e a variante

5.3.3. VÃOS ENVIDRAÇADOS

Uma vez que não existia solução inicial, o estudo para esta solução construtiva far-se-á adiante comparando as duas soluções, a de projecto e a variante, podendo entre elas analisar a mais vantajosa em termos técnico-económicos.

Como valor de investimento foi utilizada a diferença entre os custos da instalação de ambas, a saber, 130,00€.

Quadro 15 – Quadro comparativo entre as soluções de projecto e variante – vertente económica

ANO	PERDAS SOLUÇÃO PROJECTO (€)	PERDAS SOLUÇÃO VARIANTE (€)	VARIAÇÃO DAS PERDAS (€)	BENEFÍCIO ECONÓMICO/PONTO DE RETORNO (€)
1	93,75	73,73	20,02	-109,98
2	91,37	71,86	19,51	-90,47
3	91,90	72,28	19,63	-70,84
4	92,44	72,70	19,74	-51,10
5	92,97	73,12	19,85	-31,25
6	93,51	73,54	19,97	-11,28
7	94,06	73,97	20,09	8,81
8	94,61	74,40	20,20	29,01
9	95,16	74,84	20,32	49,33
10	95,71	75,27	20,44	69,77

Quadro 15 – Quadro comparativo entre as soluções de projecto e variante – vertente económica - Continuação

ANO	PERDAS SOLUÇÃO PROJECTO (€)	PERDAS SOLUÇÃO VARIANTE (€)	VARIAÇÃO DAS PERDAS (€)	BENEFÍCIO ECONÓMICO/PONTO DE RETORNO (€)
11	96,26	75,71	20,56	90,32
12	96,82	76,15	20,68	111,00
13	97,39	76,59	20,80	131,80
14	97,95	77,04	20,92	152,72
15	98,52	77,48	21,04	173,76
16	99,10	77,93	21,16	194,92
17	99,67	78,39	21,28	216,20
18	100,25	78,84	21,41	237,61
19	100,83	79,30	21,53	259,14
20	101,42	79,76	21,66	280,80
TOTAL	1.923,71	1.512,90		

Uma vez analisado o quadro acima representado podemos concluir que:

- O prazo de retorno do investimento, que no caso é de 7 anos, uma vez que nessa altura todo o investimento efectuado inicialmente estará completamente pago, e a solução ao nível das perdas começará a compensar face à relação investimento - perdas.
- O valor da poupança com os consumos energéticos, no prazo horizonte do estudo efectuado e que é de 280,80€.

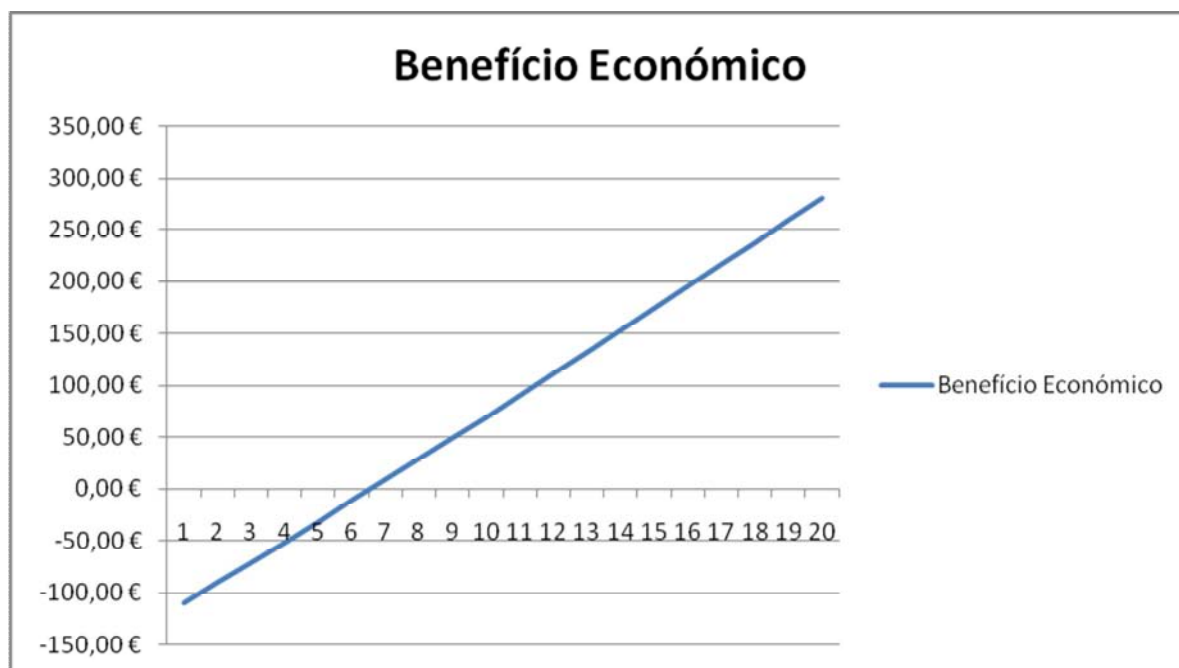


Fig.5.5. – Representação gráfica do benefício económico entre a solução de projecto e a variante

5.3.4. PAREDES DIVISÓRIAS PARA ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO COMUM (NÃO AQUECIDOS)

Em seguida serão apresentados os quadros que representam a comparação entre as soluções relativas a paredes interiores em contacto com espaços não – aquecidos, onde se poderá verificar qual a poupança energética, bem como o respectivo prazo de retorno económico.

Novamente vamos comparar as soluções de projecto e variante com a inicialmente presente no edifício/fracção em estudo neste trabalho.

Quadro 16 – Quadro comparativo entre as soluções inicial e de projecto – vertente económica

ANO	PERDAS SOLUÇÃO INICIAL (€)	PERDAS SOLUÇÃO PROJECTO (€)	VARIAÇÃO DAS PERDAS (€)	BENEFÍCIO ECONÓMICO/PONTO DE RETORNO (€)
1	168,78	96,00	72,78	-388,72
2	164,49	93,56	70,93	-317,79
3	165,45	94,11	71,34	-246,45
4	166,41	94,66	71,76	-174,70
5	167,38	95,21	72,17	-102,52
6	168,35	95,76	72,59	-29,93
7	169,33	96,32	73,02	43,09
8	170,32	96,88	73,44	116,53
9	171,31	97,44	73,87	190,39
10	172,30	98,01	74,30	264,69

Quadro 16 – Quadro comparativo entre as soluções inicial e de projecto – vertente económica - Continuação

ANO	PERDAS SOLUÇÃO INICIAL (€)	PERDAS SOLUÇÃO PROJECTO (€)	VARIAÇÃO DAS PERDAS (€)	BENEFÍCIO ECONÓMICO/PONTO DE RETORNO (€)
11	173,30	98,58	74,73	339,42
12	174,31	99,15	75,16	414,58
13	175,32	99,72	75,60	490,18
14	176,34	100,30	76,04	566,22
15	177,37	100,89	76,48	642,70
16	178,40	101,47	76,93	719,63
17	179,44	102,06	77,37	797,00
18	180,48	102,66	77,82	874,82
19	181,53	103,25	78,28	953,10
20	182,59	103,85	78,73	1.031,83
TOTAL	3.463,20	1.969,87		

Da análise do quadro anterior é possível verificar que através da comparação entre as duas soluções, podemos retirar dados úteis para uma análise de investimento, tais como:

- O prazo de retorno do investimento, que no caso é de 7 anos, uma vez que nessa altura todo o investimento efectuado inicialmente estará completamente pago, e a solução ao nível das perdas começará a compensar face à relação investimento - perdas.
- O valor da poupança com os consumos energéticos, no prazo horizonte do estudo efectuado e que é de 1.031,83€

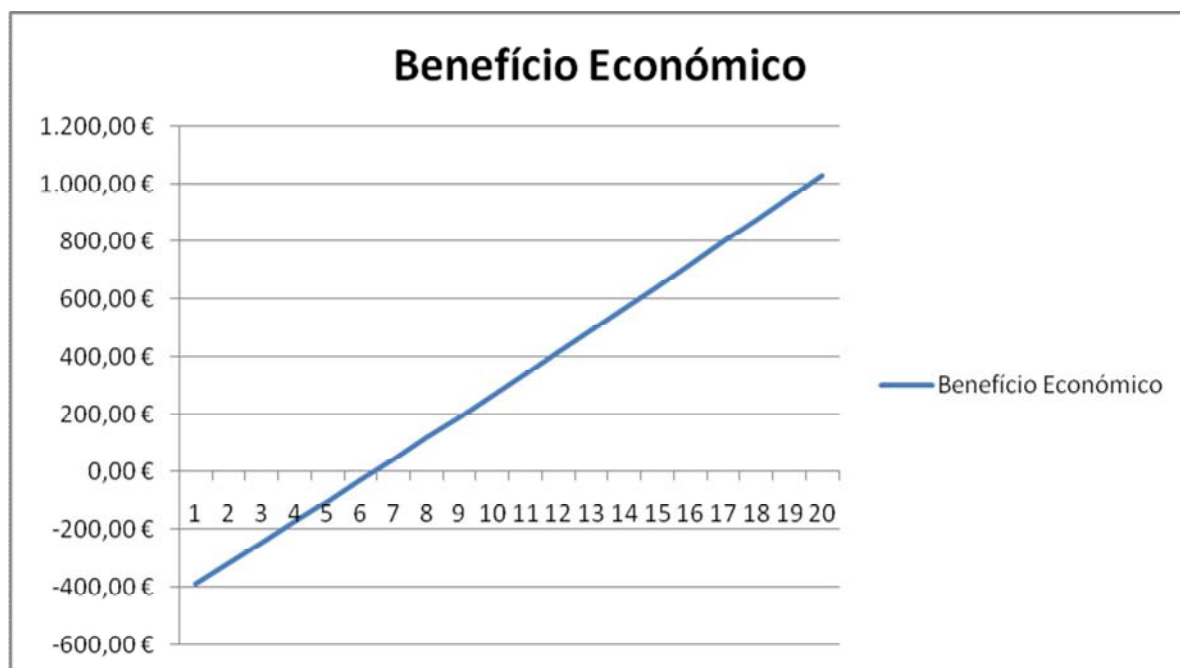


Fig.5.6. – Representação gráfica do benefício económico entre a solução inicial e a de projecto

No quadro seguinte estão os resultados obtidos para a comparação financeira entre as soluções inicial e variante ao projecto.

Quadro 17 – Quadro comparativo entre as soluções inicial e variante – vertente económica

ANO	PERDAS SOLUÇÃO INICIAL (€)	PERDAS SOLUÇÃO VARIANTE (€)	VARIAÇÃO DAS PERDAS (€)	BENEFÍCIO ECONÓMICO/PONTO DE RETORNO (€)
1	168,78	42,96	125,82	-427,98
2	164,49	41,87	122,62	-305,36
3	165,45	42,11	123,34	-182,02
4	166,41	42,36	124,05	-57,97
5	167,38	42,60	124,77	66,80
6	168,35	42,85	125,50	192,30
7	169,33	43,10	126,23	318,53
8	170,32	43,35	126,96	445,50
9	171,31	43,60	127,70	573,20
10	172,30	43,86	128,44	701,64
11	173,30	44,11	129,19	830,84
12	174,31	44,37	129,94	960,78
13	175,32	44,63	130,70	1.091,48

Quadro 17 – Quadro comparativo entre as soluções inicial e variante – vertente económica - Continuação

ANO	PERDAS SOLUÇÃO INICIAL (€)	PERDAS SOLUÇÃO VARIANTE (€)	VARIAÇÃO DAS PERDAS (€)	BENEFÍCIO ECONÓMICO/PONTO DE RETORNO (€)
14	176,34	44,89	131,46	1.222,93
15	177,37	45,15	132,22	1.355,16
16	178,40	45,41	132,99	1.488,15
17	179,44	45,67	133,76	1.621,91
18	180,48	45,94	134,54	1.756,45
19	181,53	46,21	135,32	1.891,77
20	182,59	46,48	136,11	2.027,89
TOTAL	3.463,20	881,52		

Da análise do quadro anterior é possível verificar que através da comparação entre as duas soluções, podemos retirar dados úteis para uma análise de investimento, tais como:

- O prazo de retorno do investimento, que no caso é de 5 anos, uma vez que nessa altura todo o investimento efectuado inicialmente estará completamente pago, e a solução ao nível das perdas começará a compensar face à relação investimento - perdas.
- O valor da poupança com os consumos energéticos, no prazo horizonte do estudo efectuado e que é de 2.027,89€

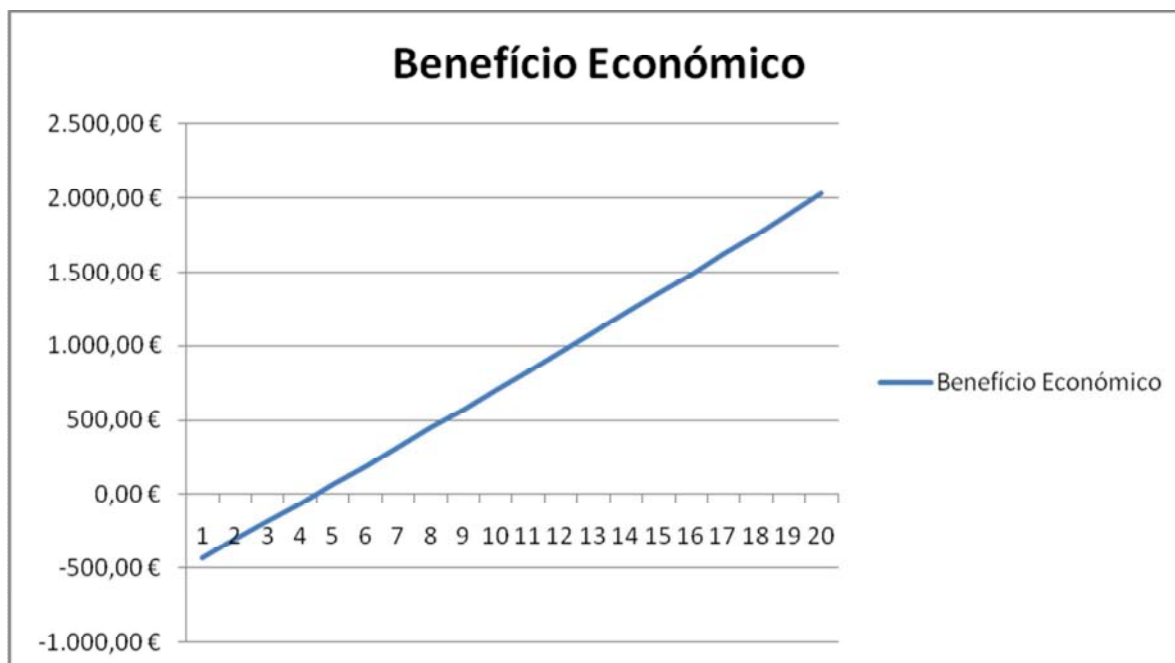


Fig.5.7. – Representação gráfica do benefício económico entre a solução inicial e a de projecto

6

ANÁLISE GLOBAL DO RETORNO FINANCEIRO E CONCLUSÕES

6.1. ANÁLISE GLOBAL DO RETORNO FINANCEIRO

Este capítulo abordará a temática relacionado com a análise integrada dos resultados obtidos isoladamente através dos cálculos efectuados até à data.

Nesta fase é possível efectuar um resumo de todo o investimento possível de realizar, bem como qual o retorno financeiro obtido, ao nível dos consumos energéticos.

Assim, e para cada um dos elementos será executada uma análise comparativa entre as duas soluções, a de projecto e variante ao mesmo, apresentando os resultados e a opção de escolha entre ambas.

6.1.1. FACHADA EXTERIOR

O quadro que se segue representa as diferenças entre as soluções adoptadas para as fachadas exteriores.

Quadro 18 – Quadro comparativo entre os benefícios das duas soluções.

ANO	BENEFÍCIO SOLUÇÃO PROJECTO (€)	BENEFÍCIO SOLUÇÃO VARIANTE (€)	VARIAÇÃO ACUMULADA (€)
1	-2917,65	-2845,52	72,13
2	-2361,03	-2218,60	142,43
3	-1801,17	-1588,03	213,14
4	-1238,06	-953,80	284,26
5	-671,68	-315,89	355,79
6	-102,00	325,74	427,74
7	470,99	971,09	500,1
8	1.047,31	1.620,20	572,89
9	1.626,98	2.273,08	646,1
10	2.210,02	2.929,76	719,74

Quadro 18 – Quadro comparativo entre os benefícios das duas soluções - Continuação

ANO	BENEFÍCIO SOLUÇÃO PROJECTO (€)	BENEFÍCIO SOLUÇÃO VARIANTE (€)	VARIAÇÃO ACUMULADA (€)
11	2.796,45	3.590,26	793,81
12	3.386,29	4.254,59	868,3
13	3.979,56	4.922,79	943,23
14	4.576,28	5.594,87	1.018,59
15	5.176,47	6.270,86	1.094,39
16	5.780,14	6.950,78	1.170,64
17	6.387,33	7.634,66	1.247,33
18	6.998,05	8.322,51	1.324,46
19	7.612,31	9.014,36	1.402,05
20	8.230,15	9.710,23	1.480,08
TOTAIS	8.230,15	9.710,23	1.480,08
PRAZO RETORNO (Anos)	7	6	

6.1.2. VÃOS ENVIDRAÇADOS

O quadro que se segue representa as diferenças entre as soluções adoptadas para os vãos envidraçados.

Quadro19 – Quadro comparativo com a variação dos benefícios para vãos envidraçados.

ANO	BENEFÍCIO SOLUÇÃO PROJECTO (€)	BENEFÍCIO SOLUÇÃO VARIANTE (€)	Valores acumulados entre Sol Projecto – Sol. Variante (€)
1	Não Aplicável	Não Aplicável	-109,98
2	Não Aplicável	Não Aplicável	-90,47
3	Não Aplicável	Não Aplicável	-70,84
4	Não Aplicável	Não Aplicável	-51,10
5	Não Aplicável	Não Aplicável	-31,25
6	Não Aplicável	Não Aplicável	-11,28
7	Não Aplicável	Não Aplicável	8,81
8	Não Aplicável	Não Aplicável	29,01
9	Não Aplicável	Não Aplicável	49,33
10	Não Aplicável	Não Aplicável	69,77
11	Não Aplicável	Não Aplicável	90,32

Quadro19 – Quadro comparativo com a variação dos benefícios para vãos envidraçados – Continuação

ANO	BENEFÍCIO SOLUÇÃO PROJECTO (€)	BENEFÍCIO SOLUÇÃO VARIANTE (€)	Valores acumulados entre Sol Projecto – Sol. Variante (€)
12	Não Aplicável	Não Aplicável	111,00
13	Não Aplicável	Não Aplicável	131,80
14	Não Aplicável	Não Aplicável	152,72
15	Não Aplicável	Não Aplicável	173,76
16	Não Aplicável	Não Aplicável	194,92
17	Não Aplicável	Não Aplicável	216,20
18	Não Aplicável	Não Aplicável	237,61
19	Não Aplicável	Não Aplicável	259,14
20	Não Aplicável	Não Aplicável	280,80
TOTAIS			280,80
PRAZO RETORNO (Anos)			7

6.1.3. PAREDES DIVISÓRIAS PARA ESPAÇOS DE CIRCULAÇÃO COMUM (NÃO AQUECIDOS)

O quadro que se segue representa as diferenças entre as soluções adoptadas para as paredes divisórias interiores, que se encontram em contacto com espaços de circulação comum, logo não aquecidos.

Quadro 20 – Quadro comparativo entre os benefícios das duas soluções.

ANO	BENEFÍCIO SOLUÇÃO PROJECTO (€)	BENEFÍCIO SOLUÇÃO VARIANTE (€)	VARIAÇÃO ACUMULADA (€)
1	-388,72	-427,98	-39,26
2	-317,79	-305,36	12,43
3	-246,45	-182,02	64,43
4	-174,70	-57,97	116,73
5	-102,52	66,80	169,32
6	-29,93	192,30	222,23
7	43,09	318,53	275,44
8	116,53	445,50	328,97
9	190,39	573,20	382,81
10	264,69	701,64	436,95

Quadro 20 – Quadro comparativo entre os benefícios das duas soluções - Continuação

ANO	BENEFÍCIO SOLUÇÃO PROJECTO (€)	BENEFÍCIO SOLUÇÃO VARIANTE (€)	VARIAÇÃO ACUMULADA (€)
11	339,42	830,84	491,42
12	414,58	960,78	546,2
13	490,18	1091,48	601,3
14	566,22	1222,93	656,71
15	642,70	1355,16	712,46
16	719,63	1488,15	768,52
17	797,00	1621,91	824,91
18	874,82	1756,45	881,63
19	953,10	1891,77	938,67
20	1.031,83	2027,89	996,06
TOTAIS	1.031,83	2.027,89	996,06
PRAZO RETORNO (Anos)	7	5	

6.2. CONCLUSÕES

6.2.1. GENERALIDADES

Neste capítulo final será apresentada a súmula da análise efectuada até este momento na dissertação, onde se verificará quais as soluções mais vantajosas tanto técnica como economicamente.

Serão apresentados quadros resumo com os valores dos prazos de retorno do investimento, bem como quadros relativos ao benefício económico no consumo energético.

6.2.2. ANÁLISE TÉCNICA

Tal como demonstrado anteriormente existem inúmeras diferenças entre cada uma das soluções em estudo, levando a conclusão técnica a ter como preferência a solução variante ao projecto.

Esta afirmação deve-se ao facto de os elementos das soluções variantes apresentarem valores de coeficientes de transmissão térmica de valores termicamente mais eficientes e em alguns casos consideravelmente inferiores aos estabelecidos no RCCTE.

Quadro 21 – Quadro representativo dos valores de U.

Elemento	S. Inicial (W/m ² .°C)	S. Projecto (W/m ² .°C)	S. Variante (W/m ² .°C)	V. Máx. Admissível (W/m ² .°C)
Fachadas exteriores	2,9	1,0	0,76	1,6
Vãos envidraçados	—	2,9	2,2	—
Paredes interiores em contacto com espaços não úteis (não aquecidos)	2,04	1,16	0,52	1,6

O quadro anterior demonstra a variação entre os valores obtidos com as diversas soluções face aos valores máximos admitidos no regulamento. Facilmente se pode constatar que as soluções de projecto cumprem eficazmente os valores exigidos, mas que as soluções variantes às mesmas obtêm resultados ainda mais satisfatórios em termos do desempenho técnico.

Salienta-se o facto de no caso dos vãos envidraçados, os diferentes materiais estarem também sujeitos a análise. Foi verificado que a solução variante com as caixilharias em PVC tem largas vantagens no capítulo da durabilidade dos materiais e no menor custo de manutenção.

Logo, apesar de ambas cumprirem os requisitos exigidos por lei, a solução variante tecnicamente tem um desempenho superior.

6.2.3. ANÁLISE DO RETORNO

Outro aspecto abordado nesta dissertação foram os prazos de retorno face ao investimento a efectuar em cada uma das propostas técnicas, e no caso dos vãos envidraçados qual o retorno económico entre as duas soluções – de projecto e variante – dada a inexistência de solução inicial.

Quadro 22 – Prazos de retorno económico em relação à solução inicial.

Elemento	S. Projecto (anos)	S. Variante (anos)
Fachadas exteriores	7	6
Vãos envidraçados	7 (face á solução de projecto)	
Paredes interiores em contacto com espaços não úteis (não aquecidos)	7	5

A análise em termos de prazos de retorno demonstra que ao nível das fachadas exteriores a aparente redução no valor do parâmetro “U”, de 1,0 para 0,76, não traduz um retorno do investimento a mais curto prazo significativo, aliás a diferença entre as duas soluções para fachadas é de apenas 1 ano.

Em termos de retorno, o custo na solução técnica variante poderá não ter justificação aparente, a este nível. Falta posteriormente efectuar a análise aos benefícios.

Quanto aos vãos envidraçados, o que se verifica é que em 7 anos, admitindo que a solução inicial e a de projecto são a mesma, temos um retorno do investimento. Uma vez mais se alerta para o facto deste retorno ser ainda complementado pelo menor custo de manutenção e conservação.

Apesar disso, o próprio prazo de retorno do investimento já por si pode ser apelativo.

Relativamente á paredes interiores em contacto com espaço não úteis (não aquecidos), a diferença é mais significativa, estando o prazo de retorno com uma diferença de 2 anos entre ambas as soluções e no caso da solução variante ao projecto seriam apenas 5 anos para obter o retorno do investimento face á solução inicial.

Assim, em todos os casos anteriormente analisados podemos concluir que a solução variante ao projecto será sempre mais vantajosa comparativamente com a de projecto. No entanto está a ser analisada unicamente a vertente do retorno, o que pode conduzir a resultados pouco esclarecedores.

6.2.4. ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS ECONÓMICOS

O último parâmetro em questão é o benefício obtido com a poupança energética no ano horizonte, de 20 anos, e que traduz a quantificação do valor economizado com a escolha de uma das soluções.

Esta análise pode ser efectuada comparando com a solução inicial ou como no caso dos vãos envidraçados, dada a inexistência de solução inicial, por comparação entre as duas soluções posteriores, a de projecto e a variante à mesma.

Quadro 23 – Benefícios económicos no prazo horizonte

Elemento	Solução Projecto (€)	Solução Variante (€)	Variação (€)
Fachadas exteriores	8.230,15	9.710,23	1.480,08
Vãos envidraçados	—	280,80	280,80
Paredes interiores em contacto com espaços não úteis (não aquecidos)	1.405,16	2.673,31	1.268,15
TOTAIS	9.635,31	12.592,34	3.028,31

Conforme dados presentes no quadro anterior pode ser verificado que comparativamente com a solução inicial, no caso das fachadas exteriores existe no ano horizonte um claro benefício no que respeita á poupança energética, tendo já em conta o investimento efectuado nas novas soluções.

Nesse mesmo ano existe uma diferença entre as duas soluções a estudo de 1.480,08€, tornando a solução variante ao projecto inicial mais vantajosa em cerca de 17,98%

Já no caso dos vãos envidraçados a solução de projecto em termos económicos é já por si bastante vantajosa, e uma vez que os ganhos solares são desprezados, poderia ser essa a nossa melhor escolha.

A diferença entre as duas soluções uma face á outra é de apenas 280,08€ no ano horizonte, logo muito pouco expressiva.

Contudo a grande vantagem e eventualmente factor de decisão será a menor necessidade de manutenção e conservação da solução variante ao projecto. Esse sim deverá ser o factor preponderante na decisão.

Finalmente, temos o caso das paredes interiores em contacto com espaços não úteis (não aquecidos), onde a diferença embora se situe nos 1.268,15€, representa percentualmente uma diferença de 90,25%, logo será o caso mais explícito de escolha entre as duas soluções.

Em suma, adoptando todas as soluções variante propostas obtemos um benefício de 12.592,34€ face aos 9.635,31€ da solução de projecto.

A diferença entre ambas é de 31,43%, o que em valores se traduz nos 3.028,31€

6.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Com o presente trabalho pretende-se que no futuro a problemática do investimento e respectivo retorno financeiro de soluções utilizadas na reabilitação urbana seja discutida.

Não só no âmbito em que este trabalho se insere, mas também noutras actividades de reabilitação urbana, tanto na fase de projecto como de execução do mesmo.

Logo, tomando por base este tipo de estudo, é pretendido que outros técnicos a exercer actividade na área do tema, se interessem e assumam como suas as preocupações tidas ao longo desta dissertação.

A utilização deste documento poderá auxiliar e incentivar a busca por soluções técnica e economicamente mais rentáveis, ecológicas e acima de tudo eficientes.

Tomando este trabalho como base, é também de extrema utilidade que Engenheiros na área da investigação e desenvolvimento, procurem novos produtos e conceitos construtivos, que permitam a contínua busca de soluções de compatibilidade com materiais existentes e que ao mesmo tempo cumpram cada vez mais os regulamentos térmicos e os regulamentos municipais no que respeita á reabilitação urbana.

BIBLIOGRAFIA

- <http://pt.saintgobainglass.com/b2b/default.asp?nav1=pr&nav2=details&nav3=Comfort&nav4=7418>. Fevereiro de 2011
- <http://www.a2a.pt/fichas/dr8006/dr8006.htm>. Março de 2011
- <http://www.estv.ipv.pt/dep/dcivil/Ficheiros%20em%20pdf/Dia%20do%20DEC%202007/DEC%20ESTV%2019.04.2007%20-%20VPF.pdf>. Fevereiro de 2011
- O Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
- Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de Fevereiro
- DIRECTIVA 2002/91/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios
- Google Earth
- <http://www.edp.pt>