

**REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEL
DE BAIXO CUSTO**

INSTRUMENTOS DE APOIO À SELECÇÃO DAS SOLUÇÕES

Alexandre Miguel Nunes da Silva Ramos

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Júri

Presidente: Professor Augusto Martins Gomes

Orientador: Professor Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Vogal: Professor Vítor Faria e Sousa

Novembro de 2015

AGRADECIMENTOS

Aproveito este espaço para agradecer a pessoas queridas que contribuíram nesta fase da minha vida.

Ao meu orientador, Professor Manuel Duarte Pinheiro, pela oportunidade de realização deste trabalho e partilha de conhecimentos, com o espírito positivo sempre presente.

À minha família, em particular aos meus pais, Maria do Carmo e Vítor, e à minha avó, Áurea pelo exemplo e amor que empregam em tudo quanto fazem para que o melhor aconteça.

Aos meus amigos e colegas, em especial ao Rui (Mus), Vera, Baeta e Carrapato pela amizade e camaradagem.

À Carola, que me faz feliz todos os dias.

RESUMO

A reabilitação do parque habitacional existente constitui uma área de elevado potencial de intervenção nas zonas urbanas, como caminho privilegiado para atingir os objetivos das estratégias traçadas em diretivas europeias e legislação nacionais, para um funcionamento mais harmonioso e sustentável das cidades e garantia de habitação condigna.

Para este efeito, são necessários programas que promovam a reabilitação de cada vez mais zonas históricas degradadas que promovam uma mais alargada melhoria das condições de habitabilidade e de desempenho dos edifícios, e consequentemente do ambiente urbano.

O presente trabalho pretende ser um instrumento de apoio às decisões por melhores práticas e soluções, que valorizem o equilíbrio entre benefícios ambientais, económicos e as necessidades dos utilizadores, contribuindo para a reabilitação sustentável dos edifícios existentes, tendo por base os princípios do LiderA - sistema de avaliação e certificação da sustentabilidade de espaços urbanos.

A metodologia adota uma abordagem holística, no levantamento das necessidades nas construções existentes e na avaliação das possíveis soluções de intervenção, que importa a todos os intervenientes e pretende demonstrar que através de práticas de construção responsáveis é possível obter ganhos imediatos e visíveis em simultâneo com a melhoria da sustentabilidade dos edifícios.

Para validar as hipóteses levantadas, procede-se a um estudo de caso de um edifício. Através da avaliação criteriosa ao seu estado de conservação, diagnóstico das anomalias e comportamento energético, são identificadas as necessidades de intervenção que garantem o cumprimento dos requisitos aos elementos numa perspetiva de baixo custo, e quais as áreas de maior potencial de melhoria do comportamento passivo energético.

A avaliação de desempenho às soluções é efetuada seguindo uma perspetiva de ciclo de vida, comparando os custos e benefícios e da quantificação das melhorias da sustentabilidade ao nível dos critérios definidos na metodologia do LiderA.

Palavras-chave: Reabilitação sustentável; Diagnóstico; Custos no ciclo de vida; Avaliação de desempenho; Comportamento passivo.

ABSTRACT

The rehabilitation of the existing housing represents a high potential for intervention in urban areas, as a privileged path to reach the goals of the strategies outlined in European directives and national legislation, to a more harmonious and sustainable operation of cities and to ensure adequate housing.

Thereby, programs are required that enhance the rehabilitation of increasingly degraded historical areas to promote an improvement in living conditions and performance of buildings, and therefore of the urban environment.

This work aims to be a supporting tool for decision-making to provide better practices and solutions that enrich the balance between environmental and economic benefits and users' needs. It contributes to the sustainable rehabilitation of existing buildings, regarding the principles of LiderA - sustainable assessment system of build-up areas.

The methodology consists in a holistic approach in the assessment of requirement in existing buildings and in the evaluation of possible intervention solutions that refers to all stakeholders. It aims to demonstrate that you can obtain immediate and visible profits through responsible building practices and at the same time an improvement in the sustainability of the building.

The validation of all hypotheses is based on one case study of one building. The intervention requirements are identified through a detail-oriented evaluation of the conditions of the building, the diagnosis of anomalies and energy behavior, to ensure compliance with the requirements to the elements in a low-cost perspective, and which are the areas with the greatest potential for improving the passive design.

The performance evaluation of the solutions is performed by following a perspective of life cycle, comparing the costs and benefits, and quantifying the improvements in sustainability with regard to the established criteria in the LiderA's methodology.

Keywords: Sustainable rehabilitation; Diagnosis; Life cycle costs; Performance evaluation; Passive design.

INDICE

AGRADECIMENTOS.....	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT.....	iv
INDICE.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE QUADROS	ix
SIGLAS.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJECTIVOS	2
1.3. METODOLOGIA	3
1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	5
2. ESTADO DA ARTE – REABILITAÇÃO, SUSTENTABILIDADE E CUSTOS.....	7
2.1. DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	7
2.2. CICLO DE VIDA DA CONSTRUÇÃO	10
2.2.1. FASES DO CICLO DE VIDA	10
2.2.2. AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA	12
2.2.3. CUSTOS NO CICLO DE VIDA.....	13
2.3. OPORTUNIDADES DA REABILITAÇÃO.....	14
2.3.1. REABILITAÇÃO SUSTENTAVEL	14
2.3.2. COMPORTAMENTO PASSIVO DOS EDIFÍCIOS.....	16
2.3.3. SITUAÇÃO EM PORTUGAL	20
2.3.3.1. ESTADO DO PARQUE HABITACIONAL.....	20
2.3.3.2. ENQUADRAMENTO LEGAL.....	22
2.3.3.3. REH ENQUANTO MECANISMO DE AVALIAÇÃO.....	23
2.3.3.4. AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE E LIDERA.....	24
3. POTENCIAIS SOLUÇÕES E ABORDAGENS	27
3.1. ESCALAS E COMPONENTES A CONSIDERAR	27
3.1.1. ATRIBUTOS DA INTERVENÇÃO.....	27
3.1.2. REQUISITOS DOS ELEMENTOS.....	28
3.1.3. AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO E DIAGNÓSTICO	29
3.1.4. MEDIDAS DE INTERVENÇÃO	35
3.1.5. TEMPO DE VIDA ÚTIL	36
3.1.6. PLANOS DE MANUTENÇÃO.....	37
3.2. DESEMPENHO E CUSTOS NO CICLO DE VIDA.....	39
3.2.1. DESEMPENHO ENERGÉTICO	39
3.2.2. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE	41
3.2.3. ANÁLISE DE CUSTO BENEFÍCIO.....	44
3.2.3.1. VALOR ACTUALIZADO LIQUIDO	44
3.2.3.2. PARÂMETROS E INDICADORES	44
4. ESTUDO DE CASO.....	47

4.1.	APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO	47
4.2.	AVALIAÇÃO E DIAGNÓSTICO	49
4.3.	SOLUÇÕES DE REPARAÇÃO	61
4.4.	AVALIAÇÃO DAS MEDIDAS DE INTERVENÇÃO	63
4.4.1.	CUSTOS DE CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO	63
4.4.2.	AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	66
4.4.2.1.	CENÁRIOS E SITUAÇÕES CONSIDERADAS	66
4.4.2.2.	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 1 – PRÁTICA ATUAL DE REFERÊNCIA.....	66
4.4.2.3.	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 2 - ISOLAMENTO NO EXTERIOR DAS PAREDES	67
4.4.2.4.	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 3 – ISOLAMENTO NO INTERIOR DAS PAREDES	68
4.4.2.5.	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 4 – ISOLAMENTO NA COBERTURA	69
4.4.2.6.	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 5 – SUBSTITUIÇÃO DAS CAIXILHARIAS	70
4.4.2.7.	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 6 – JANELAS NA COBERTURA.....	71
4.4.2.8.	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 7 – ISOLAMENTO NO EXTERIOR DAS PAREDES E NA COBERTURA	72
4.4.2.9.	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 8 – ISOLAMENTO NO EXTERIOR DAS PAREDES E NA COBERTURA, JANELAS NA COBERTURA.....	73
4.4.2.10.	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 9 – ISOLAMENTO NO EXTERIOR DAS PAREDES E NA COBERTURA, JANELAS NA COBERTURA E SUBSTITUIÇÃO DAS CAIXILHARIAS	75
5.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	77
5.1.	ANÁLISE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E ACV	77
5.2.	VARIAÇÃO DA TAXA DE ATUALIZAÇÃO	81
5.3.	VARIAÇÃO DO CUSTO DA ENERGIA	82
5.4.	AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE.....	82
5.5.	BENEFÍCIOS E LIMITAÇÕES DA ABORDAGEM.....	84
6.	CONCLUSÕES.....	86
	REFERÊNCIAS	88
	ANEXOS.....	97
I.	PLANTAS DO EDIFÍCIO.....	97
a.	IMPLANTAÇÃO NO TERRENO	97
b.	PISO TÉRREO	98
c.	PISO 1	99
d.	PISO DE ÁGUAS FURTADAS	100
II.	FICHAS DE AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO	101
III.	FICHA MODELO DE DIAGNÓSTICO	106
IV.	CONDUTIBILIDADES TÉRMICAS DE MATERIAIS ISOLANTES - ITE50 (LNEC, 2006)	107
V.	CÁLCULOS DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DA SITUAÇÃO DE REF ^a DO ESTUDO.....	108
a.	TRANSMISSÃO.....	108
b.	VENTILAÇÃO	111
c.	GANHOS DE INVERNO.....	114
d.	GANHOS DE VERÃO.....	119
e.	NECESSIDADES NOMINAIS DE AQUECIMENTO	127

f.	NECESSIDADES NOMINAIS DE ARREFECIMENTO.....	131
g.	NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS	133
VI.	AVALIAÇÃO DOS CUSTOS NO CICLO DE VIDA	142
a.	CUSTOS DE CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO	142
b.	CUSTOS ENERGÉTICOS.....	147
c.	VAL	150
VII.	AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE.....	153
a.	VERTENTES, ÁREAS E CRITÉRIOS DO LIDERA	153
b.	LIMIARES DO C6	155
c.	LIMIARES DO C7	156
d.	LIMIARES DO C8	157
e.	LIMIARES DO C40	160

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1 – Fluxograma da metodologia adotada.
- Figura 2 – Diagrama da abordagem.
- Figura 3 - “Triple Bottom Line”.
- Figura 4 - Impactos da construção no ambiente.
- Figura 5 - Ilustração do Ciclo de Vida do Edifício “do berço a cova”.
- Figura 6 - Ciclo de Vida da Construção “do berço ao berço”.
- Figura 7 - Percurso da posição relativa do sol.
- Figura 8 - Vertentes e áreas do sistema LiderA.
- Figura 9 - Níveis de Desempenho Global (LiderA, 2011)
- Figura 10 - Ponderação por vertentes (LiderA, 2011)
- Figura 11 - Melhoria Continua (LiderA, 2007)
- Figura 12 - Elementos do envelope do edifício.
- Figura 13 - Edifício JIC.
- Figura 14 - Implantação do edifício JIC.
- Figura 15 - localização do edifício.
- Figura 16 - Presença os agentes nos mecanismos de degradação.
- Figura 17 - Avaliação do estado de conservação.
- Figura 18 - Balanço energetico da situação 1.
- Figura 19 - Balanço energetico da situação 2.
- Figura 20 - Balanço energetico da situação 3.
- Figura 21 - Balanço energetico da situação 4.
- Figura 22 - Balanço energetico da situação 5.
- Figura 23 - Balanço energetico da situação 6.
- Figura 24 - Balanço energetico da situação 7.
- Figura 25 - Balanço energetico da situação 8.
- Figura 26 - Balanço energetico da situação 9.
- Figura 27 - Valor Atualizado Liquido (VAL)
- Figura 28 - Valor Atualizado Liquido com $r=10\%$.
- Figura 29 - Valor Atualizado Liquido com subida dos CE $5\%/ano$.

INDICE DE QUADROS

- Quadro 1 – Prós e Contras da análise ACV.
- Quadro 2 - Estratégias de comportamento passivo.
- Quadro 3 – Atributos da reabilitação.
- Quadro 4 - Requisitos dos elementos.
- Quadro 5 – Critérios gerais da classificação ao estado de conservação.
- Quadro 6 – Ficha técnica de avaliação ao estado de conservação.
- Quadro 7 – Medidas de intervenção.
- Quadro 8 – Vida útil de referência (VUR) dos elementos da envolvente.
- Quadro 9 – Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas avaliadas.
- Quadro 10 – Critérios do LiderA a avaliar.
- Quadro 11 – Limiares de medição (LiderA, 2011)
- Quadro 12 – Classes do LiderA (LiderA, 2011)
- Quadro 13 - Descrição geral do edifício
- Quadro 14 – Ficha técnica de diagnóstico 1
- Quadro 15 – Ficha técnica de diagnóstico 2
- Quadro 16 – Ficha técnica de diagnóstico 3
- Quadro 17 – Ficha técnica de diagnóstico 4
- Quadro 18 – Ficha técnica de diagnóstico 5
- Quadro 19 – Ficha técnica de diagnóstico 6
- Quadro 20 – Ficha técnica de diagnóstico 7
- Quadro 21 – Ficha técnica de diagnóstico 8
- Quadro 22 – Ficha técnica de diagnóstico 9
- Quadro 23 – Ficha técnica de diagnóstico 10
- Quadro 24 – Ficha técnica de diagnóstico 11
- Quadro 25 – Soluções de reparação
- Quadro 26 – Custos unitários das intervenções nos revestimentos exteriores
- Quadro 27 – Custos de construção e manutenção das medidas de intervenção para o revestimento exterior
- Quadro 28 – Custos unitários das intervenções nos revestimentos interiores
- Quadro 29 – Custos de construção e manutenção das medidas de intervenção para o revestimento interior
- Quadro 30 – Custos unitários das intervenções nas caixilharias.
- Quadro 31 – Custos de construção e manutenção das medidas de intervenção para as caixilharias.
- Quadro 32 – Custos unitários das intervenções na cobertura.
- Quadro 33 – Custos de construção e manutenção das medidas de intervenção para a cobertura.
- Quadro 34 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da situação 1.
- Quadro 35 - Custos no ciclo de vida da situação 1.
- Quadro 36 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da situação 2.
- Quadro 37 - Custos no ciclo de vida da situação 2.
- Quadro 38 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da situação 3
- Quadro 39 - Custos no ciclo de vida da situação 3.
- Quadro 40 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da situação 4.

Quadro 41 - Custos no ciclo de vida da situação 4.
Quadro 42 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da situação 5.
Quadro 43 - Custos no ciclo de vida da situação 5.
Quadro 44 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da situação 6.
Quadro 45 - Custos no ciclo de vida da situação 6.
Quadro 46 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da situação 7.
Quadro 47 - Custos no ciclo de vida da situação 7.
Quadro 48 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da situação 8.
Quadro 49 - Custos no ciclo de vida da situação 8.
Quadro 50 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da situação 9.
Quadro 51 - Custos no ciclo de vida da situação 9.
Quadro 52 – Avaliação de desempenho energético
Quadro 53 – Dados de avaliação de desempenho energético das caixilharias
Quadro 54 – Custos totais e indicadores da ACV
Quadro 55 – Classificação da sustentabilidade.

SIGLAS

ACV – Avaliação no ciclo de vida.

AICCOPN – Associação dos industriais da construção civil e obras públicas.

CC – Custos de construção.

CE – Custos de energia.

CEat – Custos de energia atualizados.

CIB – Concelho internacional de construção.

CM – Custos de manutenção.

CMat – Custos de manutenção atualizados.

CT – Custos totais.

DS – Desenvolvimento sustentável.

EPS – Poliestireno expandido.

ETICS - External thermal insulation composit systems.

GEE – Gases com efeito de estufa.

NIC – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento.

NVC – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento.

RCB – Rácio custo-benefício.

RCD – Resíduos de construção e demolição.

REH – Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação.

SCE – Sistema de certificação energética dos edifícios.

U – Condutibilidade térmica.

VA – Valor atual.

VAL – Valor atualizado líquido.

VF – Valor futuro.

VUR – Vida útil de referência.

XPS – Polistireno extrudido.

“Quando lutamos pelo meio ambiente, devemos lembrar que o primeiro elemento do meio ambiente se chama felicidade humana.”

José Pepe Mujica, 2012

1. INTRODUÇÃO

“A reabilitação urbana é um vetor imprescindível para o desenvolvimento sustentável das cidades e a melhoria das condições de vida das populações” (Campos, 2006).

1.1. ENQUADRAMENTO

A população mundial, nomeadamente a população urbana, tem sentido um forte crescimento refletindo-se nas necessidades de habitação e infraestruturas (UN, 2005).

As cidades confrontam-se com o envelhecimento das suas estruturas e áreas construídas, a evolução das suas funções económicas e a alteração das características sociais da população. A saturação da ocupação do solo, a quantidade de edifícios e a necessidade de se oferecer habitação com padrões de qualidade e conforto aos utilizadores, deve conduzir a sociedade e concretamente a indústria da construção a procurar práticas alternativas de atuação. Para manter um quadro de vida harmonioso, uma economia dinâmica e uma estrutura social equilibrada, as atividades de reabilitação, renovação, revitalização e regeneração adquirem maior importância no universo da construção, tendo igualmente a capacidade e responsabilidade de melhorar a sustentabilidade dos edifícios e ambientes urbanos existentes, promovendo a melhoria das condições de utilização, a reutilização de materiais e a interligação do património na sua envolvente histórica. Além disso, a reabilitação das zonas e edifícios históricos contribui para o sentimento de orgulho e de património das comunidades locais, desempenhando um papel fundamental ao nível da coesão social, preservando valores sociais e culturais e a diversificação da estrutura social, tornando-as mais atrativas a novas atividades e empresas (UNDESA, 2008; CEMAT, 2011).

A 3ª Conferência Europeia de Ministros sobre Habitação Sustentável (Junho de 2002) refere que os edifícios existentes devem ser tornados mais sustentáveis através da sua reabilitação ou através da garantia de que a sua renovação seja executada dentro dos parâmetros de sustentabilidade (CCE, 2004).

As preocupações com a redução das emissões de gases de efeito de estufa (GEE), do aumento da eficiência energética e utilização de energias renováveis, traduzidas em diretivas europeias e no objetivo para 2020 de redução em 20% das emissões de CO₂, confere à reabilitação dos edifícios existentes uma via privilegiada para aplicação de planos da promoção da sustentabilidade energética (Portugal 2020, 2014).

Os programas de incentivo e a simplificação dos procedimentos administrativos associados à realização de obras de conservação, reabilitação e alteração dos edifícios, reconhecem o potencial destas atividades para a melhoria das condições de habitabilidade e sustentabilidade dos ambientes urbanos, sendo encaradas igualmente como um vetor importante da indústria da construção, compensando a quebra das construções novas. No entanto, este reconhecimento não comporta a obrigação legal da integração dos princípios da sustentabilidade. Esse vazio associado ao fomento da iniciativa privada, tem como consequência a ausência de acompanhamento técnico específico na escolha das soluções

mais adequadas às necessidades e expectativas dos utilizadores. A falta de orientação, de avaliação criteriosa das necessidades de intervenção enquadradas com os objetivos a atingir ou o desconhecimento dos princípios e objetivos da sustentabilidade, conduz a decisões determinadas por formas de atuação padronizadas ou unicamente pelos custos de execução, desconsiderando a avaliação dos custos em todo o ciclo de vida (Pires, 2012).

Para que exista uma prática efetiva de sustentabilidade na reabilitação/construção é necessário que o edifício e os processos de intervenção respondam positivamente aos indicadores de sustentabilidade, reduzindo custos e impactos ambientais associados à construção tradicional, através do aumento da eficiência no consumo de recursos durante o ciclo de vida das edificações (Pinheiro, 2006).

Existem atualmente várias estudos e desenvolvimentos de metodologias de avaliação da sustentabilidade da construção nos quais são definidos princípios, critérios e sugestões de práticas a adotar nos edifícios e ambientes construídos. No plano nacional destaca-se o sistema LiderA, com exemplos concretos de aplicação em construções que validam a aplicabilidade da metodologia. Estas ferramentas, com vista a certificação de carácter voluntário, tem a sua aplicabilidade direcionada essencialmente para construções novas ou obras de reabilitação de grande dimensão (Pires, 2012).

Um dos problemas está na integração dos padrões de sustentabilidade nas soluções de reabilitação de baixo custo, nomeadamente em casos concretos. Este trabalho tem em vista testar a validade das hipóteses de integração dos padrões de sustentabilidade, de acordo com o LiderA, nas soluções de reabilitação de baixo custo e em qualquer escala de intervenção, nomeadamente no estudo de caso de um edifício do Jardim de Infância do Cartaxo, olhando assim para pequenos edifícios de serviços.

Através de levantamento ao estado de conservação e das necessidades de intervenção para o aumento do tempo de vida útil, são propostas possíveis soluções que conferem aos elementos capacidades de cumprirem os seus requisitos para funcionamento do edifício. Restringindo as medidas a implementar ao âmbito das intervenções necessárias nos revestimentos das paredes, vãos envidraçados e cobertura, são avaliadas soluções que promovem o comportamento passivo do edifício quanto ao seu desempenho energético e de custos no ciclo de vida, comparando com as características da situação atual de referência, composta pelas soluções construtivas existentes no edifício.

A perceção da existência de potencial no parque habitacional existente para a reabilitação sustentável, conduziu a realização deste trabalho.

1.2. OBJECTIVOS

O presente trabalho insere-se no desafio de promover a valorização do património edificado, visando melhores práticas ambientais e maior satisfação aos seus usuários. Pretende-se demonstrar que é possível associar práticas *win-win* à construção, nomeadamente na reabilitação de edifícios, reduzindo impactos ambientais e aumentando a qualidade de vida aos seus utilizadores, através de medidas que proporcionem simultaneamente a economia de recursos.

O estudo foca-se na identificação de oportunidades e prioridades de intervenção no parque habitacional existente, através da implementação de boas práticas de reabilitação que conduzem à melhoria das condições de habitabilidade, otimização do desempenho energético e ambiental, reduzindo os consumos de energia e a emissão de GEE, evidenciando o potencial do processo de reabilitação associado aos princípios da construção sustentável.

O objetivo no estudo de caso é a criação de instrumentos de identificação e avaliação das soluções, que apoiem as decisões, no âmbito da reabilitação da envolvente de um pequeno edifício de serviços, de entre uma lista de potenciais medidas que aumentam o tempo de vida útil do edifício em parâmetros de utilização, conforto e habitabilidade atuais, ao mais baixo custo, numa perspetiva sustentável.

Especificamente, pretende-se:

» Comprovar que a definição das metodologias de intervenção sustentada numa análise criteriosa da qualidade do edifício existente e dos propósitos a atingir, permite evitar demolições desnecessárias, garantindo uma gestão eficiente dos recursos.

» Testar hipóteses de melhoria do desempenho energético, associadas às intervenções de reparação das anomalias detetadas, que relevam o comportamento passivo do edifício.

» Demonstrar através duma abordagem de ciclo de vida, que as soluções mais adequadas ainda que possam representar um incremento nos custos iniciais, comparativamente a soluções convencionais, permitem reduzir os custos globais com retorno económico durante a fase de utilização.

A sistematização do processo de seleção das soluções de reabilitação é o objetivo geral do trabalho, servindo de contributo para a criação de instrumentos que apoiem as decisões, fundamentados nos padrões da sustentabilidade.

Espera-se que este processo permita dispor de linhas orientadoras direcionadas aos utilizadores, promotores e técnicos, para que as decisões tomadas recaiam sobre soluções que garantam a melhoria efetiva do desempenho dos edifícios. Considerando a área da sustentabilidade espera-se contribuir para ganhos a longo prazo sem comprometer futuras ações. Espera-se que este estudo possa constituir uma motivação para os diferentes intervenientes no processo de qualificação do meio edificado, relevando a importância da implementação de princípios de sustentabilidade na reabilitação.

1.3. METODOLOGIA

Uma estratégia de melhoria global deve então considerar as características de utilização e objetivos a alcançar, a caracterização dos elementos e das suas deficiências, apontando as intervenções necessárias ao cumprimento dos requisitos e possíveis medidas a implementar, permitindo desta forma uma abordagem integrada na seleção e avaliação de desempenho das soluções, garantindo o aumento do tempo de vida útil, a otimização energética, o conforto de utilização, a redução dos impactes de obra e a obtenção de maiores benefícios económicos.

A metodologia seguida neste trabalho é faseada tal como descrito no fluxograma da figura 1.



Figura 1 – Fluxograma da metodologia adotada

Inicialmente é feita uma pesquisa aos fundamentos teóricos do paradigma da sustentabilidade e de conceitos inerentes ao ciclo de vida da construção e da reabilitação. São abordadas as questões relacionadas ao estado geral do parque edificado, de enquadramento legal e regulamentar que incorporam estratégias relevantes ao levantamento de oportunidades na reabilitação para a sustentabilidade e de avaliação de desempenho, focando-se o estudo no comportamento passivo e na envolvente dos edifícios.

De forma a aferir as hipóteses levantadas optou-se por desenvolver um caso de estudo à envolvente externa de um pequeno edifício de serviços seguindo uma abordagem integrada apresentada na figura 2. Definido o âmbito da intervenção, são consideradas as escalas e pressupostos para o estudo, como os parâmetros da análise de ciclo de vida e os requisitos dos elementos a inspecionar. Através da avaliação ao estado de conservação e diagnóstico das anomalias detetadas, são identificadas as necessidades de reabilitação e as soluções de intervenção, considerando vários cenários possíveis de

aplicação. De seguida procede-se á avaliação de desempenho no ciclo de vida das soluções propostas através do desempenho energético pela metodologia do Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação (Decreto-lei nº118/2013) (REH), dos custos no ciclo de vida e da sustentabilidade segundo critérios selecionados do sistema LiderA

O modelo de cálculo de custo benefício das soluções propostas segue uma metodologia de análise de custos no ciclo de vida, através do valor atualizado líquido (VAL), que permite a comparação das medidas propostas com a prática atual de referência no estudo e da quantificação das melhorias através do rácio tempo de vida útil/período de retorno dos investimentos.

São considerados os custos de construção, de manutenção e energéticos para climatização. Através de pesquisa ao mercado e com recurso ao gerador de preços do programa CYPE é construída a estrutura de custos de construção e manutenção respeitantes às medidas de intervenção propostas, seguindo os pressupostos e as estratégias de intervenção durante o tempo de vida útil. De acordo com as características de comportamento térmico das soluções construtivas consideradas nas medidas de intervenção, é avaliado o desempenho energético do edifício de acordo com o REH, estimando-se os custos energéticos em cada situação.

Seguir-se-á a discussão dos resultados com análise de sensibilidade aos parâmetros considerados. Para finalizar, tomam-se as conclusões ao estudo e discute-se a aplicabilidade da abordagem e quais os aspetos a desenvolver no futuro.

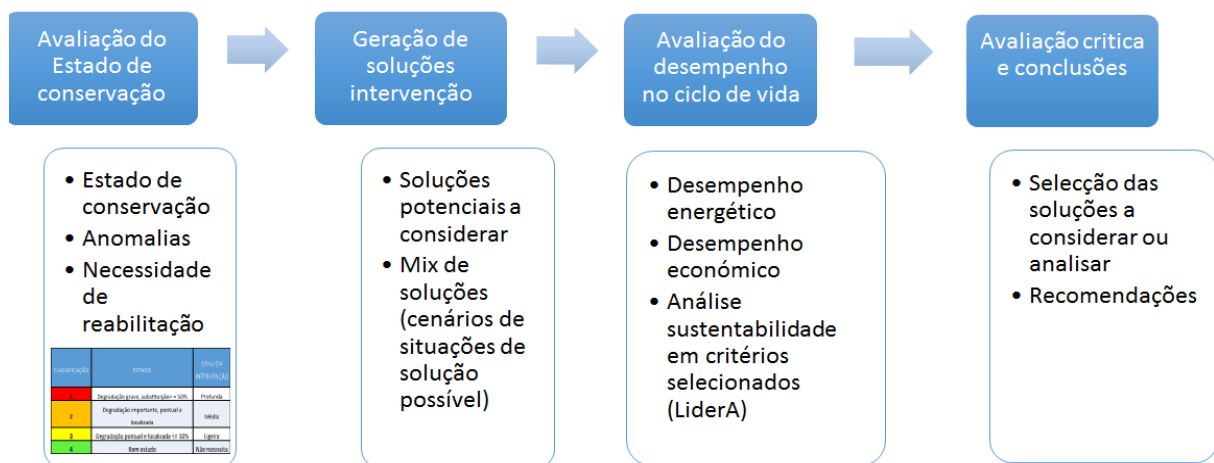


Figura 2 – Diagrama da abordagem

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho, sob o tema da reabilitação sustentável de baixo custo, aplicado a um pequeno edifício de serviços, encontra-se organizado em 6 capítulos.

No capítulo 1 é introduzido o tema da dissertação. Releva-se a importância da reabilitação, enquadrando os problemas e as oportunidades para a sustentabilidade o edificado existente. São definidos

os objetivos e a metodologia a seguir.

No capítulo 2 - Estado da Arte, são abordados os conceitos em torno da sustentabilidade, ciclo de vida da construção e comportamento passivo dos edifícios, que corroboram as oportunidades da reabilitação à sustentabilidade no parque habitacional existente. Integra ainda este capítulo a caracterização do parque habitacional edificado em Portugal, e das atuais estratégias desenvolvidas na área da construção e reabilitação direcionadas para a sustentabilidade do edificado.

No capítulo 3 - Potenciais Soluções e Abordagens, descrevem-se os modelos de análise e as escalas e pressupostos a considerar no estudo de caso com vista a validação das hipóteses abordadas.

No capítulo 4 procede-se ao estudo de caso que atesta todo o processo que conduz a identificação das oportunidades de melhoria da sustentabilidade no edifício. Efetua-se a avaliação ao estado de conservação e de desempenho das medidas de intervenção propostas, seguindo as prescrições do diagnóstico às anomalias.

No capítulo 5 analisam-se e discutem-se os resultados obtidos e a sensibilidade aos parâmetros considerados, bem como possibilidade de aplicação de forma mais alargada a vários casos de estudo. No capítulo 6 são tomadas as conclusões ao estudo desenvolvido e perspectiva para trabalhos futuros.

Nos anexos são apresentadas as plantas do edifício, as fichas técnicas da avaliação ao estado de conservação do edifício, a ficha modelo de diagnóstico às causas e anomalias detetadas, a tabela de referência de condutibilidades térmicas de materiais isolantes, os cálculos referentes ao desempenho térmico do edifício na situação de referência (como exemplo de cálculo aplicado às situações avaliadas), as tabelas de cálculo da metodologia de avaliação dos custos no ciclo de vida e por fim os critérios e limiares de avaliação da sustentabilidade do sistema LiderA.

2. ESTADO DA ARTE – REABILITAÇÃO, SUSTENTABILIDADE E CUSTOS

2.1. DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Desde sempre que o ambiente recebe e absorve os impactos das ações humanas. A condição de subsistência implica que o Homem procure na natureza os recursos necessários ao suporte geral de vida, fornecendo matérias-primas e absorvendo os desperdícios (Pinheiro, 2006).

O desenvolvimento económico é procurado pelas sociedades não só para satisfazer as necessidades materiais básicas, mas também para fornecimento de recursos atendendo a necessidades de cuidados de saúde, educação e um bom ambiente. Muitas destas atividades refletem-se sobre o meio ambiente, por uso e extração dos recursos naturais gerando subprodutos de poluição e resíduos. O ritmo acelerado de desenvolvimento imprimido recentemente pelo homem tem como consequência uma maior apropriação de recursos naturais, superando globalmente a capacidade regenerativa da natureza. No entanto, há também as atividades económicas que podem proteger ou melhorar o meio ambiente. Estas incluem medidas de eficiência energética, técnicas de gestão, minimização de resíduos, melhor uso dos terrenos e edifícios, eficiência das redes de transportes. O desafio do desenvolvimento sustentável é promover formas de incentivar esse tipo de ambiente à atividade económica e de desencorajar práticas prejudiciais ao ambiente (Torgal, 2010).

O conceito de Desenvolvimento Sustentável – DS, foi formalizado pela primeira vez em 1987, com o Relatório de Brundtland, *Our Common Future*, preparado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, como sendo o desenvolvimento a seguir pela Sociedade, tornando-se componente da estratégia política de vários países desde a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (CNUAD), no Rio de Janeiro em junho de 1992.

“(...) Desenvolvimento que permite a satisfação das necessidades da geração atual, sem comprometer a possibilidade de satisfação das necessidades das gerações vindouras.” (UNDESA, 2008).

Neste está subjacente a procura do equilíbrio entre as dimensões ambiental, social e económica por articulação de uma economia tecnologicamente evoluída com uma sociedade mais equitativa, melhorando a produtividade dos recursos naturais e dissociando o crescimento económico da degradação do meio ambiente (Costa *et al.*, 2006).

O desenvolvimento sustentável é portanto alcançado com o equilíbrio das três dimensões fulcrais, conhecidas como a *Triple Bottom Line*: ambiente, sociedade e economia. Possibilitando o desenvolvimento e crescimento das sociedades e geração de riqueza económica, protegendo o ambiente e os recursos naturais.

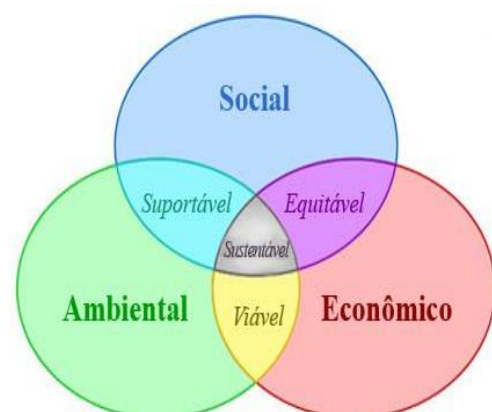


Figura 3 - “Triple Bottom Line”
(UNDESA, 2008)

Dietz *et al.* (2009) sugerem que o conceito da sustentabilidade deve centrar-se no equilíbrio entre o bem-estar humano e os impactos ambientais daí decorrentes.

O 6º Programa da Comunidade Europeia em Matéria de Ambiente estabeleceu como áreas prioritárias: alterações climáticas; natureza e biodiversidade; ambiente, saúde e qualidade de vida; recursos e resíduos (Pinheiro, 2006)

Tendo em vista melhorar o desempenho ambiental e a qualidade das áreas urbanas e assegurar a efetivação dos objetivos do programa, a Comissão Europeia (2004) estabeleceu o ambiente urbano, entre outras, como estratégia temática. Destacando como prioridades a gestão urbana sustentável, os transportes urbanos sustentáveis, a conceção urbana sustentável e a construção sustentável (Pinheiro, 2006).

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

A indústria da construção tem como objetivo a realização de um produto que satisfaça a funcionalidade requeridas pelo dono de obra com característica de durabilidade e em condições de segurança. O produto deve responder ao interesse económico do dono de obra, ser esteticamente agradável e ambientalmente enquadrado, com o menor impacto ambiental possível. O equilíbrio destes objetivos, entre todos os intervenientes é essencial para que as construções sejam compatíveis com as necessidades humanas do presente e do futuro (Mateus, 2004).

A indústria da construção é poluente e agressiva para o ambiente e é importante ter consciência que o impacto ambiental que esta produz pode ser substancialmente reduzido. Tal pode ser alcançado pelo modo como se selecionam e utilizam os materiais, tecnologias e equipamentos, fundamentalmente pelo aumento do seu ciclo de vida, sendo importante a análise e acompanhamento dos custos no ciclo de vida (Pinto e Inácio, 2001).

Concretamente no sector do edificado destaca-se a fase operacional e as questões em volta da eficiência de utilização de recursos, devido ao elevado consumo energético, de água e impactos daí gerados nesta fase. Havendo por vezes obras de construção é a mais determinante para o comportamento ambiental, reportando à problemática dos materiais de construção (Torgal, 2010).

Os ambientes em que vivemos suportam grande responsabilidade na nossa saúde e conforto, tendo um forte impacto na nossa produtividade, quer seja pelo absentismo causado como pela satisfação dos padrões de conforto. No contexto europeu, considerando que a grande maioria da população vive e trabalha em edifícios, representando em média 80 a 90 % do seu tempo (Pinheiro, 2006), as condições de salubridade e de conforto nos edifícios adquirem elevada influência na qualidade de vida e economia dos países (Tirone, 2007).

O edificado na Europa consome no ciclo de vida quase metade da energia produzida (a maioria em climatização e iluminação), destacando-se como o principal responsável pelas emissões de GEE representando 35% da totalidade das emissões (Pinheiro, 2006). A fase de operação dos edifícios representa em média 85% desse impacto energético-ambiental enquanto as fases de construção e

demolição os restantes 15%. Pelo que, boas práticas no sector da construção, com relevância na implementação de medidas que aumentem a eficiência do desempenho em fase de operação são as que maior impacto terão na prevenção e na mitigação das alterações climáticas (Tirone, 2010).

A localização mediterrânica de Portugal oferece boas condições climáticas das quais se podem tirar proveito. Seja pelo aproveitamento das temperaturas amenas como pela produção de energia descentralizada através da radiação solar, dos ventos e das chuvas. (Tirone, 2010).

No capítulo dos recursos materiais estima-se que na construção sejam utilizados entre 20 e 50%, consoante o tipo de recurso, da totalidade de recursos naturais consumidos pela sociedade (Mesquita, 2012) e a taxa de aproveitamento da sua extração é em média 10 a 15%, sendo o restante resíduo (Torgal, 2010) (Neto e Mano, 2009). A deposição dos resíduos resultantes constitui um impacto e risco ambiental com afetação à biodiversidade, desde logo pela criação do próprio aterro e poluição de fontes de água potável, estando também sujeito a acidentes de consequências devastadoras às populações e habitats naturais de elevado valor económico e ambiental, cujos prejuízos não são imputados aos custos de produção das matérias-primas e as probabilidades de ocorrência não podem ser eliminadas.

Aos consumos referidos, acrescem os consumos de energia na fase de construção e na transformação e transporte dos materiais, designada como energia incorporada (estimada em 10 a 15 %) (Pinheiro, 2006).

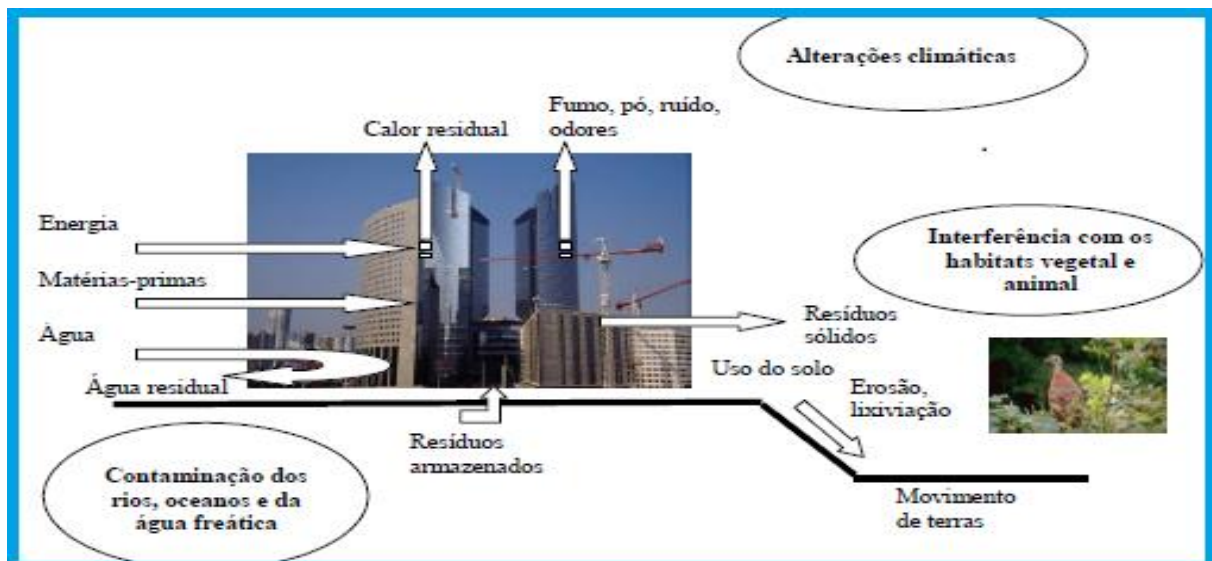


Figura 4 - Impactos da construção no ambiente (Mateus, 2009)

Os consumos de energia e de recursos naturais, emissões de GEE's e geração de resíduos, aliados à demanda por conforto e qualidade dos ambientes construídos, ao enquadramento com o ambiente envolvente e à necessidade de uso e ocupação racional do solo, contribuem para a crescente consciencialização da influência da construção relacionando os aspetos ambientais, económicos e sociais. Estes aspetos são associados a impactos adversos já referidos e outros como a desertificação, ocupação desordenada do espaço urbano que influenciam o bem-estar social e precisam ser considerados no contexto de sustentabilidade do elemento construído. Para este entendimento deve

ser adotada uma abordagem integrada que leve em consideração os aspetos e impactos ambientais, sociais e económicos em todo o ciclo de vida do ambiente construído. A integração das preocupações económicas, sociais e culturais englobando as funções dos vários intervenientes no ciclo de vida da construção, constitui o desafio atual da construção sustentável (Mateus, 2009).

Charles Kibert apresentou em 1994 no Conselho Internacional da Construção – CIB, aquele que é o conceito mais transversal da abordagem da construção sustentável como *“a criação e manutenção responsáveis de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente de recursos e no projeto baseado em princípios ecológicos”* (Pinheiro, 2006).

O LiderA, sistema de avaliação da sustentabilidade dos ambientes construídos, sugere os seis princípios a serem adotados para a procura da sustentabilidade:

- Princípio 1 – Valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração;
- Princípio 2 – Fomentar a eficiência no uso dos recursos;
- Princípio 3 – Reduzir o impacto das cargas (quer em valor, quer em toxicidade);
- Princípio 4 – Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental;
- Princípio 5 – Fomentar as vivências socioeconómicas sustentáveis;
- Princípio 6 – Assegurar a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.

Construção sustentável significa que os princípios do DS são aplicados ao ciclo de vida dos empreendimentos: planeamento, conceção, construção, operação e desconstrução/demolição tendo em conta o ciclo de vida dos materiais. Considerando como recursos de construção, os materiais, o solo, a energia e a água, a sustentabilidade da construção depende de uma mudança na forma como estes recursos são utilizados. Apontando a medidas de utilização de energias renováveis, reutilização e reciclagem dos resíduos, seleção dos produtos baseada nos custos do ciclo de vida, criação de bom relacionamento dos edifícios com os contextos exteriores, promovendo a redução dos consumos de energia e a criação de ambientes interiores salubres e confortáveis. A perspetiva de construção sustentável deve assumir portanto o conhecimento de todo o ciclo de vida da construção e os seus custos.

2.2. CICLO DE VIDA DA CONSTRUÇÃO

2.2.1. FASES DO CICLO DE VIDA

O ciclo de vida da construção engloba o ciclo dos materiais, desde a extração da matéria-prima, o da obra, desde a sua conceção ao fim de vida, e gestão dos resíduos provenientes em todas as fases.

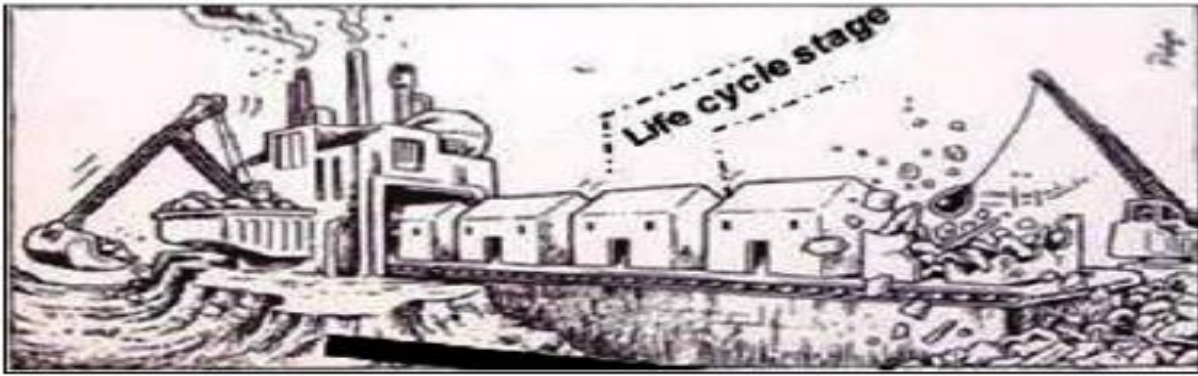


Figura 5 - Ilustração do Ciclo de Vida do Edifício “do berço a cova” (Lasvaux, 2010; adaptado de Silvestre, 2011)

Encarado tradicionalmente como um ciclo aberto, designado como “do berço á cova”, tem as suas principais fases na conceção/planeamento, construção, operação e demolição, com implicação na natureza desde o início ao fim. A reutilização, renovação ou reciclagem dos materiais e produtos da construção proporciona a redução dos impactos provocados pela extração e deposição dos resíduos da construção e demolição (RCD), aproximando-o de um ciclo fechado, “do berço ao berço”, exemplificado na figura 6 (Pinheiro, 2010).

- **Conceito:** Definição das necessidades, objetivos e dos mecanismos de investimento e retorno financeiros que viabilizam a construção.

- **Conceção/projeto:** Fase onde se desenvolve a conceção do edifício e o planeamento do seu processo construtivo nas diversas etapas de projeto (Programa base, Estudo prévio, Anteprojeto e Projeto de execução). As decisões tomadas nesta fase têm repercussões nas restantes etapas do ciclo de vida. O *design* do edifício deve ser adequado às suas funções e objetivos tendo em conta as condicionantes do local, cultura, clima, solo, escolha dos materiais e fornecedores. Por isso devem ser realizados, para além dos estudos de viabilidade (física, económica e financeira), avaliações de desempenho (ambiental, económico e social) que definem estratégias e tomada de medidas que promovam a redução dos consumos em padrões de qualidade, conforto e utilização aceitáveis, gestão

correta na utilização do solo, facilidade nos procedimentos de construção e conservação, durabilidade e gestão sustentável dos resíduos em fim de vida.



- **Construção:** Materialização do projeto com a aplicação dos processos construtivos e materiais de construção, seguindo o planeamento.

- **Operação:** Utilização do edifício correspondendo aos objetivos pretendidos e

geralmente a mais longa no ciclo de vida. Sendo responsável pelos maiores consumos no ciclo de vida, representando em média 80% dos

Figura 6 - Ciclo de Vida da Construção “do berço ao berço” (Pinheiro, 2010)

custos totais, a avaliação dos custos em fase de operação é de vital importância para a sustentabilidade da construção. O potencial de readaptação a novas necessidades ou objetivos está condicionado às decisões tomadas na conceção do edifício. Engloba os procedimentos de manutenção e conservação.

- **Reabilitação/Renovação:** Em função da perda de funcionalidade, por degradação ou alteração nas necessidades de utilização, poderá haver lugar a intervenções de reabilitação ou renovação do edifício, seguindo fases similares à conceção e construção, que prolongam o tempo de vida útil do edifício.
- **Fim de vida:** Demolição do edifício e gestão dos RCD

2.2.2. AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

A Avaliação no Ciclo de Vida (ACV) ou *Life Cycle Assessment (LCA)*, consiste num método abrangente, em que todos os fluxos de materiais e energia de um produto ou serviço são quantificados e analisados, avaliando de uma forma holística, os impactos ambientais associados aos produtos e serviços, desde a extração da matéria-prima, fabrico, transporte, distribuição, aplicação até ao destino final, após o termo da sua vida útil. A avaliação de custos no ciclo de vida caracteriza-se pela contabilização dos custos associados a cada fase da construção, tendo por base os consumos de recursos, os fluxos associados e os impactos avaliados na ACV convertendo-os em unidades monetárias. Desta forma, esta metodologia contribui com um termo comparativo das alternativas analisadas e seleção das mais eficientes em termos de benefícios económicos.

No domínio dos sistemas de avaliação da sustentabilidade é amplamente aceite que o método de ACV é a melhor abordagem para a avaliação dos efeitos ambientais de um material ou produto. No entanto a aplicação do método ACV nos edifícios e noutras construções é uma tarefa complexa e morosa, pois uma construção incorpora centenas ou milhares de diferentes produtos envolvendo dezenas de empresas durante o seu ciclo de vida e a sua longevidade (mais de 50 anos no caso dos edifícios) engloba muitas incertezas (Mateus, 2010).

Apesar do conceito apelativo e potencialmente útil para a seleção de soluções a adotar, suportadas pela dimensão económica da sustentabilidade, a sua aplicação em situações em que os custos ou benefícios são ambientais (recurso público) ou a satisfação do conforto dos utentes, tem-se identificado como um problema de não tangibilidade e desenvolvimento metodológico (Mateus, 2010). Segundo Gluch e Baumann (2004), a análise ACV tem prós e contras, nomeadamente as descritas no quadro 2:

Quadro 1 – Prós e Contras da análise ACV (Gluch e Baumann, 2004)

PRÓS	CONTRAS
<ul style="list-style-type: none"> ○ Utiliza uma unidade monetária reconhecida; ○ Dá uma indicação dos aspetos a considerar; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Falha na tomada de decisões perante incerteza; ○ Falha em lidar com decisões irreversíveis; ○ Negligencia itens sem dono, como é o exemplo do ambiente;

Quadro 1 – Prós e Contras da análise ACV (Gluch e Baumann, 2004)

PRÓS	CONTRAS
<ul style="list-style-type: none"> ○ Limita o fluxo de informação através da simplificação de alternativas com vários atributos; ○ Pode implicar aprendizagem através da participação no processo de cálculo; ○ Tem uma perspetiva do ciclo de vida; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Subestima problemas ambientais numa dimensão monetária; ○ Subestima custos ambientais futuros; ○ Sofre de fraca disponibilidade e fiabilidade de informação; ○ Baseia-se em muitas variáveis estimadas devido à complexidade do edifício e do processo de construção; ○ Pode restringir a aprendizagem se for demasiado mecanizado; ○ Sofre de confusão conceptual devido à existência de muitas ferramentas orientadas para a análise de custos no ciclo de vida e devido a ciclos de vida Inconsistentes.

2.2.3. CUSTOS NO CICLO DE VIDA

A avaliação da sustentabilidade resulta de um processo no qual os fatores mais importantes são identificados, analisados e avaliados com o objetivo de reunir e reportar informação que servirá de base aos processos de decisão nas diversas fases do ciclo de vida. No sentido da efetiva implementação de soluções sustentáveis na construção, a quantificação dos custos constitui um indicador comum e simplificado no processo de avaliação das soluções (Mateus e Bragança, n.d.)

Um edifício gera vários tipos de custos durante o ciclo de vida. Custos diretos de construção, manutenção, demolição, etc., e custos indiretos associados ao ambiente e utilização (por exemplo, consumos de energia e água). A redução dos custos diretos de construção ou reabilitação pode não significar poupanças a longo prazo. A fase de utilização, como já referido, é a mais longa do ciclo de vida de um edifício e é responsável pela maior porção dos custos totais, estando relacionada à eficiência das soluções construtivas.

O parâmetro dos custos no ciclo de vida (Critério 40 do LiderA) é essencial para sustentar a viabilidade de uma construção, permitindo avaliar a rentabilidade das soluções no tempo de vida útil do edifício. Uma solução é considerada mais sustentável que a prática de referência se o período de retorno do investimento for inferior ao horizonte temporal, significando que os custos globais no ciclo de vida são inferiores (LiderA, 2011).

2.3. OPORTUNIDADES DA REABILITAÇÃO

2.3.1. REABILITAÇÃO SUSTENTAVEL

“Construção” nos dias de hoje pode escrever-se com vários “R”: “Recuperação”; “Renovação”; “Revitalização”; “Restauo”; “Requalificação”; “Reparação”; “Reforço”; “Reestruturação” e sobretudo “Reabilitação” (Cóias, 2007).

Os conceitos em torno das diferentes práticas de intervenção sobre o património edificado e o próprio conceito de património histórico têm sofrido grandes evoluções no que respeita aos seus objetivos, âmbito de atuação, métodos e abordagens de intervenção. Pelo que importa distinguir alguns tipos de intervenção nas construções.

No início do séc. XX, essencialmente no pós-1ªguerra, os tecidos urbanos das cidades europeias encontravam-se em declínio, como resultado de negligência, degradação, desertificação ou sobrelotação. Sob estes pretextos e como resposta às pressões económicas (progresso tecnológico; crescimento populacional; desenvolvimento das atividades económicas; emergência de novos estilos de vida) realizaram-se operações massivas de demolição de bens patrimoniais fundamentais e irrecuperáveis, aplicando políticas de renovação urbana (Pinho, 2007). Pinho atribui a renovação urbana o que diz respeito a intervenções de transformação integral do espaço, implicando mudanças estruturais de larga escala, abrangendo:

- Dimensão morfológica: alteração da forma e da paisagem;
- Dimensão funcional: alteração da base económica e das funções associadas;
- Dimensão social: alteração nos estratos sociais dos utilizadores.

Conservação/manutenção são as intervenções periódicas que mantêm o estado de conservação e as características funcionais das construções, evitando a sua degradação. Na esfera artística é entendido por restauro a intervenção sobre um objeto degradado, recuperando um estado de conservação conhecido sem introdução de alterações.

O conceito de reabilitação emergiu com a preocupação pela salvaguarda do património arquitetónico cultural. Até meados do Séc. XX consideravam-se apenas os monumentos e alguns edifícios de importante valor histórico ou construções especiais como os únicos objetos a conservar e proteger. Até ao séc. XVIII entendia-se por restauro qualquer intervenção que visasse a reutilização de construções. A visão romântica no séc. XIX e apaixonadas polémicas em torno das metodologias a aplicar na conservação ou restauro ampliam os conceitos de património arquitetónico e da sua preservação e é sobretudo em Veneza (1964) que este conceito se alarga a sítios, centros urbanos antigos e mesmo edifícios correntes. A conservação ou restauro passam a abranger não só os monumentos isolados como outras construções de significado cultural significativo, com o propósito de prolongar a sua vida útil e eliminar os perigos que enfrentam as áreas antigas (Appleton, 2010).

O conselho da europa, em 1976, define pela primeira vez o conceito de reabilitação como o instrumento que permite a integração de monumentos e edifícios antigos no espaço físico da vida contemporânea. Atualmente é definida como um processo de revitalização ou regeneração urbana a longo prazo.

«É acima de tudo um ato político com o objetivo de melhorar componentes do espaço urbano e o bem-estar e qualidade de vida da população em geral. Os seus desafios espaciais e humanos requerem a implementação de políticas locais (por exemplo política de conservação integrada do património, política de coesão e ordenamento territorial, política ambiental e de desenvolvimento sustentável). A reabilitação é assim parte de um projeto/plano de desenvolvimento urbano, exigindo uma abordagem integrada que envolva todas as políticas urbanas.» (in Conselho da Europa, cit. 104, p. 75; citado por Appleton, 2010)

IMPORTANCIA DA REABILITAÇÃO

O sucesso da reabilitação depende da capacidade de captar investimento - estimular, tornar os centros urbanos atrativos do ponto de vista dos utilizadores. Nunes (2010) defende que a intervenção no património arquitetónico histórico deve responder a necessidades atuais, redefinindo o seu propósito, pois apenas se poderá dinamizar investimento na manutenção e reabilitação do edificado histórico enquanto este desempenhar uma função existencial.

A introdução dos parâmetros da sustentabilidade no paradigma da construção substitui a análise custo/benefício praticada, incorporando os valores da proteção ambiental, dos consumos energéticos e da valorização patrimonial. Portanto, a reabilitação não pode ser vista por contraposição à construção nova apenas por comparação de custos por m^2 de construção (Appleton, 2010).

Appleton (2010) cruza a importância da reabilitação com os vetores da sustentabilidade por razões de preservação de valores culturais, proteção ambiental e vantagens económicas:

- **Preservação de valores culturais**

A reabilitação de edifícios antigos é uma atividade de grande relevância pela preservação dos valores culturais. Os bairros e edifícios antigos são um suporte da relação entre o homem e o desenvolvimento das sociedades ao longo do tempo, representando movimentos estéticos, de arquitetura e arte.

- **Proteção ambiental**

Reabilitar por oposição a construção nova ou reconstrução, significa preservar elementos construtivos, reduzindo as demolições, o consumo de recursos e energia. As intervenções em edifícios antigos e a necessidade de aplicar materiais compatíveis, significa tanto quanto possível o uso de materiais tradicionais, naturais (madeira, pedra, areia e cal), e do reaproveitamento dos produtos de demolição, por oposição ao uso de materiais industriais artificiais como o cimento, aço, alumínio, PVC, etc.

- **Vantagens económicas**

- ✓ Redução dos custos de demolição;
- ✓ Redução dos custos com licenças e taxas;

- ✓ Aprovação mais fácil de projetos;
- ✓ Redução dos custos de estaleiro;
- ✓ Redução das perturbações do tráfego urbano;
- ✓ Colocação mais fácil de produtos de construção;

Numa análise global e no ciclo de vida da construção, significa que os custos totais das intervenções de reabilitação podem ser inferiores aos de construções novas, mesmo que os preços unitários dos trabalhos sejam mais elevados.

2.3.2. COMPORTAMENTO PASSIVO DOS EDIFÍCIOS

O comportamento passivo do edifício é o resultado da interação do edifício com a energia solar sem recorrer a meio mecânicos (Moita, 2010).

O conceito de “*Arquitetura Solar Passiva*” ou “*Arquitetura Bioclimática*” pode ser definida como uma arquitetura que, na sua conceção, aborda o clima como uma variável importante no desenvolvimento do processo de projeto, relevando o sol, na sua interação com o edifício, para um papel fundamental no mesmo (Gonçalves e Graça, 2004).

A temperatura do ar e radiação solar são as variáveis climáticas que mais influenciam os edifícios em termos de transferências de calor. Os fluxos energéticos gerados através da envolvente influenciam as condições no interior dos edifícios em função do clima, dos sistemas construtivos e da sua utilização. O equilíbrio entre essas funções promove de forma natural e passiva melhores condições de conforto.

Designa-se por balanço energético a equação de equilíbrio entre ganhos e perdas energéticas que permite maior fiabilidade na previsão das necessidades de energia de climatização. Os mecanismos físicos termodinâmicos inerentes a este processo designam-se por condução, convecção e radiação (Baker, et al., 1992, citado por Lamelas, 2010).

A radiação solar constitui uma fonte de calor importante determinante no conforto térmico, contribuindo para o aumento de temperatura no interior. A temperatura do ar induz trocas de calor entre o interior e exterior, variando o sentido consoante a diferença de temperaturas entre os meios. No inverno, a transmissão de calor por condução através da envolvente dos edifícios estabelece-se preferencialmente do interior para o exterior, traduzindo-se em perdas de calor, enquanto as temperaturas mais altas do ar no verão tendem a inverter o sentido desse fluxo.

O sol assume portanto um papel importante, pelo que importa compreender a sua interação com os edifícios no sentido de aproveitar ou restringir ganhos solares através da radiação.

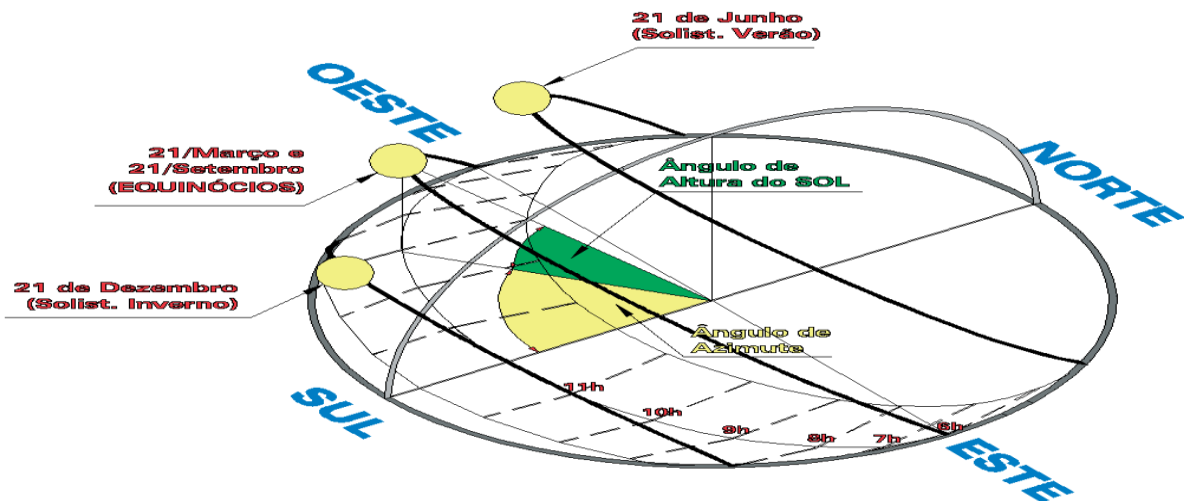


Figura 7 - Percurso da posição relativa do sol (Gonçalves e Graça em “Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal”, 2004)

No inverno, devido as maiores perdas de calor pela envolvente, é importante captar radiação solar. Como se observa na figura, o “percurso” do sol efetua-se para azimutes próximos do sul geográfico pelo que esta orientação é a que propicia maiores ganhos solares. No verão, o sol com um “percurso” de azimute superior, “mais alto” em relação ao plano geográfico, incide mais em todas as direções. Sendo a temperatura do ar mais elevada, torna-se necessário restringir os ganhos solares.

As perdas de calor no inverno e os ganhos indesejáveis no verão através da envolvente, essencialmente nas coberturas, são fenómenos que influenciam o comportamento térmico dos edifícios, pelo que restringir a condução é uma estratégia que promove o conforto no seu interior tanto de Inverno como de Verão (Isolani, 2008).

Simões (Citado por Lamelas, 2010) evidencia a dependência nos edifícios atuais em equipamentos de climatização. Pelo que a reabilitação deve agir sobre as anomalias ou deficiências construtivas dos edifícios e melhorar as condições de habitabilidade, tornando-os também mais eficientes (Lamelas, 2010). Tirone (2010) reforça a importância deste processo permitir a adaptação das características dos edifícios a necessidades atuais, implementando estratégias de *design* que garantam conforto térmico, funcionamento saudável e redução do consumo energético. Estas podem ser alcançadas através de medidas que garantam adequado isolamento térmico na envolvente, sombreamento compatibilizado com a orientação solar, materiais e soluções de construção eficientes.

Assim, antes de definir as medidas a implementar é necessário caracterizar o desempenho energético do edifício. O diagnóstico às deficiências de comportamento térmico que conduzem a consumos elevados de energias permite estabelecer a estratégia que melhor sirva os interesses do dono do edifício tendo em atenção as exigências regulamentares (Silva, 2012).








A normativa “*Passivhaus*” aponta poupanças energéticas até 75% nos edifícios padrão de comportamento passivo em comparação com os convencionais, sem ultrapassar 5% de acréscimo dos custos

de construção. Fontes renováveis podem responder às reduzidas necessidades energéticas contribuindo para a redução de emissões e da dependência de combustíveis fósseis. (Passivhaus, 2015). Para o cumprimento dos requisitos a normativa apresenta os princípios:

- Isolamento na envolvente
- Caixilharias adequadas
- Ventilação com recuperação de calor
- Evitar pontes térmicas na envolvente

Gonçalves e Graça (2004) apresentam um conjunto de estratégias que devem ser ponderadas em consideração ao local, à função do edifício e modo de ocupação e operação do mesmo, com o objetivo de promover um desempenho adaptado ao clima. O quadro 2 apresenta as estratégias para a zona climática no REH do caso de estudo.

Quadro 2 - Estratégias de comportamento passivo (Zona I1, V3) (Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, 2004)

Estação	Estratégias	Sistemas passivos	
Inverno - Estação de aquecimento	Promover ganhos solares	Todos os ganhos são adequados para os tipos de edifícios mais convenientes	
	Restringir perdas por condução	Isolar envolvente	
	Promover inércia forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior	
Verão - Estação de arrefecimento	Restringir ganhos solares	Sombrear envidraçados	
	Restringir ganhos por condução	Isolar envolvente	
	Ventilação	Promover a ventilação noturna	
	Promover inércia forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior	

ISOLAMENTO TÉRMICO

O isolamento térmico tem o objetivo de aumentar a resistência térmica dos elementos. A aplicação de isolamento térmico na envolvente restringe os fluxos térmicos entre o interior e exterior através das paredes, coberturas, pavimentos e pontes térmicas, reduzindo as perdas no inverno e os ganhos no verão e assim, as necessidades energéticas de climatização nos edifícios.

Sendo as coberturas os elementos que mais contribuem para os ganhos e perdas de calor, o seu isolamento é considerado uma intervenção prioritária por se tratar de uma das medidas mais simples e

menos dispendiosa que produz benefícios imediatos na diminuição das necessidades energéticas (Izolani, 2008).

O isolamento térmico pelo exterior do edifício, comparativamente a pelo interior, permite um melhor tratamento das pontes térmicas, reduz a possibilidade de ocorrerem condensações no interior e aumenta a influência das paredes exteriores na inércia térmica do edifício (REH).

O REH considera um bom material isolante térmico, um material cuja condutibilidade térmica (U) seja inferior a 0,065 W/m.°C, ou cuja resistência térmica seja superior a 0,30 m².°C/W (DR, 2006c). No anexo IV apresentam-se alguns materiais de isolamento e as suas características de comportamento térmico (ITE50 - LNEC,2006). Dos materiais mais usuais destacam-se o poliestireno expandido (EPS) e o extrudido (XPS) que podem reduzir entre 30 a 50% do consumo energético necessário para o conforto térmico com baixos custos de investimento (Lamelas, 2010).

Para além das soluções típicas de aplicação de isolamento térmico referidas, existem argamassas com isolamento térmico incorporado. Esta solução é especialmente adequada à reabilitação de paredes antigas com superfícies irregulares, proporcionando a aplicação do isolamento na camada de regularização das superfícies do suporte (Saint-Gobain, 2015)

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Os vãos envidraçados desempenham funções de iluminação, contacto visual com o exterior, ventilação e captação de radiação solar. Nos edifícios de construção tradicional, o balanço energético dos vãos envidraçados tem um peso de cerca 30 a 40% das perdas de calor no inverno e são responsáveis por problemas de sobreaquecimento no verão que conduz a grande parte das necessidades de arrefecimento (Pinto, 2002). Os envidraçados orientados a norte tem grandes perdas de calor e ganhos solares reduzidos. A orientação a sul permite ganhos solares úteis no Inverno e possibilidade de ganhos excessivos no Verão.

A definição dos vãos tem portanto, grande influência no balanço energético do edifício. Segundo o REH (DR, 2006c), a área de envidraçado de referência é de 15% em relação à área útil da divisão. O desempenho energético dos vãos envidraçados depende das características técnicas do vidro, caixilharia e proteções e pode ser melhorado através de:

- Substituição por caixilharia com corte térmico associada a vidro duplo
- Utilização de envidraçados de baixa emissividade
- Vedação das uniões entre a caixilharia e as estruturas de suporte

INÉRCIA TÉRMICA

A inércia térmica de um elemento traduz a sua capacidade de retenção de calor e está relacionada a sua densidade. Quanto maior a densidade do elemento maior a sua inércia térmica e menor a velocidade dos fluxos de calor que o atravessam. O calor é retido durante o dia e libertado quando a temperatura do ar baixa. A aplicação de isolamento pelo exterior dos elementos da envolvente permite maior

aproveitamento da capacidade de armazenamento de calor no interior do edifício e reduz a retenção de calor proveniente do exterior, fator considerado nos cálculos do desempenho energético pelo REH.

VENTILAÇÃO NATURAL

A ventilação natural ocorre por trocas de ar ocasionadas pela diferença de temperaturas ou pela Ação do vento que induz cargas térmicas (frias e quentes) com influência no balanço energético do edifício. Este processo ocorre através das aberturas ou frinchas das caixilharias na envolvente e a sua ação controlada é o processo mais eficiente na manutenção das condições de salubridade, no equilíbrio higrométrico e temperatura interior. A carga de arrefecimento no inverno deve ser contrariada através de vedação das frinchas das caixilharias (Gonçalves e Graça, 2004).

De forma a minimizar as perdas de calor através da envolvente, as soluções construtivas são cada vez mais estanques, provocando a redução das taxas de renovação do ar. Por esse motivo é importante prever soluções que assegurem a renovação do ar anterior (Lamelas, 2010).

SINTESE

Após a abordagem às diferentes áreas a ter em conta nas estratégias de reabilitação energética, deve ser ponderada a ação combinada das medidas de intervenção, pois os resultados esperados podem apenas ser assegurados com a aplicação simultânea de medidas ou os benefícios podem diferir da aplicação isolada.

É igualmente importante realçar que à noção de conforto térmico estão associados fatores psicológicos e fisiológicos que variam de pessoa para pessoa e podem conduzir a diferentes sensações de conforto térmico para as mesmas condições de ambiente térmico. Acresce que todo este processo é dinâmico. Não só o clima varia instantaneamente, como o conforto humano não é uma realidade estática, uma vez que o ser humano tem capacidade para se adaptar às variações das condições térmicas que o envolvem. Os parâmetros que influenciam diretamente o conforto térmico são diferenciados por fatores pessoais e fatores ambientais. Os primeiros estão totalmente dependentes dos utilizadores dos edifícios e da sua atividade e os segundos estão dependentes da qualidade da envolvente dos edifícios. (Gonçalves e Graça, 2004)

Num estudo de Nick Backer (Pinheiro, 2006 citado por Lamelas, 2010) o desempenho energético de um edifício depende do contexto urbano, *design*, eficiência dos sistemas e do comportamento dos ocupantes. Questionando-se a possibilidade de atingir um desempenho sustentável nos edifícios sem um comportamento sustentável dos ocupantes.

2.3.3. SITUAÇÃO EM PORTUGAL

2.3.3.1. ESTADO DO PARQUE HABITACIONAL

Nas últimas décadas, as principais cidades da Europa ocidental têm valorizado a requalificação urbana, com o duplo objetivo de dar resposta às potenciais carências habitacionais da população e promover a

proximidade entre atividades e pessoas (INE, 2009).

Não obstante o crescimento verificado, a reabilitação do edificado existente em Portugal representa ainda apenas cerca de 6,5 % do total da atividade do setor da construção, bastante aquém da média europeia, situada nos 37 %. Acresce que, de acordo com os Censos 2011, existem cerca de dois milhões de fogos a necessitar de recuperação, o que representa cerca de 34% do parque habitacional nacional (DR 8 de Abril de 2014).

De acordo com os censos realizados em 2011, o número de famílias aumentou (9,7%) mas a sua dimensão média volta a recuar de 2,8 para 2,6 indivíduos. Somos mais e continuamos um país de imigração. Continua a assistir-se a perda de população nos municípios do interior e ao efeito de concentração nos municípios do litoral. O parque habitacional volta a experimentar um forte crescimento, existindo mais 12,1% de edifícios e 16,3% de alojamentos do que em 2001. É visível o aumento do número de fogos por edifício e a diminuição do número médio de habitantes por fogo. Cresceu também o número de alojamentos vagos (+35,1%), de residências secundárias (+22,6%) e de casas com necessidades de intervenção (Censos 2011).

Comparando o número de habitações por família, Portugal apresenta dos maiores *stocks* de habitações na Europa, com um índice de 1,45 habitações/família. Segundo a AICCOPN, cerca de 2 milhões destas habitações precisam de intervenção, representando cerca de um terço do parque habitacional em Portugal. (INE, 2012; Portal da Habitação 2013).

A população do município de Lisboa está em queda (tal como no município do Porto) e apresenta uma estrutura etária envelhecida, com 23% de idosos, quando a média portuguesa é de 16%. Ao contrário da área metropolitana que observa um crescimento populacional, em decorrência da migração dos habitantes da cidade para as cidades vizinhas (Censos, 2011). A Câmara Municipal de Lisboa indica que do total de edifícios cerca de 8 mil estão em mau ou muito mau estado de conservação e que cerca de 5% dos edifícios estão completamente desabitados. Grande parte destes edifícios possuem interesses históricos (CML, 2014).

Segundo Roca (n.d.), as transformações morfológicas e demográficas do espaço periurbano da RLVT nos últimos anos deram origem a uma série de problemas:

- Densificação da área edificada;
- Aumento da poluição atmosférica e sonora relacionada com o grande incremento no uso do automóvel nas múltiplas deslocações casa/ trabalho/compras/lazer;
- Declínio do comércio tradicional nos pequenos centros urbanos;
- Diminuição dos serviços de transportes coletivos.

Pode-se concluir que políticas erradas no sector da construção, favorecendo a construção nova e desprezando o parque edificado já existente, geraram um desequilíbrio entre a oferta e procura de habitação. Observou-se um crescimento de habitações no país, concretamente com o crescimento e densifi-

cação das áreas metropolitanas, e igualmente um crescimento de habitações vagas e das necessidades de intervenção nos centros urbanos que vêm a população residente diminuir.

A intervenção de reabilitação no edificado permite adequar a oferta à procura de habitação, em termos de quantidade, qualidade e preço acessível (adequado à taxa de esforço das famílias), colocando os fogos devolutos no mercado, incentivando a habitação privada de baixo custo e fixar nova população ativa nos centros urbanos.

A nova lei do arrendamento aumenta as possibilidades de intervenção no edificado antigo por parte dos proprietários, até aqui descapitalizados e com retorno reduzido face ao investimento na recuperação e manutenção dos edifícios.

Por outro lado, o interesse sobre novas construções, com maior número de fogos e maior interesse especulativo, até para as câmaras municipais pelo que reverte através de taxas, rivaliza com a proteção ao património histórico edificado, sendo portanto importante a classificação e o incentivo à intervenção nos edifícios antigos de interesse histórico.

2.3.3.2. ENQUADRAMENTO LEGAL

“A promoção da reabilitação urbana constitui um objetivo estratégico e um desígnio nacional assumido no Programa do XIX Governo Constitucional. Com efeito, a política do ordenamento do território do Governo dá prioridade a uma aposta num paradigma de cidades com sistemas coerentes e bairros vividos. (...) Deste modo, ao invés de uma aposta em novas construções, a política do ordenamento do território desenvolvida pelo Governo privilegia a reabilitação através de operações urbanísticas de conservação, alteração, reconstrução e ampliação, enquanto soluções mais adequadas à atual realidade do país.” (DR 8 de abril de 2014)

No âmbito da promoção da reabilitação urbana, uma comissão de natureza multidisciplinar assumiu a missão de elaborar um projeto de diploma que estabelecesse as «Exigências Técnicas Mínimas para a Reabilitação de Edifícios Antigos» visando, em complemento das medidas consagradas no DL 307/2009, dispensar as obras de reabilitação urbana da sujeição a determinadas normas técnicas aplicáveis à construção, quando estas, por serem orientadas para a construção nova e não para a reabilitação de edifícios existentes, possam constituir um entrave à dinamização da reabilitação urbana.

A alteração ao DL 307/2009, que estabelece o regime jurídico da reabilitação urbana, pretende agilizar e dinamizar a reabilitação urbana, flexibilizando e simplificando os procedimentos de criação de áreas de reabilitação urbana, criando um procedimento simplificado de controlo prévio de operações urbanísticas e regulando a reabilitação urbana de edifícios ou frações em que se justifique uma intervenção de reabilitação destinada a conferir-lhes adequadas características de desempenho e de segurança.

Neste contexto, e no seguimento de outros procedimentos legislativos atualmente em curso, como a Lei de Bases da Política de Solos, de Ordenamento do Território e de Urbanismo e o Regime Jurídico da Urbanização e Edificação, o DL 53/2014 estabelece um regime excecional e temporário aplicável à reabilitação de edifícios ou de frações, cuja construção tenha sido concluída há pelo menos 30 anos

ou localizados em áreas de reabilitação urbana, sempre que se destinem a ser afetos total ou predominantemente ao uso habitacional.

Assim, no que respeita ao Regulamento Geral das Edificações Urbanas, prevê-se a dispensa da observância de disposições técnicas sobre aspetos relacionados com áreas mínimas de habitação, altura do pé-direito ou instalação de ascensores. Do mesmo modo, o presente regime prevê a dispensa de observância de determinados requisitos resultantes dos regimes jurídicos em vigor sobre acessibilidades, requisitos acústicos, eficiência energética e qualidade térmica, instalações de gás e infraestruturas de telecomunicações em edifícios (DR 8 de abril de 2014).

2.3.3.3. REH ENQUANTO MECANISMO DE AVALIAÇÃO

As diretivas Europeias n.º 2002/91/CE e 2010/31/UE, relativas ao desempenho energético dos edifícios estabelecem exigências térmicas e de desempenho energético para edifícios novos e existentes sujeitos a grandes obras de renovação e promovem a obrigatoriedade de implementação, por parte dos diversos estados membros, de um sistema de certificação energética de forma a informar o cidadão acerca da qualidade térmica dos edifícios. A transposição destas diretivas para a regulamentação nacional conduziu ao Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), ao Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e ao Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE) (ITECONS, 2015).

A revisão regulamentar publicada no Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto revoga as anteriores transposições, resultando num novo regulamento que engloba num único diploma, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

A aplicação do SCE visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios, a redução da dependência energética da União Europeia e das emissões de gases com efeito de estufa. O regulamento fornece um quadro geral comum para o cálculo do desempenho energético de edifícios.

Apesar da exclusão no âmbito de aplicação do REH, das intervenções de remodelação, recuperação e ampliação de edifícios em zonas históricas ou em edifícios classificados, prevista no DL 53/2014, importa estudar soluções-tipo de valorização energética não apenas do ponto de vista energético mas também do económico, numa ótica de análise de sensibilidade não limitada ao cumprimento do regulamento (Lagarto, 2013).

A análise de desempenho energético do REH baseia-se numa metodologia de cálculo acessível, que considera temperaturas de referência para o interior dos edifícios e parâmetros constantes para o clima em função da zona climática em que se insere a localização do edifício. A utilização desta ferramenta permite a otimização na seleção das soluções construtivas e comportamento térmico e a redução dos consumos energéticos durante a vida útil do edifício (ITECONS, 2015).

2.3.3.4. AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE E LIDERA

Vários são os sistemas existentes para a avaliação da sustentabilidade nos diferentes países tais como BREEAM (Reino Unido), LEED (Estados Unidos da América) ou o LiderA (Portugal), sendo este último sistema aplicado em Portugal será objeto de destaque.

No seguimento da aplicação e desenvolvimento de estratégias que visam a sustentabilidade dos ambientes construídos, o LiderA, acrónimo de "LiderAr pelo Ambiente", surge como uma ferramenta que permite a comparação de níveis de desempenho ambiental da construção (Tirone, 2010).

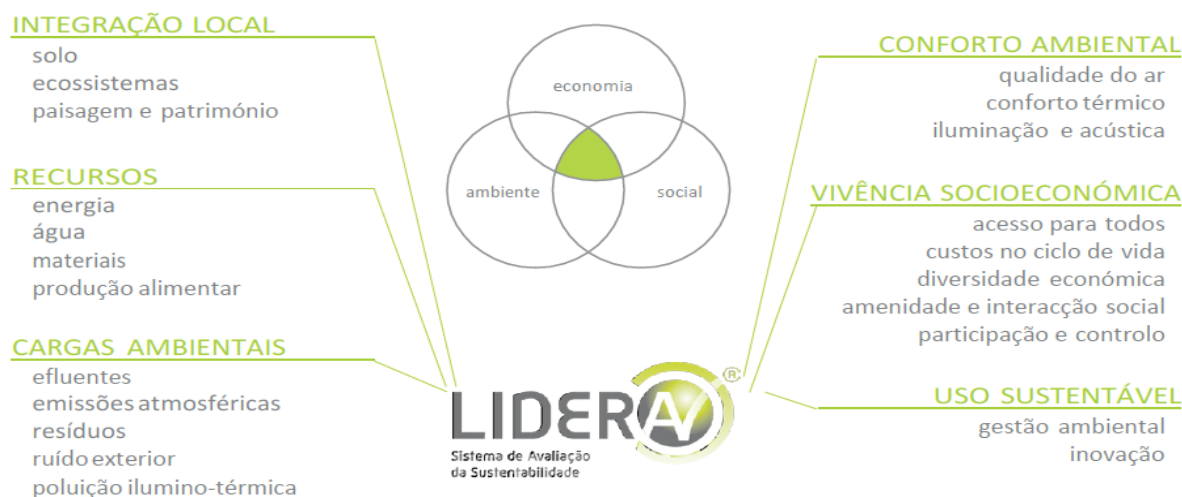


Figura 8 - Vertentes e áreas do sistema LiderA (Pinheiro, 2010)

O LiderA é um sistema de apoio à procura, avaliação e certificação dos ambientes construídos na ótica da sustentabilidade, desenvolvido por Manuel Duarte Pinheiro, Doutorado em Engenharia do Ambiente e Professor no Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura do Instituto Superior Técnico. Este sistema assenta na avaliação dos ambientes construídos em função do seu desempenho através dos 43 critérios apresentados no anexo VII, tendo por base o paradigma do desenvolvimento sustentável caracterizado pelo "Triple-Bottom Line" e as 6 vertentes e 22 áreas apresentadas na figura 8.



Figura 9 - Níveis de Desempenho Global (LiderA, 2011)

A avaliação consiste na classificação, em função do desempenho das soluções nos critérios analisados, comparativamente a uma prática de referência. A abordagem permite verificar como se posiciona o valor em cada critério e a classificação da sustentabilidade das soluções, análoga à escala nos SCE, em função das ponderações e melhorias face a uma situação de referência. Assim, o sistema classifica o desempenho de G a A, em que o nível E representa a prática atual ou de referência. A comparação com a prática de referência designada para cada item avaliado representa um nível, dependendo dos critérios, sendo que o nível A representa uma melhoria de cerca de 50% às práticas

dependendo dos critérios, sendo que o nível A representa uma melhoria de cerca de 50% às práticas

usuais.

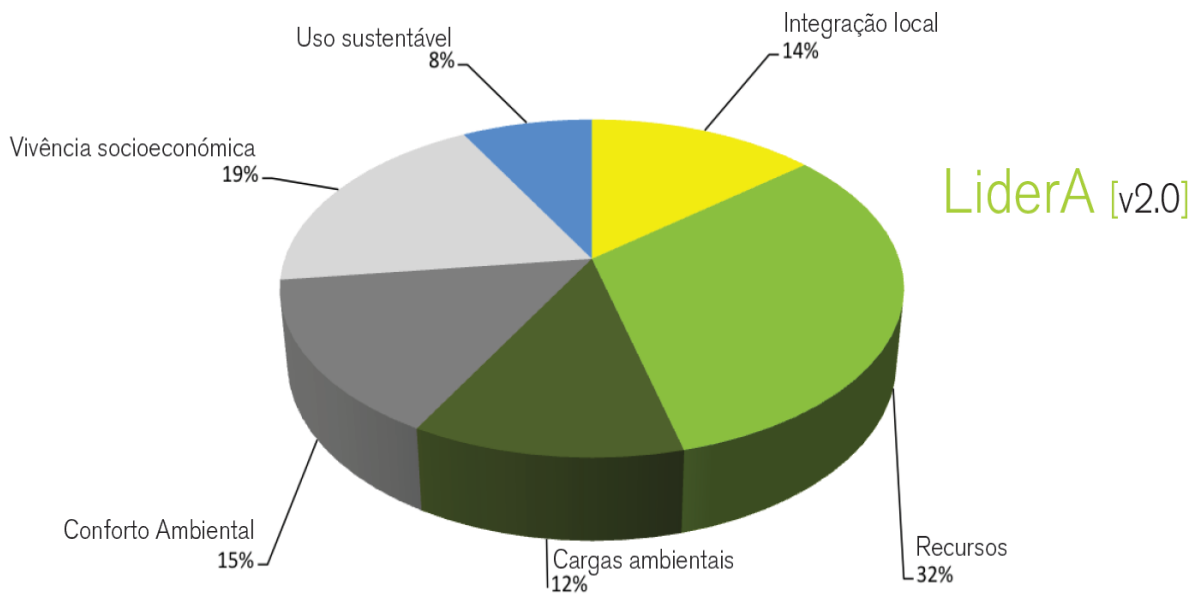
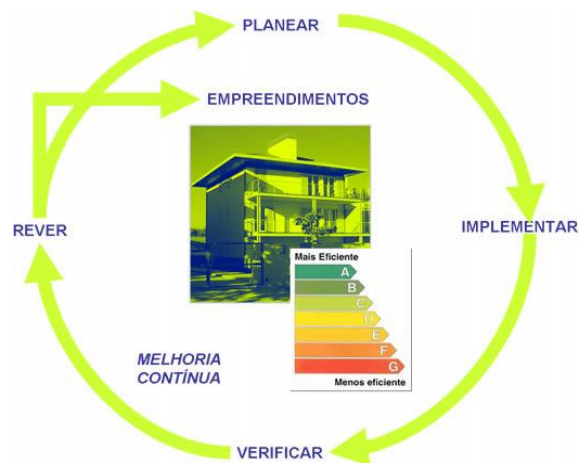


Figura 10 – Ponderação por vertentes (LiderA, 2011)

O sistema pode ser aplicado nas diferentes fases do ciclo de vida e utilizações das construções. A integração de pressupostos da sustentabilidade é promovida através da certificação e promoção dos desempenhos. No entanto, seguindo a perspetiva de melhoria contínua, possibilita uma avaliação dinâmica aos empreendimentos, sendo utilizado cada vez mais como uma forma de abordagem integrada de apoio ao desenvolvimento e promoção de soluções em edifício existentes, construções novas ou reabilitações.

Para cada um dos critérios seguidos pela avaliação é apresentado um conjunto de sugestões de medidas a tomar. A avaliação neste estudo contempla os critérios que se podem enquadrar com o âmbito e natureza da intervenção.



3. POTENCIAIS SOLUÇÕES E ABORDAGENS

3.1. ESCALAS E COMPONENTES A CONSIDERAR

3.1.1. ATRIBUTOS DA INTERVENÇÃO

As intervenções de reabilitação incorporam no geral menor quantidade de recursos materiais que uma construção nova, no entanto os processos e etapas construtivos envolvem elevada especificidade, de maior complexidade, exigindo maior minúcia e rigor de execução. A utilização de técnicas e materiais diferentes pressupõe uma adequada consciencialização nos vários intervenientes ao enquadramento das intervenções (Cóias, 2009). A reabilitação em edifícios pode ser caracterizada através dos atributos descritos no quadro 3.

Quadro 3 – Atributos da reabilitação (Cóias, 2009)

Âmbito da intervenção	Natureza da intervenção	Exemplo
Quarteirão	Estética	Pintura das fachadas do quarteirão
	Construtiva	Substituição do telhado do quarteirão
Edifício	Estética	Pintura das fachadas do edifício
	Construtiva	Substituição do telhado do edifício
	Acústica	Reforço do isolamento sonoro do edifício
	Estrutural	Melhoria do comportamento sísmico do edifício
	Energética	Reforço do isolamento térmico das paredes e cobertura do edifício
Parte do edifício (fachadas, cobertura, interiores, estrutura e fundações, instalações e sistemas)	Estética	Pintura da fachada; Renovação dos interiores
	Energética, acústica	Melhoria do isolamento das paredes exteriores
	Estrutural	Reforço da estrutura e das fundações
	Hídrica, sanitária, ambiental	Renovação das redes de água e esgotos
Elemento ou componente do edifício	Construtiva, estrutural, estética, etc.	Intervenções em pavimentos, tetos, divisórias, vigas, etc.

O grau de profundidade da intervenção depende do volume de trabalho, da complexidade de gestão, das exigências técnicas e riscos envolvidos. Por exemplo, uma intervenção de reabilitação dos elementos de betão armado numa fachada de um edifício (âmbito), com vista a garantir a sua capacidade resistente estrutural (natureza), afetados por corrosão, pode ser de grau ligeira, envolvendo apenas aplicação de inibidor de corrosão e pintura, ou profunda, envolvendo a remoção do betão da zona afetada, a reconstituição das armaduras deterioradas e aplicação de tratamento eletroquímico (Cóias, 2007).

3.1.2. REQUISITOS DOS ELEMENTOS

Propõe-se analisar no caso de estudo a envolvente exterior visto que, sendo a zona mais exposta que protege o núcleo habitável, confere as principais condições de conforto e onde se encontram as principais causas de degradação do edifício.

Do ponto de vista desta análise, a envolvente externa, constituído pela cobertura e elementos verticais de paredes, subdivide-se nas componentes apresentadas na figura 12:

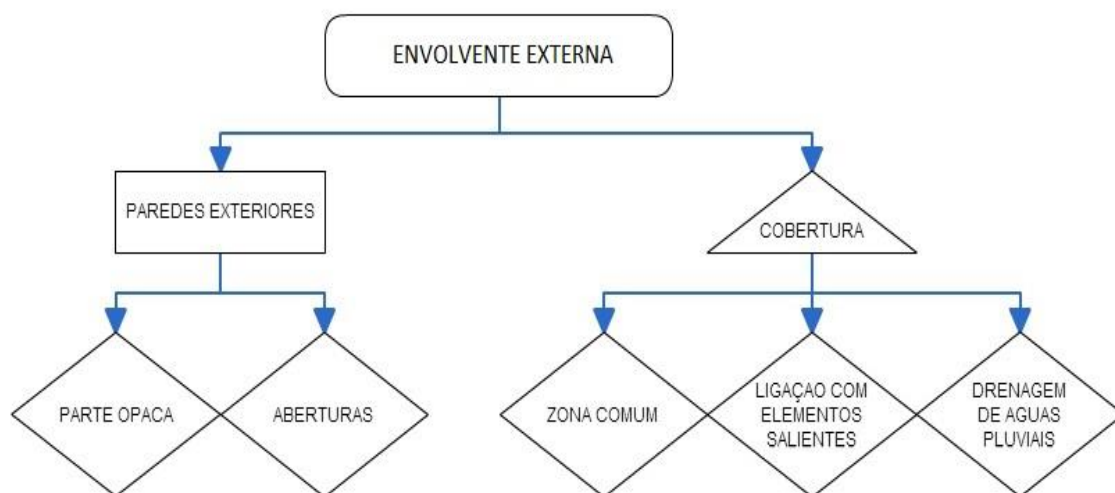


Figura 12 – Elementos da envolvente externa do edifício

Estabelecidos os elementos a analisar, definiram-se os requisitos com base na aplicação de códigos de “boas práticas” constantes de publicações técnicas e científicas, permitindo verificar e avaliar o comportamento do edifício.

O quadro 4 apresenta os requisitos dos elementos e os aspetos a verificar no processo de avaliação ao estado de conservação.

Quadro 4 - Requisitos dos elementos

Elemento da envolvente	Zona	Requisitos	Aspetos a verificar	Referência da verificação
A. Elementos verticais	A.1. Parte opaca	Estabilidade e robustez; Isolamento térmico e acústico; Estanquidade à água; Durabilidade.	Acabamentos finais	A.1.1
			Revestimento de paredes	A.1.2
			Varandas	A.1.3
			Infiltrações	A.1.4

Quadro 4 - Requisitos dos elementos

Elemento da envolvente	Zona	Requisitos	Aspetos a verificar	Referência da verificação
			Tipo de parede	A.1.5
			Condensações nos paramentos interiores	A.1.6
	A.2. Caixilharia / Envidraçados	Estanquidade à água; Isolamento térmico e acústico; Controlo de permeabilidade ao ar; Resistência ao vento.	Caixilharia	A.2.7
			Vidros	A.2.8
			Infiltrações	A.2.9
	B. Cobertura	B.1. Zona comum	Estabilidade e robustez; Estanquidade à água do revestimento; Isolamento térmico.	Revestimento
Tipo de cobertura				B.1.11
Infiltrações				B.1.12
B.2. Elementos salientes		Estanquidade à água	Ligações com elementos salientes	B.2.13
			Capeamentos das platibandas	B.2.14
B.3. Drenagem das águas pluviais		Escoamento eficaz	Caleiras	B.3.15
			Tubos de queda	B.3.16
			Ligação à rede de águas pluviais	B.3.17

3.1.3. AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO E DIAGNÓSTICO

O levantamento de anomalias será realizado mediante inspeção realizada no local, por observação direta dos elementos da envolvente, seguindo a orientação das fichas técnicas de avaliação no quadro 6. A avaliação ao estado de conservação descrita nas fichas técnicas é adaptada da metodologia desenvolvida por João Carlos Lanzinha (2010), Doutorado em Engenharia Civil e Professor no Departamento de Engenharia Civil na Universidade da Beira Interior.

A classificação ao estado de conservação tem por base os critérios gerais apresentados no quadro 5, estimando do grau da intervenção que o elemento necessita, definidos de acordo com:

- Cumprimento dos requisitos
- Quantificação da degradação
- Tipologia da solução construtiva

Quadro 5 – Critérios gerais da classificação ao estado de conservação.

Classificação	Estado	Grau da intervenção
1	Degradação grave, substituição > = 50%	Profunda
2	Degradação importante, pontual e localizada	Média
3	Degradação pontual e localizada <= 10%	Ligeira
4	Bom estado	Não necessita

A cada elemento correspondem requisitos e aspetos particulares, pelo que a classificação é adequada às características de cada aspeto. O quadro 6 apresenta a ficha técnica de avaliação ao estado de conservação com referência a cada aspeto verificado e os critérios específicos de classificação. A verificação é efetuada por inspeção visual direta e a avaliação é suportada na análise às anomalias descritas nas fichas técnicas de diagnóstico. As fichas técnicas de diagnóstico descrevem cada uma das anomalias detetadas e as potenciais causas, com referência às verificações aos elementos a que respeitam, seguindo o modelo apresentado no anexo III.

Quadro 6 – Ficha técnica de avaliação ao estado de conservação.

Elemento da envolvente	Zona	Referência da verificação	Classificação	
A. Elementos verticais	A.1. Parte opaca	A.1.1. Acabamentos finais	4	Bom estado, sem necessidade de intervenção.
			3	A necessitar repintura/ limpeza geral Limpeza e reparação dos revestimentos cerâmicos, de pedra natural ou artificial até 10%.
			2	Limpeza e reparação dos revestimentos cerâmicos, de pedra natural ou artificial até 50%.
			1	A necessitar reparação/substituição superior a 50%.
			S/CLASS.	A queda de materiais põe em causa a segurança de pessoas e bens.
			Notas	
		A.1.2. Revestimento de paredes	4	Bom estado, sem necessidade de intervenção.
			3	Necessidade de limpar e refazer o revestimento até 10%. Microfissuras e fissuras estabilizadas que não põem em perigo a estabilidade da parede e que requerem apenas uma reparação superficial ou pontual.
			2	Limpar e refazer o revestimento em cerca de 50%. Fissuras não estabilizadas e que requerem reparações significativas ou generalizadas.

Quadro 6 – Ficha técnica de avaliação ao estado de conservação.

Elemento da envolvente	Zona	Referência da verificação	Classificação		
			1	Despreendimentos localizados de materiais. Refazer ou substituir totalmente o revestimento.	
			S/CLASS.	Instabilidade dos revestimentos.	
			Notas	As fissuras existentes requerem análise para comprovar a evolução/estabilização.	
			4	Bom estado, sem necessidade de intervenção. Edifício sem varandas.	
			3	A necessitar de reparações pontuais / repintura até 10%.	
			2	A necessitar de reparações em cerca de 50%.	
		A.1.3. Varandas	1	A necessitar reparação total. Proteções a necessitar de substituição.	
		S/CLASS.	Risco de ruína da varanda, Proteções inexistentes.		
		Notas			
		A.1. Parte opaca	A.1.4. Infiltrações	4	Sem evidências de infiltrações.
		3	Infiltrações de água muito pontuais e devidas a acidentes.		
		2	Infiltrações graves e localizada.		
	1	Infiltrações graves generalizadas.			
	S/CLASS.	Infiltração grave de água, colocando em causa a segurança estrutural. Riscos elétricos associados à infiltração de água.			
	Notas				
	A.1.5. Tipo de parede	4	Parede com isolamento térmico.		
	3	Parede dupla, sem isolamento.			
	2	Outras paredes com espessura superior a 40 cm.			
	1	Parede simples e espessura inferior a 40 cm.			
	S/CLASS.	Parede de fasquiado de madeira.			
	Notas				
A.1.6. Condensações nos paramentos interiores	4	Não existem evidências de condensações nos paramentos interiores.			
3	Existem evidências de condensações interiores em menos de 10% dos fogos.				
2	Existem evidências de condensações interiores entre 10% e 50%.				

Quadro 6 – Ficha técnica de avaliação ao estado de conservação.

Elemento da envolvente	Zona	Referência da verificação	Classificação		
			1	Existem evidências de condensações nos paramentos interiores em mais de 50%.	
			S/CLASS.		
			Notas		
			4	Bom estado. Sem necessidade de intervenção.	
			3	Limpeza e pequena reparação de pintura, estanqueidade das folhas ou vidros. Substituição parcial de ferragem ou mecanismos de acionamento. Substituição total até 10%.	
			2	Reparação generalizada com substituição até 50%.	
			1	Degradação importante. Substituição superior a 50%.	
			S/CLASS.	Risco eminente de queda para a via pública.	
			Notas		
	A.2. Caixilharia / Envidraçados	A.2.7. Caixilharia		4	Duplos, em bom estado. Vedações em boas condições.
				3	Duplos, em bom estado. Vedações em más condições.
				2	Simple, em bom estado. Vedações em más condições.
				1	A necessitar substituição ou fissurados.
				S/CLASS.	Vidros partidos.
				Notas	
				3	Problemas pontuais ocasionados por penetração accidental de água.
				2	Evidência de infiltrações pontuais de água nas ombreiras e parte inferior do peitoril. Peitoril sem inclinação
				1	Graves problemas de infiltração de água. Peitoril sem dispositivo de drenagem de água ou proteção interior.
				S/CLASS.	
				Notas	
B. Cobertura	B.1. Zona comum	B.1.10. Revestimento	4	Revestimento em bom estado de conservação e limpeza.	

Quadro 6 – Ficha técnica de avaliação ao estado de conservação.

Elemento da envolvente	Zona	Referência da verificação	Classificação	
			3	Falta de manutenção necessitando pequenas reparações em peças e acessórios nomeadamente cumeeiras, remates perimetrais, etc. Recomenda-se a fixação ou substituição dos elementos de revestimento até 10%. Substituição dos elementos de suporte degradados até 10%.
			2	Estado de degradação importante, necessitando reparações generalizadas com substituição de elementos de revestimento ou reconstrução da cobertura até 50%. Substituição dos elementos de suporte degradados até 50%. Refazer pendente da cobertura.
			1	Degradação generalizada. Vegetação parasitária. Necessidade de reparação ou substituição total.
			S/CLASS.	Risco de queda de elementos na via pública. Problemas graves de infiltração de água.
			Notas	
		B.1.11. Tipo de cobertura	4	Cobertura com isolamento térmico e estrutura contínua estável e em bom estado de conservação. Cobertura com estrutura descontínua, fortemente ventilada e isolamento térmico colocado sobre a laje de esteira.
			3	Cobertura com estrutura contínua, estável, em bom estado de conservação, sem isolamento térmico.
			2	Cobertura com estrutura descontínua, estável, em bom estado de conservação, sem isolamento térmico.
			1	Cobertura com estrutura descontínua, não estável, em mau estado de conservação, sem isolamento térmico.
			S/CLASS.	Risco de ruína eminente da cobertura.
			Notas	
			B.1.12. Infiltrações	4
		3		Infiltrações de água muito pontuais e devidas a acidentes.
		2		Infiltrações graves e localizada.
		1		Infiltrações graves generalizadas.

Quadro 6 – Ficha técnica de avaliação ao estado de conservação.

Elemento da envolvente	Zona	Referência da verificação	Classificação	
			S/CLASS.	Infiltração grave de água, colocando em causa a segurança estrutural. Riscos elétricos associados à infiltração de água.
			Notas	
			4	Ligações existentes estanques e em bom estado de conservação.
			3	Ligações existentes estanques e em mau estado de conservação. Necessidade de substituição até 10%.
			2	Ligações deficientes, não estanques. Necessidade de substituição até 50%.
			1	Ligações inexistentes. Necessidade de substituição superior a 50%.
	S/CLASS.	Riscos elétricos associados à infiltração de água.		
	Notas			
	B.2. Elementos salientes	B.2.13. Ligações com elementos salientes	4	Capeamentos das platibandas existentes estanques e em bom estado de conservação.
			3	Capeamentos das platibandas existentes estanques e em mau estado de conservação. Necessidade de substituição até 10%.
			2	Capeamentos das platibandas deficientes, não estanques. Necessidade de substituição até 50%.
			1	Capeamentos das platibandas inexistentes. Necessidade de substituição superior a 50%.
			S/CLASS.	Capeamentos das platibandas soltos e em risco de queda para a via pública.
			Notas	
	B.3. Drenagem das águas pluviais	B.3.15. Caleiras	4	Caleiras exteriores com funcionamento eficaz. Bom estado de conservação e limpeza.
			3	Caleiras exteriores limpas e com funcionamento eficaz. Revestimento a necessitar reparação.
			2	Caleiras interiores limpas e com bom funcionamento. Caleiras exteriores com funcionamento deficiente ou com necessidade de substituição até 10%. Sistema de fixação degradado.

Quadro 6 – Ficha técnica de avaliação ao estado de conservação.

Elemento da envolvente	Zona	Referência da verificação	Classificação	
		B.3.16. Tubos de queda	1	Caleiras inexistentes ou com falta de peças. Caleiras interiores entupidas ou com funcionamento deficiente. Evidência de transbordo das águas pluviais para o interior.
			S/CLASS.	Sistema de fixação deficiente. Risco de queda para a via pública.
			Notas	Observam-se evidências de infiltrações graves nas zonas de descarga e união com tubos de queda.
			4	Tubos de queda exteriores com funcionamento eficaz. Bom estado de conservação e limpeza.
			3	Tubos de queda exteriores com funcionamento eficaz. Revestimento a necessitar de reparação.
			2	Tubos de queda interiores, com ralos limpos e com bom funcionamento. Tubos de queda exteriores com funcionamento deficiente ou com necessidade de substituição até 50%.
			1	Tubos de queda inexistentes ou com falta de peças. Tubos de queda interiores entupidos ou com funcionamento deficiente. Evidência de infiltração de águas pluviais para o interior.
			S/CLASS.	Sistema de fixação deficiente. Risco de queda para a via pública.
			Notas	
		B.3.17. Ligação à rede de águas pluviais	4	Caixa de areia e ligação à rede geral de drenagem de águas pluviais.
			3	Caixa de areia e ligação à valeta com tubagem embebida no passeio.
			2	Caixa aberta e ligação a valeta com tubagem embebida no passeio.
			1	Queda livre de águas pluviais junto à base das paredes dos edifícios.
			S/CLASS.	
			Notas	

3.1.4. MEDIDAS DE INTERVENÇÃO

A reabilitação é a forma de atuação cada vez mais assumida no contexto urbano, por apontar numa direção que ultrapassa a recuperação física do edifício, procurando dar-lhe uma nova vida e adequá-lo às novas exigências de conforto e segurança (Flores e Brito, 2004).

As medidas de intervenção serão definidas de acordo com as anomalias ou deficiências identificadas no levantamento de avaliação ao estado de conservação. As medidas a considerar, apresentadas no quadro 7 incluem a reparação dos elementos, mantendo as soluções construtivas ou alterando tendo em conta a proteção do património construído, a promoção do comportamento passivo energético e a perspetiva de baixos custos no ciclo de vida, seguindo as linhas orientadoras do LiderA.

Quadro 7 – Medidas de intervenção

Elemento da envolvente	Zona	Medidas
A. Elementos verticais	A.1. Parte opaca	Reparação da solução construtiva existente.
		Substituição dos revestimentos.
		Aplicação de isolamento no exterior.
		Aplicação de isolamento no interior.
	A.2. Caixilharia / Envidraçados	Reparação da solução construtiva existente. Substituição das caixilharias.
B. Cobertura	B.1. Zona comum	Reparação da solução construtiva existente.
		Aplicação de isolamento térmico no interior das vertentes.
		Instalação de janelas na cobertura.
	B.2. Elementos salientes	Reparação da solução construtiva existente.
	B.3. Drenagem das águas pluviais	Reparação da solução construtiva existente.

3.1.5. TEMPO DE VIDA ÚTIL

Considera-se o tempo de vida de um edifício o período desde a sua construção até a sua demolição, sendo portanto superior ao tempo de vida útil que, segundo a ISO 15686-1 (1998) é definido pelo cumprimento dos requisitos mínimos de desempenho do edifício ou dos seus elementos. A vida útil termina quando deixa de haver essa correspondência em condições económicas viáveis, por degradação física ou pela falta de requisitos legais de mercado (certificação energética por exemplo).

A vida útil de um edifício pode ser estimada pelo método fatorial preconizado na ISO 15686-1 (1998), baseado num tempo de vida útil de referência (VUR) afetada por fatores determinísticos relacionados a diferença entre as condições específicas e as de referência (Gaspar *et al.*, 2002). Do ponto de vista económico, a vida útil de um edifício está relacionada com a sua taxa de amortização, que no caso de edifícios habitacionais e comerciais é de 2% (POC, 1990), pelo que o tempo de vida mínimo para um edifício de habitação é de 50 anos. A vida útil pode sofrer alterações ao estimado em diferentes fases do ciclo de vida, sendo condicionada pela eficácia de *design*, durabilidade dos seus elementos, qualidade de fabrico e produção, restrições em termos de custos e frequência das operações de manutenção ou substituição (Boussabaine e Kirkham, 2004).

As medidas propostas pretendem aumentar a vida útil do edifício. O horizonte temporal considerado para a ACV está relacionado ao tempo de vida útil de referência (VUR) dos elementos e soluções preconizadas. A abordagem de vários autores referente ao tempo de vida útil para os elementos em análise é apresentada no quadro 8 (adaptado de Sofia Real, 2009; Ana Pinto, 2011 e Morgado, 2012).

Quadro 8 – Vida útil de referência (VUR) dos elementos da envolvente.

	Elemento	VUR (anos)	
		Min	Max
Revestimentos	Reboco tradicional	20	40
	ETICS	30	40
	Pintura	4	10
Caixilharias	Alumínio	20	58
	Madeira	10	40
	Vedantes	3	20
	Vidros	10	40
Cobertura	Revestimento cerâmico	20	64
	Estrutura	30	84
	Isolamento sintético	35	40
	Membranas betuminosas	15	30

3.1.6. PLANOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção, tal como a reabilitação, tem o seu principal interesse no prolongamento da vida útil do edifício. (Lamelas, 2010). A norma ISO 15686-1 (1998) define a manutenção como a “*combinação de ações técnicas e administrativas associadas, que durante a sua vida útil conservam o edifício ou os seus componentes, num estado em que consiga desempenhar as funções requeridas*”.

As estratégias de manutenção dividem-se genericamente em duas abordagens: **reativas e pró-ativas**:

Uma abordagem **reativa** assume os mecanismos de degradação e as operações de manutenção ocorrem apenas quando as anomalias se manifestam. Este tipo de estratégia comporta em geral maiores custos devido ao carácter de urgência das intervenções e à imprevisibilidade do grau de degradação. Implica maiores riscos e prejuízos para os utilizadores e do próprio imóvel.

As estratégias **pró-ativas** assumem um carácter periódico, através do planeamento de ações de limpeza, inspeção e reparação que reduzem a probabilidade de um elemento deixar de cumprir as exigências durante o tempo de vida previsto.

Flores (2002), indica que qualquer estratégia do tipo preventivo esta associada a comportamentos teóricos, no entanto, na perspetiva da análise dos custos do ciclo de vida de várias soluções, assume importância prever comportamentos e associar custos que facilitam a comparação. A manutenção preventiva permite planear operações de manutenção e custos, reduzindo o incómodo da execução dos trabalhos não previstos.

Segundo Flores, a estratégia de manutenção preventiva deverá ser definida através dos seguintes dados de base:

- Vida útil de cada elemento;
- Exigências;
- Anomalias relevantes;
- Causas prováveis;
- Caracterização dos mecanismos de degradação;
- Sintomas de pré-patologia;
- Escolha das operações de manutenção;
- Análise de registos históricos;
- Comparação com o comportamento em outros edifícios;
- Recomendações técnicas dos projetistas, fabricantes / fornecedores, etc.;
- Custos das operações.

Os planos de manutenção adotados seguem os princípios de uma estratégia preventiva, permitindo a comparação dos custos futuros estimados das soluções consideradas, baseados em indicadores de comportamento ao longo da vida da construção, como a previsão de anomalias, definição das intervenções e a sua periodicidade.

REVESTIMENTOS

Segundo Flores (2002), um plano de manutenção que inclua reparações ligeiras e limpeza a cada 1/3 da vida útil de referência permite alargar a vida útil estimada do reboco exterior para 40 anos. Falorca (2004) sugere que um sistema ETICS pode seguir as mesmas estratégias. Segundo especialistas do mercado, o sistema de ETICS apresenta maior durabilidade comparativamente a um sistema tradicional de reboco, apontando a natureza flexível da camada de isolamento no sistema ETICS como fator de redução de fissuração do revestimento exterior.

O plano considerado para o revestimento exterior inclui a reparação de 10% do reboco a cada 10 anos com limpeza e pintura a cada 5 anos e substituição total aos 30 anos. Desconhece-se o tempo de vida do revestimento existente, no entanto não houve qualquer intervenção nos últimos 20 anos. Pelo que se considera que a intervenção que mantém a solução existente estende em 10 anos a sua vida útil sendo substituída no 10º ano do horizonte considerado. O sistema ETICS segue o mesmo plano de intervenção assumindo-se um tempo de vida útil de 40 anos. Para o revestimento interior, estando mais protegido das ações de desgaste, considera-se um plano com reparação de 5% do reboco interior a cada 10 anos, com limpeza e pintura a cada 5 anos, sem substituição antes dos 40 anos.

CAIXILHARIAS

O plano para as caixilharias segue as linhas orientadoras dos autores: Gomes (2007) citado por Real (2009), considera que a caixilharia de alumínio tem capacidade para durar 50 anos seguindo um plano de manutenção que inclua afinação e lubrificação anualmente, eventual substituição de vedantes a cada 10 anos e elementos de ferragem a cada 20 anos. Soares (2012) indica a necessidade de pintura da estrutura das caixilharias de madeira a cada 5 anos.

COBERTURA

As soluções apresentadas para a cobertura diferem na aplicação de isolamento térmico. Não sendo objetivo deste trabalho a análise aprofundada dos planos de manutenção e considerando que o isolamento térmico não altera os custos de manutenção e tem a mesma VUR que a cobertura, os custos associados a reparação das vertentes da cobertura não são considerados. Este critério aplica-se também às medidas de intervenção do sistema de drenagem e ligações aos elementos salientes.

3.2. DESEMPENHO E CUSTOS NO CICLO DE VIDA

3.2.1. DESEMPENHO ENERGÉTICO

De acordo com o REH, o edifício insere-se na categoria de pequenos edifícios de serviços e é abrangido pelo regime de exceção dos sistemas de certificação energética, como edifício histórico em vias de classificação e com mais de 30 anos (ADENE, 2015). Apesar da escusa ao cumprimento do regulamento, propõem-se avaliar o desempenho energético do edifício através da metodologia do REH, uma vez que se trata da metodologia legal em vigor e pretende-se a comparação e aproximação das características de desempenho a situações atuais.






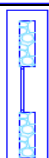


O cenário de utilização aplicado é o previsto para a categoria do edifício na metodologia aplicada, com temperatura de referência de inverno a 20°C e temperatura de referência de verão a 25° e 50% de humidade relativa do ar (ADENE, 2015). A zona do edifício, com uma altitude média de 55m, corresponde a zona climática de inverno I1, de verão V3, e região A de exposição ao vento com rugosidade do terreno tipo I. Para aplicação da metodologia foi utilizada a folha de cálculo versão V1.10 (2014) desenvolvida pelo Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção – IteCons.

As características do comportamento térmico das soluções construtivas consideradas para a análise de desempenho energético, apresentados no quadro 9, seguiram as orientações de cálculo e valores tabelados nas publicações do LNEC para edifícios correntes, “Coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente dos edifícios, ITE50” e de edifícios antigos, “Coeficientes de transmissão térmica dos elementos opacos da envolvente dos edifícios, ITE54”.

As soluções sem aplicação de isolamento térmico ou substituição da solução construtiva mantêm as características dos elementos existentes: paredes de alvenaria ordinária (sem isolamento), cobertura inclinada (sem isolamento) e caixilharias de madeira com vidro simples, constituindo a situação atual de referência na análise de desempenho.

Os materiais ou sistemas considerados nas soluções de melhoria do comportamento passivo, foram definidos por seleção de práticas correntes do mercado e dimensionados tendo em consideração aos coeficientes de referência no REH para cada elemento.

Quadro 9 – Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas avaliadas

Elemento	U solução (W/m ² .°C)	U referência REH (W/m ² .°C)	
 Paredes de alvenaria ordinária	1,60		
 Paredes de alvenaria ordinária com isolamento no exterior (1)	0,53	0,50	
 Paredes de alvenaria ordinária com isolamento no interior (2)	0,52		
		Asc.	Desc.
 Cobertura inclinada	3,80	2,50	
 Cobertura inclinada com isolamento pelo interior das vertentes (3)	0,44	0,42	0,40
 Caixilharia de madeira e vidro simples 4mm. Classe permeabilidade n.d. g.=0,88. g.=0,3	4,30		
 Caixilharia de alumínio com corte térmico e vidro duplo 4-16-5 mm. Classe permeabilidade 3. g.=0,78. g.=0,35	2,70	2,90	
 Janela de cobertura em madeira e vidro duplo 4-16-4 mm. Classe permeabilidade 3. g.=0,78. g.=0,08	2,80		

- Solução com isolamento exterior das paredes: Revestimento isolante térmico contínuo de base mineral "weber.therm mechanic", $\lambda=0,042$ W/m.°C. Espessura da camada de isolamento: 60 mm (Saint-Gobain, 2014).

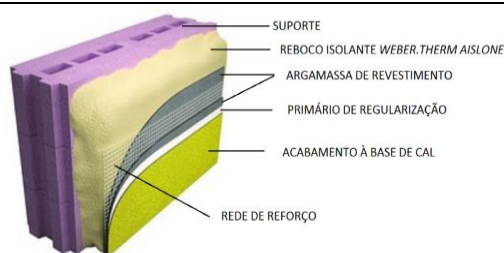


Figura 13 – Solução com isolamento exterior das paredes (Saint-Gobain, 2014).

- Solução com isolamento interior das paredes: Placas de EPS, $\lambda=0,040$ W/m.°C. Espessura da camada de isolamento: 60 mm.

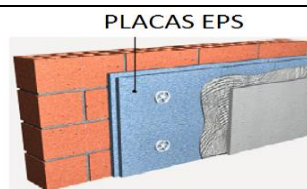


Figura 14 – Solução com isolamento interior das paredes (CYPE 2015)

3. Solução com isolamento interior das vertentes da cobertura: Placas de XPS, $\lambda=0,037$ W/m.°C. Espessura da camada de isolamento: 100 mm.

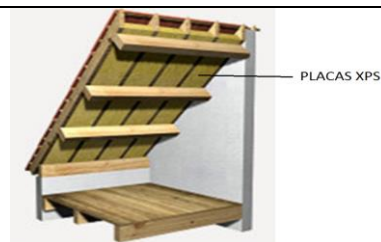


Figura 15 – Solução com isolamento interior das vertentes da cobertura (CYPE 2015)

3.2.2. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade das medidas propostas é avaliada através dos critérios do LiderA apresentados no quadro 10, de acordo com as vertentes e áreas a que respeitam, nomeadamente o património cultural, consumos de energia e custos no ciclo de vida. A metodologia de avaliação segue os limiares descritos no quadro 11, sendo cada critério classificado de acordo com o descrito no quadro 12.

Quadro 10 – Critérios do LiderA a avaliar (LiderA, 2011)

LIDERA 2.00		LIDERA SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE - CRITÉRIOS PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL			
Vertente	Área	Critério		Como medir	Linhas de boa prática
Integração Local	Paisagem e Património	Proteção e valorização do património	C6	Avaliar e quantificar as medidas que se propõem ao nível da proposta e que contribuem para preservação e valorização do património envolvente.	Fomenta-se o restauro/reabilitação do património construído ou natural e o uso adequado ao tipo de funções que se pretendem integrar.
		Recursos	Energia	Eficiência nos consumos - Certificação energética	C7
		Desenho passivo	C8	Estimar condições para o consumo energético proveniente exclusivamente de medidas bioclimáticas e de desempenho solar passivo.	Adotar práticas bioclimáticas e de desempenho solar passivo, para o Verão e Inverno.

Quadro 10 – Critérios do LiderA a avaliar (LiderA, 2011)

LIDERA 2.00		LIDERA SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE - CRITÉRIOS PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL			
Vertente	Área	Critério		Como medir	Linhas de boa prática
Vivência Socioeconómica	Custos no ciclo de vida	Custos no ciclo de vida	C40	Verificar a relação custo/qualidade dos equipamentos	Fomentar uma boa relação custo/qualidade dos materiais, equipamentos, sistemas e outros elementos existentes no edificado.

Quadro 11 – Limiares de medição (LiderA, 2011)

Critério	Limiares
C6	» Medidas que ao nível do edificado contribuem para preservação e valorização do património envolvente.
C7	» Classe energética do edifício em conformidade com o despacho nº 10250/2008 de 8 de Abril.
C8	<p>» Aplicação dos seguintes parâmetros:</p> <ol style="list-style-type: none"> Situação/Organização favorável face a outros edifícios ou condicionantes naturais - 1 crédito; Orientação a sul: [0 – 25]% das divisões principais - 1 crédito; [25 – 50]% das divisões principais - 2 créditos; [50 – 75]% das divisões principais - 3 créditos; [75 – 100]% das divisões principais - 4 créditos; Fator de forma inferior a 1,21 (que garanta o menor rácio Área envolvente/Volume interior) – 1 crédito; Isolamentos: Isolamento térmico das paredes (mínimo com 6 cm de isolamento) - 1 crédito para menos de 50% dos elementos e 2 créditos para mais de 50% dos elementos; Isolamento térmico da cobertura e pavimentos - 1 crédito para menos de 50% dos elementos e 2 créditos para mais de 50% dos elementos; Minimização ou eliminação de pontes térmicas - 1 crédito; Massa térmica da estrutura média a forte (valores de referência no RCCTE) - 1 crédito; Vãos exteriores: Vãos sombreados - na fachada Sul - 1 crédito entre [0 – 50]% dos vãos, 2 créditos para [50 – 100]%; - na fachada Norte (controlo da luz indireta) - 1 crédito entre [0 – 50]% dos vãos, 2 créditos para [50 – 100]%; - na fachada Oeste - 1 crédito entre [0 – 50]% dos vãos, 2 créditos para [50 – 100]%; - na fachada Este - 1 crédito entre [0 – 50]% dos vãos, 2 créditos para [50 – 100]%; Com vidros duplos com coeficiente de transmissão térmica adequado ou vãos envidraçados de bom desempenho - 2 créditos se for em [0 – 50] % dos vãos envidraçados, 3 créditos em [50 – 100]% dos vãos envidraçados; Caixilharia com estanquicidade a infiltrações de ar, coeficiente de transmissão térmica adequado e de corte térmico (verificar no certificado energético de acordo com a norma EN 12207): - Caixilharia de classe 1 e 2 - 1 crédito entre [0 – 50]% dos vãos, 2 créditos para [50 – 100]%; - Caixilharia de classe 3 e 4 - 2 créditos entre [0 – 50]% dos vãos, 4 créditos para [50 – 100]%; Fenestração seletiva (tanto ao nível da Área envidraçada vs orientação, como A.vãos/A.pavimento) - 1 crédito; Ventilação natural dos espaços interiores - 3 créditos entre [0 – 50]% dos espaços, 6 créditos para [50 – 100]%; Introdução de sistemas passivos: parede de trombe, geotermia, "efeito de estufa", entre outros (estes créditos poderão simultaneamente atribuídos caso tenham sido realizados estudos que comprovem que estes não são necessários para atingir as condições de conforto interiores) - 2 créditos se for em [0 – 50]% das divisões principais, 4 créditos se for em [50 – 100]% das divisões
C40	» Verificar a relação custo/qualidade das soluções através de fator de melhoria: <i>vida útil</i> <i>Pay-back</i>

Quadro 12 – Classes do LiderA (LiderA, 2011)

Classes / Critérios	C6	C7	C8	C40
A++	Assegura boas condições de conservação do imóvel classificado; Reabilitação estruturante em imóvel classificado; Reabilitado (100%)	SCE:A+ (>80% de desempenho)	Cumprimento de 27 créditos	10
A+	Assegura boas condições de conservação em situações em que o edificado tem aspetos interessantes a serem preservados Nacional/Municipal; Reabilitado (75%)	SCE:A+ (<=80% de desempenho)	Cumprimento de 23 créditos	4
A	Assegura boas condições de conservação para o edificado corrente em toda a área necessária a intervir; Reabilitado (50%)	SCE:A	Cumprimento de 19 créditos	2
B	Assegura boas condições de conservação para o edificado corrente em 75 % da área necessária a intervir; Património classificado municipal com necessidade de conservação	SCE:B	Cumprimento de 15 créditos	1,6
C	Assegura boas condições de conservação para o edificado corrente em 50% da área necessária a intervir; Património não classificado (fachadas e interiores com necessidades de crédito pontual superior a 10 anos)	SCE:B-	Cumprimento de 12 créditos	1,33
D	Assegura boas condições de conservação para o edificado corrente em 25% da área necessária a intervir; Preserva mas património não classificado (fachadas e interiores com necessidades de intervenção pontual superior a 5 anos)	SCE:C/D	Cumprimento de 9 créditos	1,14
E	Não se preserva nem se requalifica, mas mantém-se edifício existente ou então edifício novo.	SCE:E	Cumprimento de 6 créditos	1
F	-	SCE:F	Cumprimento de 3 créditos	0,89
G	Eliminação de todos os vestígios patrimoniais	SCE:G	Não há cumprimento de nenhum crédito	0,8

3.2.3. ANÁLISE DE CUSTO BENEFÍCIO

3.2.3.1. VALOR ACTUALIZADO LIQUIDO

Pretende-se avaliar o desempenho global das várias soluções de intervenção de reabilitação durante um espaço de tempo baseado no tempo de vida útil dos elementos analisados. Nesse sentido, calculam-se todos os custos de construção, manutenção e de energia atualizados ao ano 0 para cada solução com base nos pressupostos considerados.

$$VA = \frac{VF}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Com VA = Valor atual, VF = Valor futuro, r = taxa de desconto e t = instante de tempo.

Desprezam-se os custos que não estejam relacionados à reabilitação das paredes exteriores, caixilharias e cobertura do edifício ou que sejam transversais às várias soluções, ou seja, apenas são considerados os custos que permitem a comparação das soluções.

Utiliza-se o método do **Valor Atualizado Líquido (VAL)** para comparação das soluções, que constitui a soma de todos os *cashflows* positivos e negativos durante o período de análise, convertidos para o ser valor atual. A atualização dos custos permite a comparação dos custos diferidos durante os anos no período em estudo, considerando uma taxa de desconto (ou de atualização), r, que equivale os custos futuros a valores presentes. Esta taxa pode ser relacionada à inflação e ao risco (Real, 2009). O VAL é calculado em relação ao ano 0, que corresponde à fase de projeto e reabilitação (Real, 2009).

$$VAL = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

Com B_t = benefícios no ano t, C_t = custos no ano t, r = taxa de desconto, t = instante de tempo e n = horizonte temporal.

Os benefícios podem ser considerados diretos e indiretos (Mendes, 2011). Os benefícios diretos estão relacionados à melhoria do desempenho energético do edifício e são quantificados pela redução dos custos com consumos de energia elétrica, em relação a situação de referência, os indiretos englobam benefícios sociais e ambientais intangíveis que não são englobados nesta ACV.

3.2.3.2. PARÂMETROS E INDICADORES

Os **Custos de construção (CC)** e **custos de manutenção (CM)** constituem os preços compostos das intervenções que incluem todas as tarefas de execução que permitem a comparação entre as diferentes soluções. Os custos associados às soluções prescritas foram obtidos através do *software* gerador de preços, CYPE, e por consulta ao mercado em situações específicas de fabricantes ou como comparativo aos preços obtidos pelo gerador de preços. Os parâmetros para definição das intervenções condicionantes à geração de preços, consideram uma situação de mercado em recessão moderada, intervenção parcial de dificuldade moderada sem a presença de utilizadores no edifício, estado de conservação muito deficiente, condições de execução com espaço suficiente de armazenagem de materiais

e fácil acesso à obra.

Os **Custos de energia (CE)** referem-se ao consumo de energia elétrica fornecida através da rede elétrica nacional, considerada a única fonte de energia para funcionamento dos sistemas térmicos no edifício. Esta é resultado da soma das necessidades de aquecimento e arrefecimento quantificadas na avaliação de desempenho energético pela metodologia do REH. O preço considerado para a energia elétrica é de 0,1602 €/kWh, correspondente à tarifa simples publicada pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, em regime de baixa tensão normal e potência contratada <20,7kVA e >= 6,9kVA (ERSE, 2015).

Para a atualização dos valores aplica-se uma **taxa de atualização (r)** com *cashflows* a preços constantes. Como referência, Flores (2002) aplica 3,7%, Gomes (2007) 6%, Soares (2010) 7%, Limão (2007) 5% e 2% e Mendes (2011) 6%. Nesta dissertação a taxa de atualização admitida é de 2%.

O **horizonte temporal (n)** considerado para a análise é de 40 anos e constitui o período de estudo.

A solução com VAL superior no estudo é considerada a mais eficiente na ACV. A situação de referência no representa um VAL=0. O **período de retorno (PAY-BACK)** indica o tempo necessário para que os benefícios igualem o investimento e é identificado pelo ano em que o *cashflow* acumulado do VAL de cada solução se torna positivo. Considera-se que uma solução é viável se o período de retorno for inferior ao período do estudo.

Para cada solução é também avaliada a **Razão Custo-Benefício (RCB)** que expressa a relação entre *cashflows* positivos atingidos e o aumento de investimento sobre a situação de referencia. $RCB > 1$ (ou $> 100\%$) significa que os benefícios obtidos são superiores ao investimento e o VAL é positivo (Mendes, 2011).

$$RCB = \frac{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (3)$$

com B_t = benefícios no ano t , C_t = custos no ano t , r = taxa de desconto, t = instante de tempo e n = horizonte temporal.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO

A seleção do edifício teve como critérios a proximidade de residência, pelo potencial de valorização do património histórico com aproveitamento para a população e pelo apreço ao serviço prestado pela instituição. O Jardim de Infância do Cartaxo (JIC) é uma Instituição Particular de Solidariedade Social que presta apoio social e educativo a crianças. Localiza-se no concelho e freguesia de Cartaxo, com morada em Av. Calouste Gulbenkian, 2070-010 Cartaxo. Abrange três respostas sociais: Creche, Pré-Escolar e Centro de Atividades de Tempos Livres e são acolhidas crianças desde os 4 meses até aos 10-12 anos de idade. Presta ainda serviços de fornecimento de almoços às escolas do concelho e cedência de espaços para atividades de enriquecimento curricular.



O edifício sede - Edifício JIC (Figura 13), objeto do caso de estudo, é uma antiga casa senhorial adquirida para a fundação da Instituição. Constituído por 3 pisos, piso térreo de escritórios, refeitório e cozinha, piso 1 com 6 salas e 2 casas de banho e o ultimo piso de águas fur-tadas com salão nobre multiusos e sala de arrumos. Está inserido num lote inserido em zona urbana que inclui ainda anexos, garagens e jardim (Figura 14). Em

fase operacional, teve cerca de 120 crianças e funcionários como utilizadores diários. Encontra-se sem utilização desde há cerca de 15 anos por razões que se prendem ao desenvolvimento das atividades da própria instituição e apresenta falta de condições de habitabilidade devido ao seu estado de conservação. Não foi possível obter informações sobre os dados de consumo de energia elétrica e água em

Figura 13 - Edifício JIC (Fonte: JIC)

fase de utilização, pelo que se considera como padrão

de referência os consumos estimados pela metodologia do REH, no cenário de utilização de acordo com a tipologia do edifício. Tendo em conta as suas características, o seu aproveitamento poderá constituir uma oportunidade importante para a população do concelho do Cartaxo, havendo, entre outros, um projeto para a instalação de uma universidade sénior.

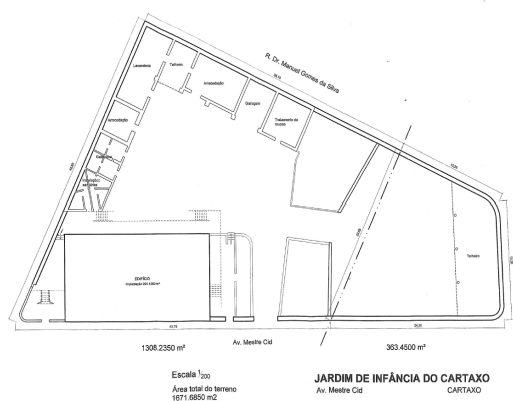


Figura 14 – Implantação do edifício JIC (Fonte: JIC)



Figura 15 – localização do edifício (Fonte: google maps)

O edifício em estudo, localizado na Av. Mestre Cid, 2070 Cartaxo (Figura 15) estilo arte-nova, insere-se num conjunto de construções nobres da responsabilidade do Mestre de Obras Júlio Augusto Marques no início do séc. XX, que retratam uma época de forte desenvolvimento económico na localidade do Cartaxo. O quadro 13 apresenta a descrição geral do edifício.

Quadro 13 - Descrição geral do edifício

Elemento	Descrição	Áreas
Lote	Zona urbana. Inclui o edifício, anexos, arruamentos e logradouro.	1672 m ²
Edifício	Edifício de serviços constituído por 3 pisos, de construção isolada e geometria regular retangular.	Implantação: 225 m ² ; Área bruta de construção: 675 m ²
Paredes exteriores	Alvenaria ordinária de pedra calcária, rebocadas e pintadas (e=0,60m). Cantarias em pedra calcária nos remates de canto, adornos e aberturas de vãos.	372 m ²
Paredes interiores	Paredes divisórias em tabique estucadas e pintadas (e=0,15m).	993 m ²
Aberturas dos vãos	Caixilharias em madeira com vidro simples (e=4mm).	91,6 m ²
Cobertura	Cobertura inclinada (i=40°) de duas vertentes em estrutura de madeira e revestimento em telha cerâmica lusa.	280 m ²
Piso térreo	Laje em betão.	Área útil: 165 m ²
Piso 1	Laje em estrutura metálica e abobadilha cerâmica, reforçada com vigas em betão armado.	Área útil: 174 m ²
Piso de águas furçadas	Laje em estrutura de madeira.	Área útil: 180 m ²

Desde a sua construção, destacam-se as intervenções no edifício:

- Colocação de tirantes metálicos entre as fachadas ao nível da cobertura, como medida de reforço do comportamento sísmico, após a ocorrência de um sismo nos anos 50, que provocou algumas fendas nas fachadas;
- Reconfiguração dos espaços interiores no acolhimento da fundação do JIC, nos anos 70;
- Introdução de vigas pré-fabricadas de betão armado como reforço da laje do piso 1.
- Inexistência de manutenção aos elementos da envolvente externa pelo menos nos últimos 15 anos.

4.2. AVALIAÇÃO E DIAGNÓSTICO

Através de inspeção visual direta fez-se o levantamento ao estado de conservação do edifício, seguindo os aspetos a verificar nas fichas técnicas de avaliação, avaliando-se o cumprimento dos requisitos dos elementos. As anomalias são analisadas e descritas nas fichas técnicas de diagnóstico (quadro 14 a 24), servindo de suporte às classificações atribuídas ao estado de conservação sendo o diagnóstico fundamental para a correta definição das soluções de intervenção. Além da correção da anomalia, é importante perceber as causas da sua origem, para que as medidas de intervenção permitam aumentar a qualidade dos elementos e alargar o tempo de vida útil aos menores custos possíveis.



Quadro 14 – Ficha técnica de diagnóstico 1

Elementos: Paredes – Parte opaca, varandas e cobertura.		Ficha nº 1	
REF.^{as} das verificações: A.1.1; A.1.2; A.1.3; B1.10.		Data da inspeção: 15.3.15	
Anomalia: Biodeterioração			
Descrição	Imagens		
<p>Colorações escuras e vegetação nas zonas de escurrimto de água e de maior retenção de humidade, indicando a existência de fungos e acumulação de poeiras.</p> <p>As cantarias e o revestimento das paredes apresentam cerca de 50% da sua área afetada. A face inferior das varandas e o revestimento cerâmico da cobertura apresentam a existência de vegetação e fungos de forma generalizada.</p>			
Causas prováveis			
<p>Falta de manutenção de limpeza.</p> <p>Existência e acumulação de humidade.</p>			





Quadro 15 – Ficha técnica de diagnóstico 2

<p>Elementos: Paredes – Parte opaca. REF.^{as} das verificações: A.1.1; A.1.2;</p>		<p>Ficha nº 2</p>
<p>Anomalia: Lixiviação e descasque.</p>		<p>Data da inspeção: 15.3.15</p>
<p>Descrição</p>	<p>Imagens</p>	
<p>Desgaste da pintura com algum descasque do revestimento exterior em cerca de 50% da área das fachadas.</p>		
<p>Causas prováveis</p>		
<p>Desgaste pelos agentes erosivos e penetração de água no reboco, empolando a tinta existente provocando o seu descasque. Falta de manutenção de pintura.</p>		



Quadro 16 – Ficha técnica de diagnóstico 3

Elementos: Paredes – Parte opaca. REF.^{as} das verificações: A.1.1; A.1.2.		Ficha nº 3
Anomalia: Desagregação e fissuração.		Data da inspeção: 15.3.15
Descrição	Imagens	
<p>Fissuração do reboco com desagregação de elementos de alvenaria, calcários e argamassas em cerca de 10% da área total das paredes exteriores. Inexistência de material sobre juntas entre elementos da alvenaria de pedra.</p>		
Causas prováveis		
<p>Contrações e dilatações térmicas e higrométricas que causam tensões no reboco provocando fendilhação. Acumulação de tensões. Penetração de água e dissolução dos sais. (fig. Inferior direita) Corrosão dos fixadores metálicos (Reação expansiva) provocando a fendilhação e fratura da pedra de calcário. (fig. Inferior esquerda) Impactos em zonas de circulação.</p>		



Quadro 17 – Ficha técnica de diagnóstico 4

<p>Elementos: Paredes – Parte Opaca.</p> <p>REF.^{as} das verificações: A.1.1; A.1.2.</p>		<p>Ficha nº 4</p>	
<p>Anomalia: Fendas com origem ou que afetam o suporte.</p>		<p>Data da inspeção: 15.3.15</p>	
<p>Descrição</p>	<p>Imagens</p>		
<p>Fendas verticais com desenvolvimento sobre aberturas na fachada e espessura > 0,2mm e <6mm. Aparentemente estabilizadas, no entanto é conveniente a confirmação através de fissurómetro ou fitas de controlo. Verifica-se a intervenção de reparação em algumas zonas, no entanto denota-se pouca aderência dos materiais de preenchimento. A abertura de fendas tem afetação inferior a 10% da área das paredes.</p>			
<p>Causas prováveis</p>	<p>O desenvolvimento vertical de cima para baixo, sobre zonas mais frágeis, sugere a ocorrência de esforços de corte perpendicular à fachada por movimentos do solo provocando movimentos diferenciais na estrutura devido à sua fraca 'solidarização' em comportamento sísmico, sendo mais suscetível aos esforços no maior vão, neste caso as fachadas.</p>		
			

Quadro 18 – Ficha técnica de diagnóstico 5

<p>Elementos: Paredes – varandas.</p> <p>REF.^{as} das verificações: A.1.3.</p>		<p>Ficha nº 5</p>	
<p>Anomalias: Corrosão; fendilhação e desagregação</p>		<p>Data da inspeção: 15.3.15</p>	
<p>Descrição</p>		<p>Imagens</p>	
<p>Corrosão dos elementos metálicos com necessidade de substituição superior a 50%. Fendilhação e desagregação generalizada do reboco das abobadilhas cerâmicas e do revestimento superior de betão da laje. Fendilhação com perda acentuada de material nas vigas de betão.</p>			
<p>Causas prováveis</p> <p>Fendilhação generalizada na superfície superior da laje por retração do betão ou deformação vertical dos elementos.</p> <p>Penetração e escoamento de água para o interior da laje, desencadeando a corrosão dos elementos metálicos e a dissolução dos sais das argamassas.</p> <p>A corrosão é uma reação expansiva que cria tensões nos materiais provocando a fendilhação das argamassas de revestimento.</p>			

Quadro 19 – Ficha técnica de diagnóstico 6

<p>Elementos: Paredes – Parte Opaca (Interior). REF.^{as} das verificações: A.1.4; A.1.6.</p>		<p>Ficha nº 6</p>
<p>Anomalia: Criptoflorescências e eflorescências, desagregação.</p>		<p>Data da inspeção: 15.3.15</p>
<p>Descrição</p>	<p>Imagens</p>	
<p>Formação de sais solúveis à superfície e no interior do revestimento do suporte. Desagregação do revestimento em cerca de 10% da área total interior das paredes.</p>		
<p>Causas prováveis</p>		
<p>Humidades ascendentes do solo. Infiltrações através da fendilhação e fissuração no revestimento exterior. Deficiente isolamento e ventilação. Dissolução dos sais da argamassa de reboco.</p>		

Quadro 20 – Ficha técnica de diagnóstico 7

Elementos: Paredes – Envidraçados/Caixilharia REF.^{as} das verificações: A.2.7; A.2.8; A.2.9.		Ficha nº 7
Anomalia: Descasque do revestimento da madeira, vidros quebrados ou fissurados, elementos metálicos com corrosão.		Data da inspeção: 15.3.15
Descrição	Imagens	
<p>A caixilharia apresenta descasque generalizado do revestimento de pintura e alguns empenamentos. Os vidros quebrados ou fissurados com necessidade de substituição total. Corrosão nas ferragens e nos elementos guarda corpos dos parapeitos com necessidade de substituição inferior a 10%.</p> <p>Entrada de água para o interior.</p>		
Causas prováveis		
<p>Contacto com água.</p> <p>Variações volumétricas associadas a movimentos diferenciados entre os diferentes materiais, provocando a fissuração das pintura de proteção.</p>		

Quadro 21 – Ficha técnica de diagnóstico 8

Elementos: Cobertura – Zona comum.		Ficha nº 8
REF.^{as} das verificações: B1.10; B1.11; B1.12.		
Anomalia: Abertura de juntas e empenamentos		Data da inspeção: 15.3.15
Descrição	Imagens	
<p>A cumeeira da cobertura apresenta aberturas com afastamento entre os ripados do manto e a viga de cumeeira. Destacamento das telhas de revestimento e desagregação da argamassa das juntas na cumeeira em cerca de 2-3m (cerca de 15% do comprimento). Empenamentos localizados de elementos em madeira da estrutura de suporte (cerca de 10% dos barrotes).</p>		
Causas prováveis	 	
<p>Deficiente isolamento na cumeeira e entrada de água pelas juntas de argamassa do revestimento da cobertura. Contacto prolongado dos elementos de madeira com água e ciclos de molhagem-secagem, provocando a variação de volume e empenamento da madeira. Desagregação das juntas de argamassa permitindo a infiltração progressiva de água.</p> <p>Movimentos diferenciais nas paredes de fachada provocando o arrastamento dos elementos da estrutura de suporte.</p>		



Quadro 22 – Ficha técnica de diagnóstico 9

<p>Elementos: Cobertura – Zona comum. REF.^{as} das verificações: B1.11; B1.12.</p>		<p>Ficha nº 9</p>	
<p>Anomalia: Fratura, empenamento e podridão.</p>		<p>Data da inspeção: 15.3.15</p>	
<p>Descrição</p>		<p>Imagens</p>	
<p>Fratura do frechal e ripados. Evidências de empenamentos e podridão de elementos de madeira da estrutura de suporte da cobertura nas zonas de apoio à parede resistente, representando cerca de 10% do volume total dos elementos estruturais de madeira.</p>			
<p>Causas prováveis</p> <p>Mau estado dos capeamentos das platibandas. Fissuração no exterior das paredes. As infiltrações de água provocam a desagregação da parede por dissolução dos sais e em conjunto com os ciclos de molhagem-secagem o empenamento e podridão na madeira, reduzindo a capacidade de carga dos elementos.</p> <p>A fissuração e desagregação da parede resistente compromete o apoio da estrutura de suporte na parede, provocando deslocamentos diferenciais na estrutura e consequentemente fissuração, fratura e empenamento dos elementos de madeira.</p>			

Quadro 23 – Ficha técnica de diagnóstico 10

Elementos: Cobertura – Zona comum e elementos salientes. REF.^{as} das verificações: B.1.12; B.2.13; B.2.14.		Ficha nº 10
Anomalias: Fissuração, desagregação e descolamento.		Data da inspeção: 15.3.15
Descrição	Imagens	
<p>Fissuração e desagregação do revestimento das paredes com pontuais descolamentos, essencialmente nas zonas dos cantos da cobertura, representando cerca de 10% da área total de paredes. Evidência de infiltrações nas zonas de encontro com as caleiras e ligações aos tubos de queda.</p>		
Causas prováveis		
<p>Infiltrações de água Mau estado dos capeamentos das platibandas das platibandas da cobertura. Deficiências no funcionamento das caleiras interiores e ligações aos tubos de queda. Transbordo de águas nas extremidades das caleiras – Evidências de entupimentos. Fissuração nos revestimentos e alvenarias no exterior das paredes.</p>		

Quadro 24 – Ficha técnica de diagnóstico 11

<p>Elementos: Cobertura – Elementos salientes e drenagem das águas pluviais.</p> <p>REF.^{as} das verificações: B.2.13; B.2.14; B3.15; B3.16; B3.17.</p>	<p>Ficha nº 11</p>	
<p>Anomalia: Acumulação de água, infiltrações e marcas de escorrimentos.</p>	<p>Data da inspeção: 15.3.15</p>	
<p>Descrição</p>	<p>Imagens</p>	
<p>Mau funcionamento do sistema de drenagem de águas pluviais, com evidência de acumulação e infiltração de água nas paredes nas zonas adjacentes ao escoamento das caleiras e das ligações aos tubos de queda exteriores. Mau estado ou inexistência de capeamentos das platibandas.</p>		
<p>Causas prováveis</p>		
<p>Falta de manutenção de limpeza (o exterior da cobertura tem acesso e circulação difíceis, tornando-se um entrave às tarefas periódicas de manutenção)</p> <p>Acumulação de vegetação nas caleiras.</p> <p>Falhas nos capeamento das platibandas.</p> <p>Falhas nas ligações interiores das caleiras aos tubos de queda.</p>		

No gráfico da figura 16 é retratada a presença dos principais agentes nos mecanismos de degradação das anomalias identificadas.

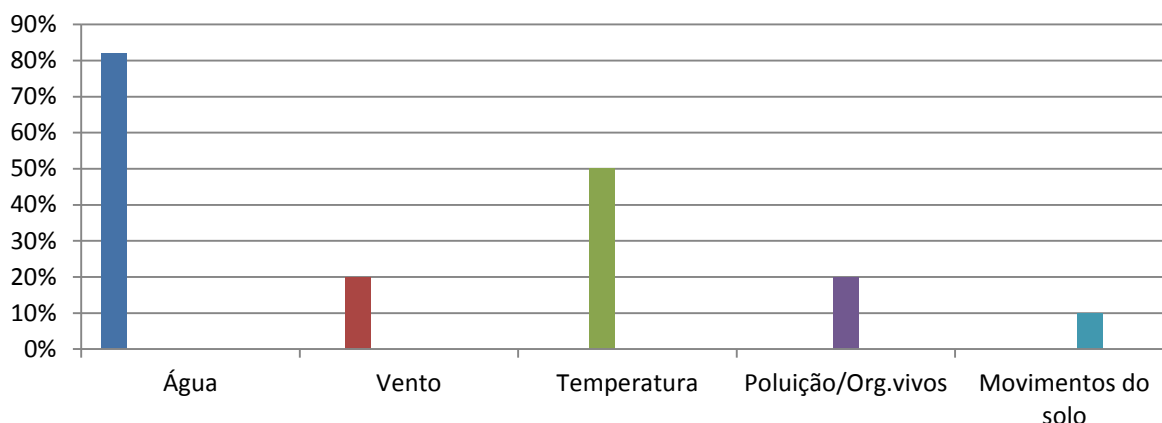


Figura 16 - Presença dos agentes nos mecanismos de degradação.

Da análise às anomalias conclui-se que os principais mecanismos de degradação são infiltrações e envelhecimento por desgaste natural ou falta de manutenção, sendo a água o principal agente de degradação. A zona da cobertura é a que tem mais incidência na origem de anomalias.

A figura 17 apresenta o resumo das classificações em cada verificação, de acordo com o descrito no capítulo 3.1.3. As fichas técnicas de avaliação são apresentadas no anexo II.

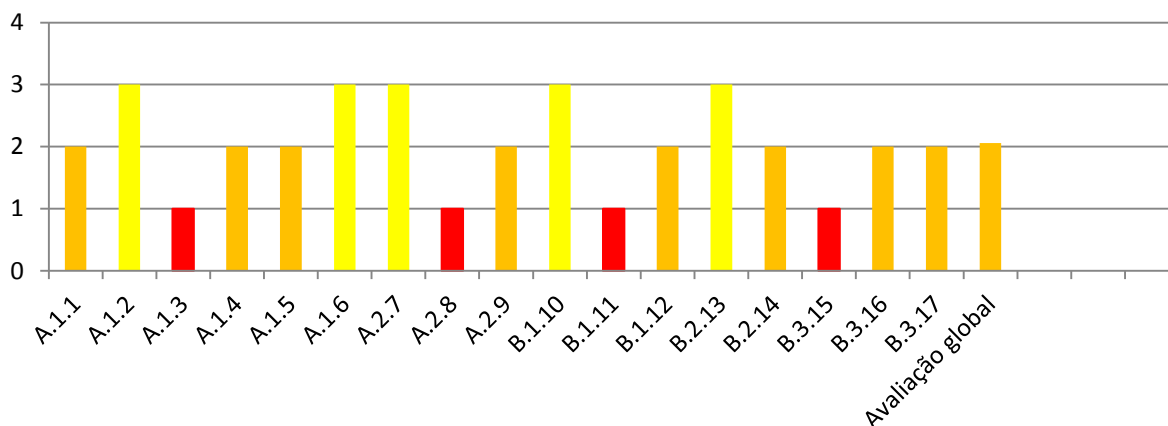


Figura 17 – Avaliação do estado de conservação

A classificação ao estado de conservação da envolvente externa do edifício por ponderação média das verificações (**2,06**) indica de uma forma geral que o edifício apresenta degradações pontuais ou localizadas importantes e a necessitar de intervenção de grau médio. As áreas mais degradadas são as varandas (A.1.3), vidros (A.2.8), estrutura da cobertura (B.1.11) e as caleiras (B.3.15).

A estrutura do edifício encontra-se vulnerável à degradação comprovando-se a falta de condições de habitabilidade, sendo importante para a seleção das medidas de intervenção a definição das soluções de reparação de cada anomalia identificada nos elementos.

4.3. SOLUÇÕES DE REPARAÇÃO

No seguimento do levantamento e análise às anomalias a cada aspeto observado nas fichas técnicas são definidas as soluções de reparação, seguindo as orientações de documentação técnica e científica, nomeadamente das sebtas da disciplina Patologia e Reabilitação da Construção – IST. As intervenções de conservação e reabilitação devem respeitar exigências adequadas ao carácter histórico do património arquitetónico, nomeadamente de autenticidade, durabilidade, economia, compatibilidade e reversibilidade (Brito e Flores, 2004).

O âmbito da intervenção requerida é a envolvente externa do edifício, de natureza estética (Renovação dos revestimentos exteriores), energética e acústica (melhoria do isolamento das paredes exteriores) e hídrica (renovação do sistema coletor e de drenagem de águas pluviais), e de grau médio. As medidas de intervenção a avaliar devem respeitar a soluções de reparação apresentadas no quadro 25.

Quadro 25 – Soluções de reparação

Aspetos a verificar	Ref. verificação	Estado de conservação	Intervenções	Quantidades
Acabamentos finais	A.1.1	2	Limpeza das cantarias de pedra da fachada com micro-jacto de precisão de partículas abrasivas ou limpeza com biocidas e escovagem.	Área total: 270 m ² ; a necessitar intervenção de reparação: 50%
Revestimento de paredes	A.1.2	3	Extrair material desagregado. Estabilizar as fendas de origem no suporte. Refazer o revestimento com materiais compatíveis aos existentes.	Área total: 372 m ² ; a necessitar substituição: 10%
Varandas	A.1.3	1	Extrair material desagregado. Limpeza, tratamento e substituição das armaduras atacadas pela corrosão com perda de secção. Refazer o revestimento com materiais compatíveis aos existentes.	Área total: 160 m ² ; a necessitar substituição: 50%
Infiltrações	A.1.4	2	(A.1.1; A.1.2; A.1.3.)	-
Tipo de parede	A.1.5	2	-	-
Condensações nos paramentos interiores	A.1.6	3	Aumentar o isolamento térmico.	-

Quadro 25 – Soluções de reparação

Aspetos a verificar	Ref. verificação	Estado de conservação	Intervenções	Quantidades
Caixilharia	A.2.7	3	Reparação / Substituição	Área total: 91,6 m ² ; a necessitar intervenção de reparação: 100%
Vidros	A.2.8	1	Reposição/substituição dos vidros existentes.	Área total: 51 m ² ; a necessitar intervenção de reparação: 100%
Infiltrações	A.2.9	2	(A.2.7; A.2.8.)	-
Revestimento	B.1.10	3	Limpeza e substituição das telhas partidas. Remoção do material desagregado e refazer as juntas de cumeeira e perimetrais (10%).	Área total das vertentes: 280 m ² ; a necessitar substituição: 10%. Comprimento de cumeeira 20 m; a necessitar substituição: 10%
Tipo de cobertura	B.1.11	1	Reparação e proteção com eventual substituição de elementos danificados da estrutura de suporte e do forro.	Área total de forro: 280 m ² ; a necessitar substituição: 20%. Barrotes [200x100 mm]: 410 m, madres [100x50 mm] 672 m; a necessitar substituição: 15%.
Infiltrações	B.1.12	2	(B.1.10; B.2.13; B.2.14; B.2.15.)	-
Ligações com elementos salientes	B.2.13	3	Preenchimento das juntas com a chaminé.	Comprimento total: 5 m; a necessitar substituição: 10%
Capeamentos das platibandas	B.2.14	2	Substituir os capeamentos das platibandas danificados.	Área total: 136 m ² ; a necessitar substituição: 50%
Caleiras	B.3.15	1	Limpeza da vegetação existente.	Comprimento das caleiras: 40 m; a necessitar intervenção de reparação: 40 m (100%)

Quadro 25 – Soluções de reparação

Aspetos a verificar	Ref. verificação	Estado de conservação	Intervenções	Quantidades
Tubos de queda	B.3.16	2	Substituição das ligações (interiores) entre as caleiras e limpeza dos tubos de queda exteriores.	Comprimento das ligações interiores: 8 m; a necessitar intervenção de reparação: 100%. Comprimento dos tubos exteriores: 28 m; a necessitar intervenção de limpeza: 100%
Ligação à rede de águas pluviais	B.3.17	2	Fechar as caixas de encontro.	4 Caixas de encontro 1 m ²

4.4. AVALIAÇÃO DAS MEDIDAS DE INTERVENÇÃO

4.4.1. CUSTOS DE CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO

Os custos das intervenções para as soluções a propor foram obtidos pelo gerador de preços da CYPE ou por consulta ao mercado. Os preços compostos incluem os custos diretos de execução dos trabalhos (materiais e mão-de-obra), os custos indiretos (estaleiro, administrativos e transporte) e da utilização de meios auxiliares (equipamentos). As intervenções de manutenção seguem as estratégias adotadas, definidas no capítulo 3 e de acordo com a VUR estimada para cada elemento.

REVESTIMENTOS

São avaliadas duas medidas de intervenção para o revestimento exterior. Uma que propõe intervir exclusivamente de acordo com as necessidades levantadas na avaliação ao estado de conservação, ou seja, limpeza, decapagem, reparação das fissuras e fendas existentes, substituição de 10% do revestimento de reboco com argamassa de restauro e pintura (**R.ext.s1**), outra que propõe uma substituição total do elemento com aplicação de isolamento térmico (**R.ext.s2**). Seguindo o mesmo princípio, para o revestimento interior propõe-se uma solução que mantém a solução existente, agindo de acordo com o levantamento e avaliação efetuados (**R.int.s1**). Em alternativa, a substituição com a melhoria do isolamento térmico (**R.int.s2**) e a substituição sem aplicação de isolamento, que permite a comparação de custos de construção e manutenção com as outras soluções (**R.int.s3**). Os custos de construção e de manutenção das medidas de intervenção propostas para os revestimentos, de acordo com as estratégias definidas, são apresentados no quadro 27 e 29 e são compostos pelos trabalhos de custos unitários descritos no quadro 26 e 28.

Quadro 26 – Custos unitários das intervenções nos revestimentos exteriores

EXTERIOR	
Demolição de reboco exterior	13 €/m ²
Limpeza de paramento de fachada	3 €/m ²
Decapagem exterior	5 €/m ²
Reboco base de argamassa de cal para regularização e preenchimento de irregularidades	25 €/m ²
Reparação de fissuras	7 €/m ²
Argamassa de restauro de cal e cimento com aplicação de malha	50 €/m ²
Pintura à base de cal	4,5 €/m ²
Revestimento com camada de argamassa com isolamento térmico incorporado "weber therm mechanic" (e=60mm)	60 €/m ²

Quadro 27 – Custos de construção e manutenção das medidas de intervenção para o revestimento exterior

Medidas de intervenção	CC (€)	CM (€)			VUR
		//5anos	10ºano	//10anos	
R.ext.s1 Reparação com substituição de 10% da solução existente	5 803	2 790	15 810	2 344	10+30
R.ext.s2 Substituição com incorporação de isolamento	27 156	2 790	-	2 344	40

Quadro 28 – Custos unitários das intervenções nos revestimentos interiores

INTERIOR	
Demolição de reboco interior	12 €/m ²
Limpeza de humidades/bolor em paramento de fachada	3 €/m ²
Limpeza de deposição de sal em paramento de fachada	7 €/m ²
Decapagem interior	3 €/m ²
Reparação de paramento com argamassa de cal	20 €/m ²
Argamassa de cal de revestimento térmico e acústico e acabamento estucado	19 €/m ²
Reboco base de argamassa de cal para regularização e preenchimento de irregularidades	25 €/m ²
Pintura à base de cal	4,5 €/m ²
Aplicação de EPS (60 mm) coladas em revestimento interior.	14 €/m ²

Quadro 29 – Custos de construção e manutenção das medidas de intervenção para o revestimento interior

Medidas de intervenção	CC (€)	CM (€)		VUR	
		//5anos	//10anos		
R.int.s1	Reparação com substituição de 10% da solução existente	4 055	1 116	2 864	40
R.int.s2	Substituição com incorporação de isolamento	27 714	1 116	2 269	40
R.int.s3	Substituição	22 506	1 116	2 269	40

CAIXILHARIAS

As caixilharias existentes tem características que demarcam o estilo arquitetónico do edifício, pelo que a consideração por manter as caixilharias permite igualmente preservar o valor patrimonial histórico de difícil quantificação (**Cx.s1**). A substituição das caixilharias constitui uma solução corrente em obras de reabilitação energética (**Cx.s2**). Os custos de construção e de manutenção, de acordo com o plano definido, das medidas de intervenção propostas para as caixilharias, são apresentados no quadro 31 e são compostos pelos trabalhos de custos unitários descritos no quadro 30.

Quadro 30 – Custos unitários das intervenções nas caixilharias.

Reparação de caixilharia de madeira (degradação alta)	70 €/m ²
Aplicação de vidro 4mm	25 €/m ²
Substituição por caixilharia de alumínio c/corte térmico e v.d. 4-16-5	320 €/m ²
Limpeza	1 €/m ²
Lubrificação	1 €/un
Pintura de caixilharia de madeira	12 €/m ²
Substituição de vedantes	6 €/m

Quadro 31 – Custos de construção e manutenção das medidas de intervenção para as caixilharias.

Medidas de intervenção	CC (€)	CM (€)			VUR	
		//1ano	//5anos	//10anos		
Cx.s1	Reparação da solução existente	7 687	125	1 099	1 284	40
Cx.s2	Substituição por caixilharia de alumínio	29 312	125	-	2 568	40

COBERTURA

As medidas propostas para a reabilitação da cobertura englobam as intervenções de reparação e limpeza do revestimento e da estrutura de suporte em madeira, com substituição dos elementos nas quantidades indicadas pelo levantamento ao estado de conservação, diferindo na aplicação de isolamento

pelo interior das vertentes (**Cob.s1 e Cob.s2**). É considerada uma medida independente destas, que avalia a colocação de janelas (**Cob.s3**). Os custos de construção e de manutenção, de acordo com o plano definido, das medidas de intervenção propostas para a cobertura, são apresentados no quadro 33 e são compostos pelos trabalhos de custos unitários descritos no quadro 32.

Quadro 32 – Custos unitários das intervenções na cobertura.

Aplicação de XPS (100mm) no interior das vertentes da cobertura inclinada	14 €/m ²
Janela de cobertura [134x140cm] com v.d. 4-16-4 e estore interior	660 €/un

Quadro 33 – Custos de construção e manutenção das medidas de intervenção para a cobertura.

Medidas de intervenção		CC (€)	CM (€)		VUR
			//1anos	//10anos	
Cob.s1	Reparação da solução existente	-	-	-	40
Cob.s2	Reparação da solução existente e aplicação de isolamento	3 920	-	-	40
Cob.s3	Colocação de 10 janelas na cobertura	6 660	29	329	40

4.4.2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO




4.4.2.1. CENÁRIOS E SITUAÇÕES CONSIDERADAS

Tal com mencionado no capítulo 3, o cenário de utilização é definido pelos pressupostos da metodologia do REH e é transversal a todos as conjugações de soluções considerados no estudo. As avaliações das conjugações de soluções são apresentadas nos capítulos seguintes.

4.4.2.2. CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 1 – PRÁTICA ATUAL DE REFERÊNCIA

A conjugação de soluções de referência (Conjugação de soluções 1) avalia as soluções construtivas atuais, ou seja, engloba o conjunto das medidas de intervenção que atuam exclusivamente sobre as anomalias levantadas na envolvente mantendo as soluções construtivas e as características originais dos elementos, funcionando como a base de comparação entre as várias situações avaliadas no estudo. Por exemplo, a medida de intervenção R.ext.s1, corrige as anomalias do revestimento exterior das paredes, substituindo na quantidade necessária, definida no levantamento de avaliação ao estado de conservação, através de aplicação de materiais compatíveis e preservando as características das soluções construtivas existentes. A prática atual de referência é analisada considerando os elementos construtivos e os seus coeficientes de transmissão térmica (quadro 34), no cenário de utilização usual, do qual resulta o balanço energético (figura 18) e a estimativa de custos apresentada no quadro 35.

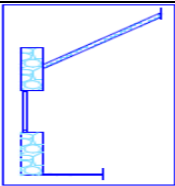
Quadro 34 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da conjugação de soluções 1.

Elemento	U (W/m ² .°C)
 Paredes de alvenaria ordinária	1,60
 Cobertura inclinada	Asc. 3,80 Desc. 2,50
 Caixilharia de madeira e vidro simples 4mm. Classe permeabilidade n.d. g. _v =0,88. g.=0,3	4,30

Balanço energético				
Indicadores energéticos				
Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m ² .ano)	84,05	46,01	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m ² .ano)	15,47	19,24	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	9509	9509	Ntc/Nt 1,54
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0		Classe Energética
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	0,00		D
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh _{ep} /m ² .ano)	277,50	180,42	

Figura 18 – Balanço energético da conjugação de soluções 1.




Quadro 35 - Custos no ciclo de vida da conjugação de soluções 1.

Medidas de intervenção	CC (€)	C _{Mat} (€)	C _{Eat} (€)	CT (€)
 R.ext.s1 R.int.s1 Cx.s1 Cob.s1	17 545	49 433	230 879	297 857

4.4.2.3. CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 2 - ISOLAMENTO NO EXTERIOR DAS PAREDES

Considera-se nesta conjugação de soluções a substituição do revestimento exterior com introdução de isolamento térmico através da solução “weber.therm mechanic” (R.ext.s2) em conjunto com as restantes medidas que mantêm as soluções construtivas existentes. A conjugação de soluções 2 é analisada considerando os elementos construtivos e os seus coeficientes de transmissão térmica (quadro 36), no cenário de utilização usual, do qual resulta o balanço energético (figura 19) e a estimativa de custos apresentada no quadro 37.

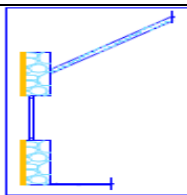
Quadro 36 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da conjugação de soluções 2.

Elemento	U (W/m ² .°C)
 Paredes de alvenaria ordinária com isolamento no exterior	0,53
 Cobertura inclinada	Asc. 3,80 Desc. 2,50
 Caixilharia de madeira e vidro simples 4mm. Classe permeabilidade n.d. g _v =0,88. g _s =0,3	4,30

Balço energético				
Indicadores energéticos				
Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m ² .ano)	63,82	46,01	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m ² .ano)	15,13	19,24	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	9509	9509	Ntc/Nt 1,26
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0		Classe Energética
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		0,00	C
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m ² .ano)	226,62	180,42	

Figura 19 - Balço energético da conjugação de soluções 2.



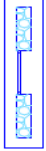
Quadro 37 - Custos no ciclo de vida da conjugação de soluções 2.

Medidas de intervenção	CC (€)	CMat (€)	CEat (€)	CT (€)
 R.ext.s2 R.int.s1 Cx.s1 Cob.s1	38 898	40 674	183 158	262 730

4.4.2.4. CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 3 – ISOLAMENTO NO INTERIOR DAS PAREDES

Considera-se nesta conjugação de soluções a substituição do revestimento interior com introdução de isolamento térmico através da aplicação de placas de EPS, regularização do suporte e camada de acabamento em argamassa de cal (R.int.s2) em conjunto com as restantes medidas que mantem as soluções construtivas existentes. A conjugação de soluções 3 é analisada considerando os elementos construtivos e os seus coeficientes de transmissão térmica (quadro 38), no cenário de utilização usual, do qual resulta o balanço energético (figura 20) e a estimativa de custos apresentada no quadro 39.

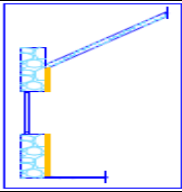
Quadro 38 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da conjugação de soluções 3

Elemento	U (W/m ² .°C)
 Paredes de alvenaria ordinária com isolamento no interior	0,52
 Cobertura inclinada	Asc. 3,80 Desc. 2,50
 Caixilharia de madeira e vidro simples 4mm. Classe permeabilidade n.d. g.v.=0,88. g.=0,3	4,30

Balanço energético				
Indicadores energéticos				
Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m ² .ano)	65,61	46,01	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m ² .ano)	14,82	19,24	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	9509	9509	Ntc/Nt 1,28
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0		Classe Energética
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	0,00		C
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh _{ep} /m ² .ano)	230,82	180,42	

Figura 20 - Balanço energético da conjugação de soluções 3.




Quadro 39 - Custos no ciclo de vida da conjugação de soluções 3.

Medidas de intervenção	CC (€)	C _{Mat} (€)	C _{Eat} (€)	CT (€)
 R.ext.s1 R.int.s2 Cx.s1 Cob.s1	41 204	48 215	186 592	276 011

4.4.2.5. CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 4 – ISOLAMENTO NA COBERTURA

Considera-se nesta conjugação de soluções a reparação da cobertura existente com introdução de isolamento térmico no interior das vertentes, através da aplicação de placas XPS (Cob.s2) e as restantes medidas que mantêm as soluções construtivas existentes. A conjugação de soluções 4 é analisada considerando os elementos construtivos e os seus coeficientes de transmissão térmica (quadro 40), no cenário de utilização usual, do qual resulta o balanço energético (figura 21) e a estimativa de custos apresentada no quadro 41.

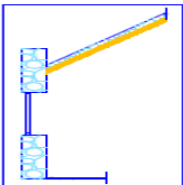
Quadro 40 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da conjugação de soluções 4.

Elemento	U (W/m ² .°C)
 Paredes de alvenaria ordinária	1,60
 Cobertura inclinada com isolamento pelo interior das vertentes	Asc. 0,44 Desc. 0,42
 Caixilharia de madeira e vidro simples 4mm. Classe permeabilidade n.d. g _v =0,88. g _s =0,3	4,30

Balanço energético				
Indicadores energéticos				
Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m ² .ano)	38,99	46,01	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m ² .ano)	21,42	19,24	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	9509	9509	Ntc/Nt 0,94
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0		Classe Energética
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		0,00	B-
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh _{ep} /m ² .ano)	170,17	180,42	

Figura 21 - Balanço energético da conjugação de soluções 4.




Quadro 41 - Custos no ciclo de vida da conjugação de soluções 4.

Medidas de intervenção	CC (€)	C _{Mat} (€)	C _{Eat} (€)	CT (€)
 R.ext.s1 R.int.s1 Cx.s1 Cob.s2	21 465	49 433	140 147	211 044

4.4.2.6. CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 5 – SUBSTITUIÇÃO DAS CAIXILHARIAS

Considera-se nesta conjugação de soluções a substituição das caixilharias de madeira existentes, por caixilharias de alumínio com corte térmico e sistema de vidro duplo 4-16-5 mm (Cx.s2) em conjunto com as restantes medidas que mantêm as soluções construtivas existentes. A conjugação de soluções 5 é analisada considerando os elementos construtivos e os seus coeficientes de transmissão térmica (quadro 42), no cenário de utilização usual, do qual resulta o balanço energético (figura 22) e a estimativa de custos apresentada no quadro 43.

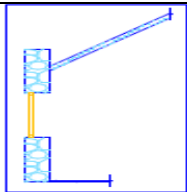
Quadro 42 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da conjugação de soluções 5.

Elemento	U (W/m ² .°C)	
	Asc.	Desc.
 Paredes de alvenaria ordinária	1,60	
 Cobertura inclinada	3,80	2,50
 Caixilharia de alumínio com corte térmico e vidro duplo 4-16-5mm. Classe permeabilidade 3. g _v =0,78. g _s =0,35	2,70	

Balço energético				
Indicadores energéticos				
Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m ² .ano)	79,92	44,12	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m ² .ano)	15,35	19,24	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	9509	9509	Ntc/Nt 1,52
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0		Classe Energética
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		0,00	D
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh _{ep} /m ² .ano)	267,09	175,70	

Figura 22 - Balço energético da conjugação de soluções 5.



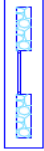

Quadro 43 - Custos no ciclo de vida da conjugação de soluções 5.

Medidas de intervenção	CC (€)	C _{Mat} (€)	C _{Eat} (€)	CT (€)
 R.ext.s1 R.int.s1 Cx.s2 Cob.s1	39 170	46 779	221 019	306 968

4.4.2.7. CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 6 – JANELAS NA COBERTURA

Considera-se nesta conjugação de soluções a aplicação de janelas na cobertura, em caixilharia de madeira e sistema de vidro duplo 4-16-4mm (Cob.s3) em conjunto com as restantes medidas que mantêm as soluções construtivas existentes. A conjugação de soluções 6 é analisada considerando os elementos construtivos e os seus coeficientes de transmissão térmica (quadro 44), no cenário de utilização usual, do qual resulta o balanço energético (figura 24) e a estimativa de custos apresentada no quadro 45.

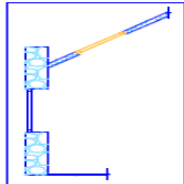
Quadro 44 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da conjugação de soluções 6.

Elemento	U (W/m ² .°C)	
	Asc.	Desc.
 Paredes de alvenaria ordinária	1,60	
 Cobertura inclinada	3,80	2,50
 Caixilharia de madeira e vidro simples 4mm. Classe permeabilidade n.d. g _v =0,88. g _s =0,3	4,30	
 Janelas de cobertura em madeira e vidro duplo 4-16-4mm. Classe permeabilidade 3. g _v =0,78. g _s =0,08	2,80	

Balço energético				
Indicadores energéticos				
Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m ² .ano)	77,20	48,22	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m ² .ano)	17,65	19,24	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	9509	9509	Ntc/Nt 1,41
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0		Classe Energética
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	0,00		C
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh _{ep} /m ² .ano)	262,35	185,96	

Figura 23 - Balço energético da conjugação de soluções 6.

Quadro 45 - Custos no ciclo de vida da conjugação de soluções 6.




Medidas de intervenção	CC (€)	CMat (€)	CEat (€)	CT (€)
 R.ext.s1 R.int.s1 Cx.s1 Cob.s1 Cob.s3	24 145	50 879	220 045	295 069

4.4.2.8. CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 7 – ISOLAMENTO NO EXTERIOR DAS PAREDES E NA COBERTURA

Considera-se nesta conjugação de soluções a substituição do revestimento exterior com introdução de isolamento térmico através da solução “weber.therm mechanic” (R.ext.s2), reparação da cobertura existente com introdução de isolamento térmico no interior das vertentes, através da aplicação de placas XPS (Cob.s2) em conjunto com as medidas para o revestimento interior e caixilharias, que mantem as

soluções construtivas existentes. A conjugação de soluções 7 é analisada considerando os elementos construtivos e os seus coeficientes de transmissão térmica (quadro 46), no cenário de utilização usual, do qual resulta o balanço energético (figura 25) e a estimativa de custos apresentada no quadro 47.

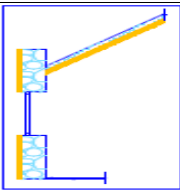
Quadro 46 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da conjugação de soluções 7.

Elemento	U (W/m ² .°C)
 Paredes de alvenaria ordinária com isolamento no exterior	0,53
 Cobertura inclinada com isolamento pelo interior das vertentes	Asc. 0,44 Desc. 0,42
 Caixilharia de madeira e vidro simples 4mm. Classe permeabilidade n.d. g _v =0,88. g _s =0,3	4,30

Balanço energético				
Indicadores energéticos				
Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m ² .ano)	21,62	46,01	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m ² .ano)	21,43	19,24	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	9509	9509	Ntc/Nt 0,70
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0		Classe Energética B
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		0,00	
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh _{ep} /m ² .ano)	126,76	180,42	

Figura 24 - Balanço energético da conjugação de soluções 7.

Quadro 47 - Custos no ciclo de vida da conjugação de soluções 7.





Medidas de intervenção	CC (€)	C _{Mat} (€)	C _{Eat} (€)	CT (€)
 R.ext.s2 R.int.s1 Cx.s1 Cob.s2	42 818	40 674	99 873	183 365

4.4.2.9. CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 8 – ISOLAMENTO NO EXTERIOR DAS PAREDES E NA COBERTURA, JANELAS NA COBERTURA

Considera-se nesta conjugação de soluções a substituição do revestimento exterior com introdução de isolamento térmico através da solução “weber.therm mechanic” (R.ext.s2), reparação da cobertura existente com introdução de isolamento térmico no interior das vertentes, através da aplicação de placas XPS (Cob.s2), a aplicação de janelas na cobertura, em caixilharia de madeira e sistema de vidro duplo

4-16-4mm (Cob.s3), em conjunto com as medidas para o revestimento interior e caixilharias, que mantêm as soluções construtivas existentes. A conjugação de soluções 8 é analisada considerando os elementos construtivos e os seus coeficientes de transmissão térmica (quadro 48), no cenário de utilização usual, do qual resulta o balanço energético (figura 26) e a estimativa de custos apresentada no quadro 49.

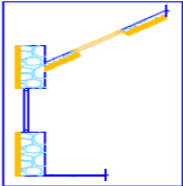
Quadro 48 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da conjugação de soluções 8.

Elemento	U (W/m ² .°C)
 Paredes de alvenaria ordinária com isolamento no exterior	0,53
 Cobertura inclinada com isolamento pelo interior das vertentes	Asc. 0,44 Desc. 0,42
 Caixilharia de madeira e vidro simples 4mm. Classe permeabilidade n.d. g _v = 0,88. g _s = 0,3	4,30
 Janelas de cobertura em madeira e vidro duplo 4-16-4mm. Classe permeabilidade 3. g _v = 0,78. g _s = 0,08	2,80

Balanço energético				
Indicadores energéticos				
Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m ² .ano)	18,12	48,22	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m ² .ano)	23,56	19,24	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	9509	9509	Ntc/Nt 0,64
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0		Classe Energética
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		0,00	B
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh _{ep} /m ² .ano)	119,91	185,96	

Figura 25 - Balanço energético da conjugação de soluções 8.





Quadro 49 - Custos no ciclo de vida da conjugação de soluções 8.

Medidas de intervenção	CC (€)	CMat (€)	CEat (€)	CT (€)
 R.ext.s2 R.int.s1 Cx.s1 Cob.s2 + Cob.s3	49 418	42 120	96 695	188 233

4.4.2.10. CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 9 – ISOLAMENTO NO EXTERIOR DAS PAREDES E NA COBERTURA, JANELAS NA COBERTURA E SUBSTITUIÇÃO DAS CAIXILHARIAS

Considera-se nesta conjugação de soluções a substituição do revestimento exterior com introdução de isolamento térmico através da solução “weber.therm mechanic” (R.ext.s2), reparação da cobertura existente com introdução de isolamento térmico no interior das vertentes, através da aplicação de placas XPS (Cob.s2), a aplicação de janelas na cobertura, em caixilharia de madeira e sistema de vidro duplo 4-16-4mm (Cob.s3), a substituição das caixilharias de madeira existentes, por caixilharias de alumínio com corte térmico e sistema de vidro duplo 4-16-5 mm (Cx.s2) e a medida para o revestimento interior que mantém as soluções construtivas existentes (R.int.s1). A conjugação de soluções 9 é analisada considerando os elementos construtivos e os seus coeficientes de transmissão térmica (quadro 50), no cenário de utilização usual, do qual resulta o balanço energético (figura 26) e a estimativa de custos apresentada no quadro 51.

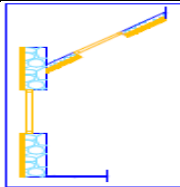
Quadro 50 - Coeficientes de transmissão térmica das soluções construtivas da conjugação de soluções 9.

Elemento	U (W/m ² .°C)	
	Asc.	Desc.
 Paredes de alvenaria ordinária com isolamento no exterior	0,53	
 Cobertura inclinada com isolamento pelo interior das vertentes	0,44	0,42
 Caixilharia de alumínio com corte térmico e vidro duplo 4-16-5mm. Classe permeabilidade 3. g _v =0,78. g _s =0,35	2,70	
 Janelas de cobertura em madeira e vidro duplo 4-16-4mm. Classe permeabilidade 3. g _v =0,78. g _s =0,08	2,80	

Balço energético				
Indicadores energéticos				
Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	13,80	46,07	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	24,34	19,24	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	9509	9509	Ntc/Nt 0,61
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0		Classe Energética
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		0,00	B
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	109,82	180,56	

Figura 26 - Balço energético da conjugação de soluções 9.

Quadro 51 - Custos no ciclo de vida da conjugação de soluções 9.

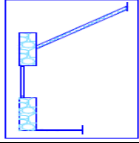
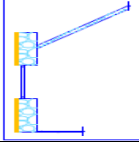
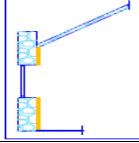
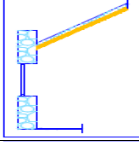
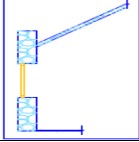
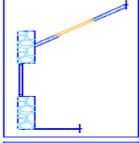
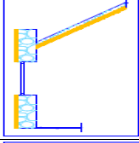
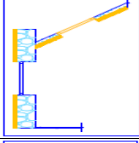
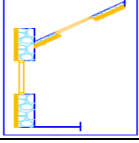
Medidas de intervenção	CC (€)	CMat (€)	CEat (€)	CT (€)
	R.ext.s2			
	R.int.s1	71 043	39 466	88 482
	Cx.s2			
	Cob.s2 + Cob.s3			
				198 991

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. ANÁLISE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E ACV

O quadro 52 resume os resultados da avaliação de desempenho energético, através das necessidades de aquecimento e arrefecimento, e os custos em energia elétrica totais no horizonte do projeto atualizados ao ano 0.

Quadro 52 – Avaliação de desempenho energético

SITUAÇÕES	Nic kWh/m ² ano	Nvc kWh/m ² ano	CEat (€)
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 1	84,05	15,47	230 879
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 2	63,82	15,13	183 158
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 3	65,61	14,82	186 592
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 4	38,99	21,42	140 147
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 5	79,92	15,35	221 019
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 6	77,20	17,65	220 045
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 7	21,62	21,43	99 873
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 8	18,12	23,56	96 695
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 9	13,80	24,34	88 482

A conjugação de soluções 1 de referência representa a prática atual e apresenta necessidades em

energia primária, cerca 54% superior aos valores de referência no REH, correspondendo a uma classificação D da avaliação do REH. O consumo de eletricidade estimado, na prática atual de referência, corresponde ao consumo médio padrão nos edifícios em Portugal de 100kWh/m².ano (EnerOne, 2012).

Como fator positivo das características atuais do edifício, evidencia-se a elevada inércia térmica das paredes exteriores que contribui para um bom desempenho energético, essencialmente no período de arrefecimento.

A avaliação ao desempenho energético das várias soluções demonstra, como esperado, uma melhoria dos consumos de energia para climatização. A conjugação de soluções com aplicação simultânea do maior número de medidas que alteram os elementos da envolvente (Conjugação de soluções 9), permite reduzir 62% dos consumos à prática atual e apresenta um rácio entre o consumo estimado e o de referência do REH de 61%, a que corresponde uma classificação de desempenho energético B.

Destaca-se a melhoria alcançada pela aplicação de isolamento na cobertura, que reduz os consumos em cerca de 40%, sendo a que mais contribui para a melhoria do desempenho energético. A aplicação desta medida, por si só, estima consumos abaixo dos valores de referência no REH, correspondendo a uma classificação B-.

A aplicação de isolamento pelo exterior das paredes apresenta um desempenho superior ao isolamento pelo interior, devido essencialmente a redução das pontes térmicas.

A análise do desempenho dos vãos envidraçados engloba a transferência de calor pelas caixilharias e os ganhos solares por radiação. O quadro 53 resume os dados relevantes para a avaliação de desempenho energético das medidas que envolvem as caixilharias e janelas na cobertura.

Quadro 53 – Dados de avaliação de desempenho energético das caixilharias

	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 1	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 5	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 6
Perdas pela envolvente envidraçada (W/°C)	393,88	247,32	414,88
Transferência de calor através da envolvente exterior (W/°C)	2259,68	2113,12	2280,68
Ganhos solares brutos na estação de aquecimento (kWh/ano)	24139,03	21395,95	26341,78
Ganhos solares através dos vãos envidraçados na estação de arrefecimento (kWh/ano)	11970,38	11258,04	12531,41

Substituição das caixilharias (Conjugação de soluções 5)

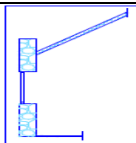
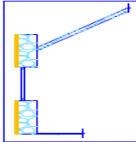
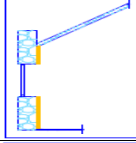
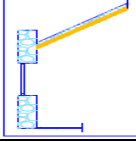
Apesar de a redução das perdas através da envolvente envidraçada ser considerável, da ordem dos 37%, a transferência de calor global sofre uma redução de apenas 6,5%, porque o peso das perdas pela envolvente opaca (horizontal e vertical) é muito grande. Na estação de aquecimento acresce a este fato, termos associada à substituição das caixilharias (e do vidro) uma redução dos ganhos brutos da ordem dos 11%. Na estação de arrefecimento a redução de ganhos solares brutos é muito reduzida, da ordem dos 6%, por ter associado aos vãos uma proteção solar (portada opaca pelo interior, de cor clara) que conduz a um fator solar com os dispositivos móveis e permanentes ativados superior para o caso do vidro duplo. Por esta razão a redução do Nvc é muito reduzida.

Colocação de janelas na cobertura (Conjugação de soluções 6)

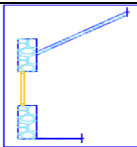
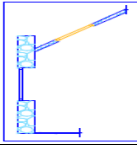
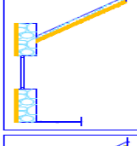
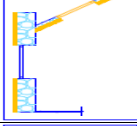
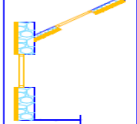
A instalação de vãos envidraçados horizontais apesar de potenciar maiores ganhos solares na estação de aquecimento, potencia também ganhos solares indesejáveis na estação de arrefecimento. Assim, na estação de aquecimento temos um agravamento das perdas através da envolvente envidraçada da ordem dos 5,3% com um impacto nas transferências de calor praticamente impercetível (da ordem de 1%). Tendo em consideração o aumento dos ganhos solares brutos, igualmente da ordem de 1% (que se traduz em cerca de 2200 kWh/ano), acaba por se conseguir uma melhoria ligeira do Nic da ordem dos 3,5%. Na estação de arrefecimento temos um agravamento dos ganhos solares através dos vãos envidraçados da ordem de 1%, que representa um aumento de 561 kWh/ano que, mesmo conjugado com o aumento das perdas, conduz a um agravamento do Nvc igualmente da ordem de 1%.

O quadro 54 resume os custos associados às soluções avaliadas no capítulo anterior e os respetivos indicadores de desempenho da análise custo-benefício.

Quadro 54 – Custos totais e indicadores da ACV.

SITUAÇÕES	CT (€)	VAL (€)	RCB	Período de retorno
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 1	297 857	0	-	40
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 2	262 730	35 126	3,79	10
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 3	276 011	21 846	1,97	17
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 4	211 044	86 812	23,15	1

Quadro 54 – Custos totais e indicadores da ACV.

SITUAÇÕES	CT (€)	VAL (€)	RCB	Período de retorno
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 5	306 968	-9 111	0,52	(77) Sem retorno
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 6	295 069	2 788	1,35	24
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 7	183 365	114 492	7,93	5
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 8	188 233	109 624	5,46	7
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 9	198 991	98 865	3,27	10

A análise de custo benefício foi efetuada, como descrito no capítulo 3, por uma metodologia de ACV, nomeadamente através do valor acumulado líquido (VAL), do período de retorno e a razão custo-benefício (RCB).

A evolução dos cashflows do VAL das situações é apresentada no gráfico da figura 27.

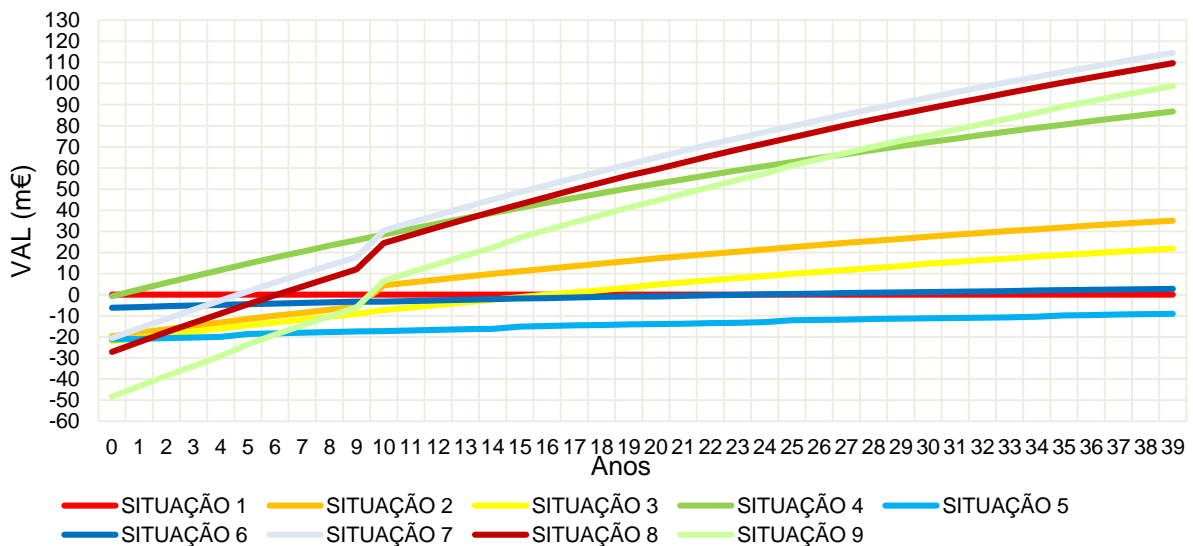


Figura 27 – Valor Atualizado Líquido (VAL)

As situações avaliadas, permitem a obtenção de benefícios económicos após o período de amortização do investimento, representado no gráfico no ano do período de estudo em que o VAL se torna positivo.

A Conjugação de soluções 5 é a única solução que apresenta um $VAL < 0$ (e $RCB < 1$), não permitindo obter retorno económico dentro do período do estudo, pelo que é mais vantajoso reparar e manter as caixilharias existentes.

A colocação de janelas na cobertura revela um interesse reduzido para os fatores de desempenho considerados. Apesar de obter $VAL > 0$, com período de retorno dentro do período de estudo (Conjugação de soluções 6), quando conjugada com outras medidas, como a aplicação de isolamento térmico no exterior das paredes e na cobertura (Conjugação de soluções 8), reduz os benefícios comparativamente a conjugação de soluções idêntica mas sem a colocação destas janelas (Conjugação de soluções 7). Este resultado deve-se ao fato destas janelas terem um comportamento térmico melhor que a cobertura atual e pior que a solução com aplicação do isolamento na cobertura.

Observa-se que a solução com substituição do revestimento exterior com aplicação de isolamento, reparação do revestimento interior e da cobertura com aplicação de isolamento nas vertentes da cobertura (Conjugação de soluções 7) é a conjugação de soluções que obtém maior VAL, gerando assim maiores benefícios económicos com retorno do investimento no 5º ano do horizonte do projeto.

5.2. VARIAÇÃO DA TAXA DE ATUALIZAÇÃO

A situação atual do mercado, caracterizada por instabilidade em torno do valor do capital com riscos associados, influencia a avaliação de desempenho através da taxa de atualização dos custos futuros das soluções. Uma taxa elevada, que caracteriza uma situação de maiores riscos ou inflação acentuada, privilegia os custos futuros em detrimento de maior investimento no presente. O gráfico da figura 28 apresenta o VAL das soluções considerando uma taxa de atualização de 10% que determina como melhor solução a conjugação de soluções 4, que mantém as soluções construtivas existentes com aplicação de isolamento na cobertura, evidenciando o conjunto de medidas que apresenta o maior RCB.

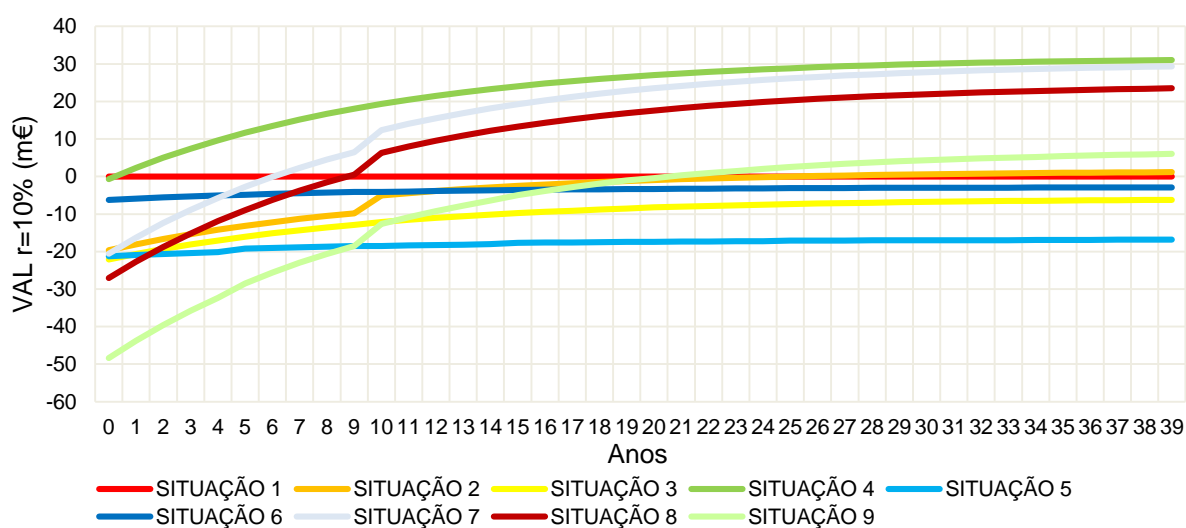


Figura 28 – Valor Atualizado Líquido com $r=10\%$.

5.3. VARIAÇÃO DO CUSTO DA ENERGIA

Como se observa, a fase de operação, concretamente a parcela dos custos em energia para climatização, representa uma parcela importante nos custos do ciclo de vida do edifício. Este estudo considera um preço constante para a energia, atualizando apenas os custos futuros. No entanto, devido a tendência de subida dos preços da energia importa a analisar a sensibilidade ao desempenho das soluções pela variação do custo da energia elétrica. Considerando os aumentos sucessivos das tarifas nos últimos anos, efetua-se a análise das soluções para uma subida anual de 5% do preço da eletricidade.

O gráfico da figura 29 apresenta a evolução ao longo do mesmo horizonte do VAL das soluções, considerando a atualização do preço da energia em cada ano do período de estudo.

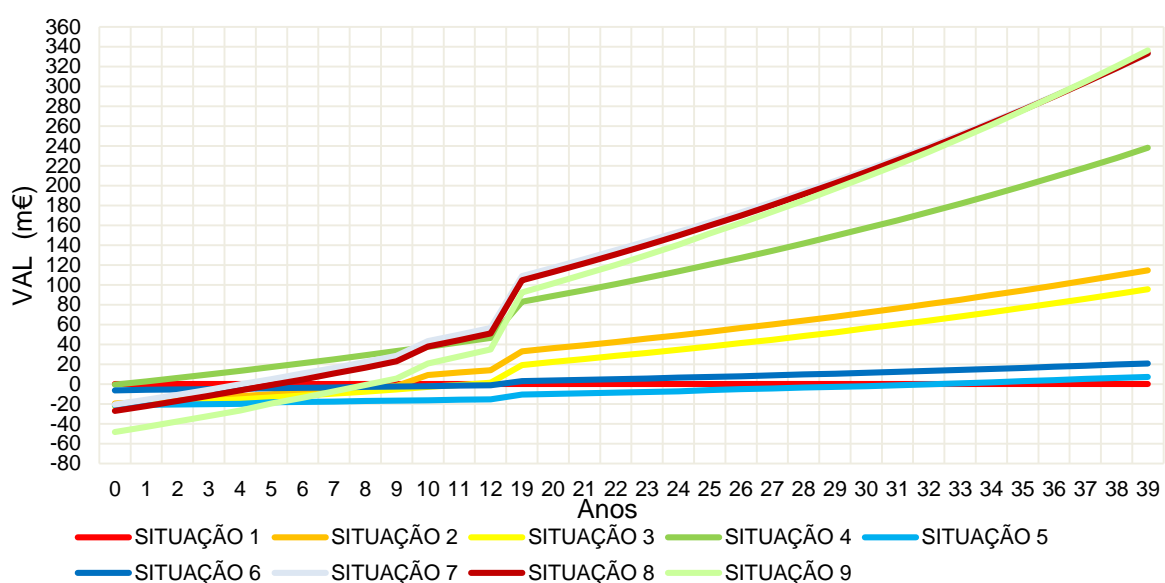


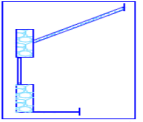
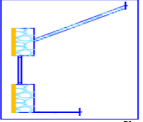
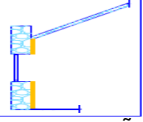
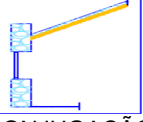
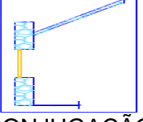
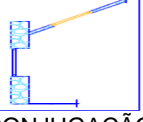
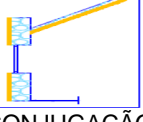
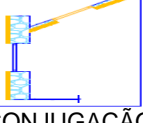
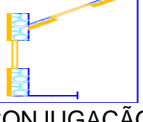
Figura 29 – Valor Atualizado Líquido com subida dos CE 5%/ano.

Este incremento no preço da energia torna a conjugação de soluções de melhor desempenho energético (Conjugação de soluções 9) como a que permite obter maior VAL, sendo a mais vantajosa ao longo do ciclo de vida. Esta alteração é refletida igualmente na avaliação da substituição das caixilharias que passa a apresentar VAL>0 (Conjugação de soluções 5) e torna vantajosa a aplicação de janelas na cobertura em conjunto com o isolamento térmico da cobertura e no exterior das paredes (Conjugação de soluções 8). Todas as situações alternativas à de referência tem VAL>0.

5.4. AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade do edifício foi avaliada pelos critérios descritos no capítulo 3. A aplicação dos limiares de medição de cada critério é apresentado no anexo VII. O quadro 55 resume as classificações obtidas em cada um dos critérios e a classificação global pela metodologia do LiderA das situações consideradas.

Quadro 55 – Classificação da sustentabilidade

	C6 Proteção e valorização do património	C7 Eficiência nos consumos	C8 Desenho passivo	C40 Custos no ciclo de vida	Global (%melhoria)	
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 1	A+	D	B	E	D	10,7%
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 2	A+	D	B	A+	D	11,3%
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 3	A+	D	B	A	D	10,7%
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 4	A+	C	B	A+	D	11,4%
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 5	A	D	A	G	D	10,7%
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 6	A+	D	A	B	D	11,1%
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 7	A+	B	A	A+	D	11,8%
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 8	A+	B	A+	A+	C	12,9%
 CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 9	A	B	A+	A+	C	12,7%

5.5. BENEFÍCIOS E LIMITAÇÕES DA ABOARDAGEM

Os benefícios considerados na ACV referem-se à melhoria do desempenho energético e traduzem-se na redução dos custos de consumo de energia elétrica para climatização. Os custos de investimento representam a diferença dos custos relacionados à construção e manutenção das soluções face a situação de referência. No entanto, as soluções propostas permitem igualmente a redução dos custos de manutenção, o que representa benefícios, pelo que o VAL constitui assim a análise mais representativa do desempenho global das soluções.

As avaliações de desempenho consideradas neste estudo apontam melhorias em praticamente todas as situações consideradas. As caixilharias e a colocação de janelas na cobertura constituem as medidas que geram diferenças entre as avaliações de desempenho energético, ACV e sustentabilidade.

As medidas de melhoria avaliadas individualmente apresentam resultados que nem sempre se verificam em conjunto com outras medidas. Ou seja, os benefícios gerados nas situações que conjugam medidas de melhoria não são equivalentes ao somatório dos benefícios gerados individualmente face à situação de referência. Como exemplo disso, a aplicação de janelas na cobertura contribui de forma positiva pelo aumento dos ganhos solares na estação de aquecimento, obtendo-se um VAL positivo e retorno em 24 anos. No entanto, os vãos envidraçados comportam-se pior, em termos de transmissão térmica, que a cobertura com isolamento térmico. Pelo que, esta medida conjugada com a melhoria do isolamento térmico da cobertura apresenta menores benefícios no desempenho energético, deixando de gerar benefícios económicos que justifiquem a sua aplicação.

Devido às diferenças nas soluções construtivas e de quantificação das aberturas, os consumos de referência do REH diferem nas várias situações avaliadas para o edifício, com influência na classificação energética, obtida pelo rácio entre os consumos estimados e os de referência.

A conjugação de soluções avaliada com melhor desempenho energético (Conjugação de soluções 9) tem um período de retorno do investimento no 10º ano do horizonte do projeto, pressupondo uma taxa de atualização de 2% e um custo de energia constante. Para os mesmos pressupostos, a conjugação de soluções que gera maiores benefícios económicos (VAL) reduz em cerca de 57% o consumo de eletricidade e retorno do investimento no 5º ano do período de estudo (Conjugação de soluções 7). Considerando a subida do preço da eletricidade em 5%/ano, a conjugação de soluções de melhor desempenho energético apresenta o maior VAL com retorno no 8º ano do período de estudo.

A análise de sensibilidade aos resultados obtidos na ACV atesta a influência dos parâmetros da taxa de atualização e o preço da energia elétrica nos indicadores de suporte às decisões. Uma taxa de atualização elevada, pressuposto de uma expectativa de inflação acentuada ou de risco elevado, desaconselha a decisão por investimentos imediatos, favorecendo os custos futuros, enquanto a expectativa de uma subida acentuada do preço da energia favorece naturalmente o investimento em soluções de melhoria do desempenho energético.

A solução de recuperação das caixilharias existentes constitui para além da vantagem económica do

ponto de vista da ACV nos pressupostos de taxa de atualização a 2% e preço de eletricidade constante, uma valorização de materiais existentes que constituem património de valor histórico e cultural, com benefícios considerados na metodologia do LiderA, concretamente no critério da proteção e valorização do património (C6). Neste critério considerou-se que a medida de recuperação das caixilharias existentes (Cx.S1) preserva uma maior quantidade dos elementos existentes, refletindo-se nas classificações atribuídas.

As situações 8 e 9 apresentam o melhor índice de melhoria na avaliação da sustentabilidade. Sendo considerados outros parâmetros de avaliação para além dos custos no ciclo de vida, a atribuição de classes qualitativas em cada critério privilegia estas situações que conjugam a aplicação de isolamento nas paredes e cobertura com a aplicação de janelas na cobertura e substituição de caixilharias. Apesar de na ACV estas situações apresentarem um VAL inferior à conjugação de soluções 7, obtém a mesma classificação no critério dos custos no ciclo de vida, alavancada aos benefícios promovidos pela aplicação de isolamento térmico. São ainda contabilizadas créditos de melhoria no critério de desenho passivo (C8) pela inclusão de caixilharias de melhor desempenho.

O sombreamento não foi considerado em nenhuma das medidas analisadas. Considerando o carácter histórico do edifício, estando em vias de classificação como património arquitetónico, uma possível solução de sombreamento deverá ser avaliada pelas várias especialidades, enquadrando todas as condicionantes. Como referencia, foi avaliado o desempenho energético do edifício com sombreamento dos vãos envidraçados da fachada com orientação sul durante a estação de arrefecimento, condicionando assim os ganhos de calor por radiação solar indesejáveis neste período. Os resultados indicam uma melhoria nas Nvc de cerca 2 kW/m².ano, permitindo uma redução dos custos energéticos em 160 €/ano.

Não foram analisadas propostas de melhoria da ventilação natural uma vez que as características existentes permitem o cumprimento das exigências mínimas do REH.

6. CONCLUSÕES

A abordagem utilizada na procura de soluções de baixo custo no caso do Jardim de Infância do Cartaxo permitiu chegar a conclusões concretas, confrontando o desempenho das soluções, nomeadamente sobre o desempenho energético, de custos no ciclo de vida e da sustentabilidade.

O problema abordado foi o estudo das possíveis intervenções de reabilitação com a integração dos padrões de sustentabilidade, contribuindo com uma linha orientadora através de indicadores de suporte às decisões de intervenção, no âmbito da reabilitação de baixo custo de um edifício de serviços.

Optou-se por analisar a envolvente do edifício, uma vez que se trata da zona com maior responsabilidade no desempenho energético. Para a definição das necessidades de intervenção aplicou-se uma metodologia de avaliação ao estado de conservação dos elementos com base no cumprimento dos requisitos aos elementos (paredes, vãos envidraçados e cobertura) e de quantificação da degradação. Esta abordagem permitiu a definição das anomalias existentes e as intervenções necessárias para a restituição das exigências de habitabilidade, numa perspetiva de baixo custo e da minimização das intervenções.

Definidas as soluções de reparação sobre as anomalias, propôs-se analisar as medidas de intervenção que respondiam direta e exclusivamente às necessidades levantadas e medidas alternativas de promoção da sustentabilidade e do comportamento passivo energético do edifício, tendo em conta as linhas orientadoras do LiderA e do REH.

A exploração do comportamento passivo do edifício através das medidas consideradas, permite melhorar o desempenho energético, reduzindo as necessidades de energia para climatização em mais de 60% e que equivale uma classificação B pelo REH. A avaliação de desempenho das medidas foi realizada aplicando a metodologia ACV através do VAL, RCB e período de retorno e a sustentabilidade das soluções foi aferida pelos critérios de avaliação do LiderA.

Os resultados evidenciam que é possível promover sustentabilidade do edifício através da reabilitação, implementando medidas que garantem ou devolvem condições de habitabilidade em padrões de conforto, saúde e segurança adequados a exigências atuais, evitando em simultâneo demolições desnecessárias, gerando ao mesmo tempo benefícios económicos e ambientais face a práticas correntes de atuação.

Ainda que esta avaliação incida sobre apenas 4 dos 43 critérios da metodologia do LiderA, são consideradas áreas respeitantes às vertentes da integração local, recursos e vivências socioeconómicas, podendo-se considerar que os resultados são representativos de um efetivo aumento da sustentabilidade do edifício através da reabilitação, refletido nas classificações globais obtidas.

A procura por ambientes saudáveis deve cada vez mais estar presente nas decisões sobre os centros urbanos e edifícios. A sustentabilidade dos ambientes construídos deve ser alcançada com a resposta às necessidades dos utilizadores nos padrões de conforto e saúde pretendidos ao mais baixo custo possível, conjugando as dimensões ambientais, sociais e económicas nas decisões. Nesse sentido,

este trabalho sistematiza funções de custo e desempenho de soluções de intervenção no ciclo de vida no âmbito da reabilitação de um edifício, que permitem uma abordagem abrangente de auxílio à tomada de decisões.

O mercado de soluções sustentáveis em edifícios tenderá a crescer devido ao maior retorno financeiro obtido pela valorização dos ativos através da implementação de medidas que permitem disponibilizar maior conforto e garantir uma redução efetiva dos impactes ambientais, sendo por isso um oportunidade que importa assegurar.

Como perspectiva de desenvolvimentos e melhorias ao tema desenvolvido neste trabalho, sugere-se a integração nesta abordagem de um maior número de fatores de influência nos recursos, como a iluminação, sistemas de climatização e consumo de água, e nas vertentes de integração local e vivências socioeconómicas, relevando o papel da reabilitação sustentável na melhoria da vida das pessoas.

REFERÊNCIAS

Abreu, D.; (2013) “Técnicas de Diagnóstico Utilizadas em Engenharia Civil”, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

ADENE; (2010) “Eficiência Energética - O Sistema de Certificação Energética e o seu Impacto”, Direção Geral da Energia, Lisboa.

ADENE; (2011) “Perguntas e respostas sobre o RCCTE”, Direção Geral da Energia, Lisboa.

Afonso, J.; (2009) “Estudo do Comportamento Térmico de Edifícios Antigos - Um Caso de Estudo”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.

AICCOP; (2014) www.aiccopn.pt

APA; (2014) www.apambiente.pt

Appleton, J.; (2010) “Reabilitação de edifícios antigos: Patologias e tecnologias de intervenção”, Portugal.

Appleton, J.; (2010) “Reabilitação de Edifícios Antigos e Sustentabilidade”, VI ENEEC, Évora.

Appleton, J; Aguiar, J.; Cabrita, A.; (2006) “Guião de apoio à reabilitação de edifícios habitacionais”, LNEC, Lisboa.

Beckerman, W.; (1995) “O Pequeno é estúpido – Uma chamada de Atenção aos Verdes”, Duckworth, Londres.

Boussabaine, H. ; Kirkham, R. ; (2004) “Whole life-cycle costing: risk and risk responses”. Blackwell Publications.

Brito, J. [2004]. “Diagnóstico, patologia e reabilitação de revestimentos de coberturas inclinadas”. Aparentamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Brito, J. [2004]. “Diagnóstico, patologia e reabilitação de revestimentos de paredes”. Aparentamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Brito, J.; (2001) “Vida útil das construções e sua previsão, apontamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção”, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Brito, J.; Flores, I.; [2004]. “Diagnóstico, patologia e reabilitação de construção em alvenaria de pedra”. Aparentamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Camelo, S.; Santos, C.; Horta, A.; Gonçalves, H.; Maldonado, E.; (2006) “Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios - Manual de apoio à aplicação do RCCTE”, INETI, Lisboa.

Cardoso, C.; (2011); “Oportunidades e Perspetivas de Evolução do Mercado de Construção”, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

Casa dos Asfaltos; (2014) “Tabela de preços”, Portugal.

Coelho, P.M.; (2011) “Análise do RCCTE no contexto da regulamentação europeia”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova, Lisboa.

Cordeiro, I.; (2011) “Manual de Inspeção e Manutenção da Edificação”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Cóias, V.; Fernandes, S.; Freitas, B.; (2012) “Caso de Estudo: reabilitação energética de duas moradias em Paço de Arcos”.

Cóias, V.; (2004) “Reabilitação: a melhor via para a construção sustentável”, GECORPA, Portugal.

Cóias, V.; (2008) “Inspeções e ensaios na reabilitação de edifícios”, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Cóias, V.; (2009) “Reabilitação Urbana: o sector da construção não está preparado”, GECORPA, Portugal.

Cóias, V.; (2011) “Reabilitação urbana”, GECORPA, Portugal.

Comissão das Comunidades Europeias [CCE]; (2004) “Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social e ao Comité das Regiões - Para uma Estratégia Temática sobre Ambiente Urbano”, COM, Bruxelas.

Conferência Europeia dos Ministros responsáveis pelo Ordenamento do Território do Conselho da Europa [CEMAT]; (2011) “Glossário do Desenvolvimento Territorial – Tradução portuguesa da publicação original”, Direção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, Lisboa.

“Construção 2001, Congresso Nacional da Construção. Por Uma Construção Sustentável no séc. XXI - vol. I e vol. II”, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Costa, A. et al; (2002) “A intervenção no património : Práticas de conservação e reabilitação”, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Costa, F.; (2012) “Desempenho energético de edifícios residenciais no contexto da regulamentação térmica com recurso”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova, Lisboa.

CYPE; (2014) “CYPE Ingenieros”, <http://www.cype.pt/>.

Diário da República [DR]; (2006) “DL n.º80/2006 de 4 de Abril – RCCTE”.

Diário da República [DR]; (2013) “DL n.º118/2013 de 20 de Agosto de 2014 – SCE, REH e RECS”.

Diário da República [DR]; (2014) “DL n.º53/2014 de 8 de Abril de 2014 – Exigências Técnicas Mínimas para a Reabilitação de Edifícios Antigos”.

Edge, S.; Thilakaratne, R.; (2008) “Sustainable Cities For Our Future”, Woods Bagot.

ENERONE; (2012) “12^a Jornadas da Climatização”, Ordem dos Engenheiros. Lisboa.

ERSE; (2014) “Tarifas e preços para a energia elétrica e outros serviços em 2015 e parâmetros para o período de regulação 2015- 2017”.

Falorca, J.; (2004) “Modelo para plano de inspeção e manutenção em edifícios correntes”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra.

Fernandes, S.; (2009) “Aspetos construtivos da reabilitação energética dos edifícios”, “Seminário Reabilitação energética dos edifícios, a melhor via para a sustentabilidade ”, Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve, Faro.

Ferreira, C.; (2009) “Construção Nova, Reabilitação de Edifícios e construção Sustentável”, Monografia apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Civil, Faculdade de Ciência e Tecnologia do Porto, Porto.

Flores, I.; (2002) “Estratégias de manutenção: Elementos da envolvente de edifícios correntes”. Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Flores, I.; Brito, J.; (2002) “Estratégias de Manutenção em Fachadas de Edifícios”; Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Flores, I.; Brito, J.; (2004) “Diagnóstico, Patologias e Reabilitação da Construção em Alvenaria de Pedra”, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Freitas, V.; (2012) “Manual de Apoio ao Projeto de Reabilitação de Edifícios Antigos”, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Gaspar, P.; Flores, I.; Brito, J.; (2002) “Maintenance and durability of external mortars and renders applied to field conditions. XXX IAHS World Congress on Housing – Housing Construction, 9-13 September 2002”, Coimbra.

Global Footprint Network; (2011) “Annual Report Population Challenges and Development”, UNDESA.

Gomes, M. L.; Marcelino; M. M.; Espada, M. G.; Ramos, T.; Rodrigues, V.; (2000) “Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável”, DGA, Portugal.

Gondek, D.; Blanco, C.; Patriota, P.; Gomes, V.; Silva, R.; (2011) “Pegada ecológica”, UNICEUB, Brasília, Brasil.

Gonçalves, H.; Graça, J.M.; (2004) “Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal”, DGGE / IP-3E, Lisboa.

GPEARl; (2011) “Boletim mensal de Economia Portuguesa”, Ministério da Economia, Portugal.

Hails, C.; Loh, J.; Goldfinger, S.; (2006) “Living planet report”, http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report.pdf

Healy, J.D.; (2003), “Journal of epidemiology and community health”, <http://jech.bmj.com/content/57/10/784.abstract>;

iSBE Portugal, Iniciativa internacional para a Sustentabilidade do Ambiente Construído; (2015) <http://www.iisbeportugal.org/portugues/portugues.html>

IHRU; (2007) “Atlas da Habitação de Portugal”, IHRU.

IHRU; (2008) “ Causas Comuns – Construção Sustentável no Projeto Ponte da Pedra”, IHRU.

Internacional Energy Agency; (2014) www.iea.org/stats/balancetable.asp?COUNTRY_CODE=PT.

Institut national de la statistique et des études économiques; (2014) www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp

INE; (2010) “Portugal em Números – Portugal in Figures”, INE, Lisboa.

INE; (2010) “Revista de Estudos Demográficos”, INE, Lisboa.

INE; (2014) “Censos 2011 - Resultados Preliminares”, INE, Lisboa.

ISO/DIS 15686 – 1 ; (1998) “ISO 15686 – Buildings — Service Life Planning — Part 1: General principles”, International Organization for Standardization, Genebra, Suíça.

ISO/DIS 15686 – 5 ; (2004) “ISO 15686 - Bâtiments et biens immobiliers construits - Prévision de la durée de vie - Partie 5: Calcul du coût global étendu”. International Organization for Standardization. Genebra, Suíça.

Isolani, P.; Fornari, A .; Zecchini, S.; (2008) “Eficiência energética nos edifícios residenciais - EnerBuilding.eu, Energy Efficiency”, DECO, Lisboa.

ITECONS; (2014) “DL 118-2013 de 20 de agosto – REH, Síntese da regulamentação aplicável”, Coimbra.

Karpinsky, L.; Pandolfo, A.; Reineher, R.; Guimarães, J. ; Pandolfo, L.; Kurek, J.; (2009) “ Gestão diferenciada de resíduos da construção civil. Uma abordagem ambiental”, EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil.

Lanzinha, J.; Freitas, V.; (2010) “Reabilitação de Edifícios – Metodologia de Diagnóstico e Intervenção”, Universidade da Beira Interior, Covilhã.

Lagarto, G.; (2013) “Os Limites e os Custos do RCCTE em Reabilitação: O Edifício Como Sistema

Energético “Tout Court”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Lamelas, D.; (2010) “Contributo da análise dos custos do ciclo de vida para a gestão da construção sustentável - Caso da reabilitação energética passiva para a sustentabilidade hoteleira”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Leite, C.; (2009) “Estrutura de um Plano de Manutenção de Edifícios Habitacionais”, Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Limão, A.C.; (2007) “Seleção e Avaliação de Soluções Sustentáveis na Construção – Identificação segundo o LIDERA e Análise de Custos e Benefícios”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Lopes, N.; (2006) “Reabilitação de Caixilharias de Madeira em Edifícios do Século XIX e Início do Século XX do Restauro à Seleção Exigencial de uma Nova Caixilharia: o Estudo do Caso da Habitação Corrente Portuguesa”, Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Reabilitação do Património Edificado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Lopes, T.; (2010) “Reabilitação Sustentável de Edifícios de Habitação”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade Nova, Lisboa.

Lourenço, P.; (n.d.) “Guia para a Reabilitação – Projeto Cooperar para Reabilitar – Revestimentos e Impermeabilização de Coberturas Cerâmicas Inclinadas, InovaDomus.

Macedo, M.; Pinto, M.; Macedo, P.; Silva, M.; (2012) “Agenda 21 Local em Portugal - Balanço realizado com base na comunicação através da internet”, Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa, Lisboa.

Mateus, A. e associados; (2008) “ Contributos para o plano estratégico de habitação 2008/2013 – Diagnóstico de dinâmicas e carências habitacionais”, CET – ISCTE/ IRIC.

Martins, A.; (2014) “A Sustentabilidade na Reabilitação do Edificado”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade Fernando Pessoa Faculdade de Ciências e Tecnologia, Porto.

Mateus, R. (2009); “Avaliação da Sustentabilidade da Construção”. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil/Processos de Construção, Universidade do Minho, Guimarães.

Maurício, F.; (2011) “Aplicação de Ferramentas de Facility Management à Manutenção Técnica de Edifícios de Serviços”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

McCormick, J.; (1992) “Rumo ao paraíso – A História do Movimento Ambientalista.”, Rio de Janeiro: Relume-Dumará, Brasil.

Meadows, D.; Randers, J.; Meadows, D.; (1972) “The Limits to Growth”.

Meadows, D.; Randers, J.; Meadows, D. ; (2004) “Limits to Growth: The 30-Year Update”.

Melo, A.P.; Matos, M.; Lamberts, R.; Versage, R.; Sorgato, M.; (2008) “Manual de simulação computacional de edifícios naturalmente ventilados no programa Energyplus”, LabEEE, Florianópolis, Brasil.

Mendes, L.; (2011) “Análise de Custos no Ciclo de Vida de Medidas Sustentáveis – Caso das Redes Prediais e Sistemas de Tratamento”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Mendes, M.J.; Frade, S.A.; (2009) ” 6º Programa de Ação em Matéria de Ambiente”, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Mesquita, A. S. G. (2012) “Análise da Geração de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Teresina”, Artigo, Brasil.

Mota, I.; Pinto, M.; Sá, J.; Marques, V.; Ribeiro, J.; (2007) “Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável [ENDS] 2005 - 2015”, APA, Amadora.

Moita, F. ; (2010) “Energia Solar Passiva”, Argumentum - Edições, Estudos e Realizações, Lisboa.

Morgado, J.; (2012) “Plano de inspeção e manutenção de coberturas de edifícios correntes”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Nações Unidas; (2014): www.un.org/

Nascimento, A.; Florentino, R.; (2009) “ Estudos de Economia do PROT-AML – Diagnóstico estratégico”.

Oliveira, A.C.; (1989) “Método simplificado para avaliação do comportamento térmico de edifícios solares passivos”, Instituto Nacional de Investigação Científica, Porto.

Paiva, J.; Aguiar, J.; Pinho, A.; Vilhena, A.; Santos, A.; Pedro, J.; et al. (2006) “Guia técnico de reabilitação habitacional”, INH e LNEC, Lisboa.

Passivhaus; (2007) “A Norma Passivhaus em climas quentes da Europa.”, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Lisboa.

Pavel, F.; (n.d.) “Bairro Alto: Renovação e Reabilitação, Identidade e Risco de Gentrification”, Fault, CIAUD.

PDM; (2012) “Indicadores de Monitorização do Plano Diretor Municipal de Lisboa”.

Pinheiro, M.D.; (2006) “Ambiente e Construção Sustentável”, Instituto do Ambiente, Lisboa.

Pinheiro, M.D.; (2011) “LiderA v2.0 - Sistema Voluntário para a Sustentabilidade dos Ambientes Construídos”, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Pinto, A.; (2012) “Eficiência energética de edifícios. Valorizar o comportamento passivo no caminho para os edifícios NZEB”, LNEC, Lisboa.

Pinto, A.; (2002) “Conservação e reabilitação de edifícios recentes – Reabilitação Térmica e Energética dos Vãos envidraçados da Envolvente dos Edifícios”, LNEC, Lisboa.

Pinto, A.; (2007) “Evolução do conceito e das práticas - A reabilitação urbana em Portugal”, Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica, Lisboa.

Pinto, A.F.; (2011) “Construção de uma base de dados de apoio à estimativa da vida útil das construções – Vida útil de referência”, Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Pires, C.; (2012) “Contributos para a reabilitação sustentável do parque habitacional edificado”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Guimarães.

Portal da habitação; (2015) www.portaldahabitacao.pt

Portugal 2020; (2014) “Programa Operacional da Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos – Versão de Trabalho”.

Real, S.; (2010) “Contributo da análise dos custos do ciclo de vida para projetar a sustentabilidade na construção”. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Roca, M.N.; (n.d.) “Migrações Internas e Circulação da População: O Caso da Região de Lisboa e Vale do Tejo”, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Lisboa.

Rodrigues, A.; Gomes, J.; (n.d) “Reabilitação energética de vãos de janela”, CAIXIAVE, Lisboa.

Roseiro, J.; (2012) “Causas, Anomalias e Soluções de Reabilitação Estrutural de Edifícios antigos – Estudo de Caso”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade Nova, Lisboa.

Saint-Gobain Weber Portugal; (2014) www.weber.com.pt

Saint-Gobain Weber Portugal; (2012) “Fachadas eficientes – Manual técnico”, Portugal

Santos, C.A.P. dos; Matias, L.M.C.; (2006) “Coeficientes de transmissão térmica de elementos de envolvente dos edifícios (Edifícios – ITE 50), LNEC, Lisboa.

Santos, C.A.P. dos; Rodrigues, R.; (2009) “Coeficientes de transmissão térmica de elementos de envolvente dos edifícios (Edifícios – ITE 54), LNEC, Lisboa.

Silva, J.; (2011) “Vidas Úteis em Elementos da Construção em Edifícios Habitacionais – Sistemas Envelope e Interior”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Silva, J.; (2012) “Reabilitação térmica de edifícios residenciais: propostas de intervenção”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.

Silva, M.; (2014) “Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada – Aplicação ao caso de Brasília/DF”, Tese de Doutoramento em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasil.

Silva, P.; (2006) “Análise do Comportamento Térmico de Construções não Convencionais através de Simulação em Visual DOE”, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães.

Silvestre, J.D.; Brito, J.; Pinheiro, M.D.; (2011) “Avaliação do ciclo de vida do berço ao berço: aplicação a paredes exteriores de edifícios”, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Soares, D.; (2012) “Programa previsional de manutenção em edifícios históricos”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Tarré, G.; (2010) “Poderá a reabilitação incorporar a procura da sustentabilidade -Análise de Caso - Moradia Unifamiliar”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Tirone, L.; Nunes, K.; (2010) “ Construção Sustentável - Soluções Eficientes Hoje, a nossa Riqueza de Amanhã” , Tirones Nunes, Portugal.

Torgal, P; Jalali, S; “A Sustentabilidade dos Materiais de Construção”, Portugal.

United Nations Department of Economic and Social Affairs [UNDESA]; (2013) <http://sustainabledevelopment.un.org/>

United Nations [UN]; (2005) “Population Challenges and Development Goals”, New York, USA.

VEIGA, M.; (2005) “Comportamento de rebocos para edifícios antigos: Exigências gerais e requisitos específicos para edifícios antigos”, LNEC, Lisboa

VEIGA, M. et al.; (2004) “Conservação e renovação de revestimentos de paredes de edifícios antigos”, LNEC, Lisboa.

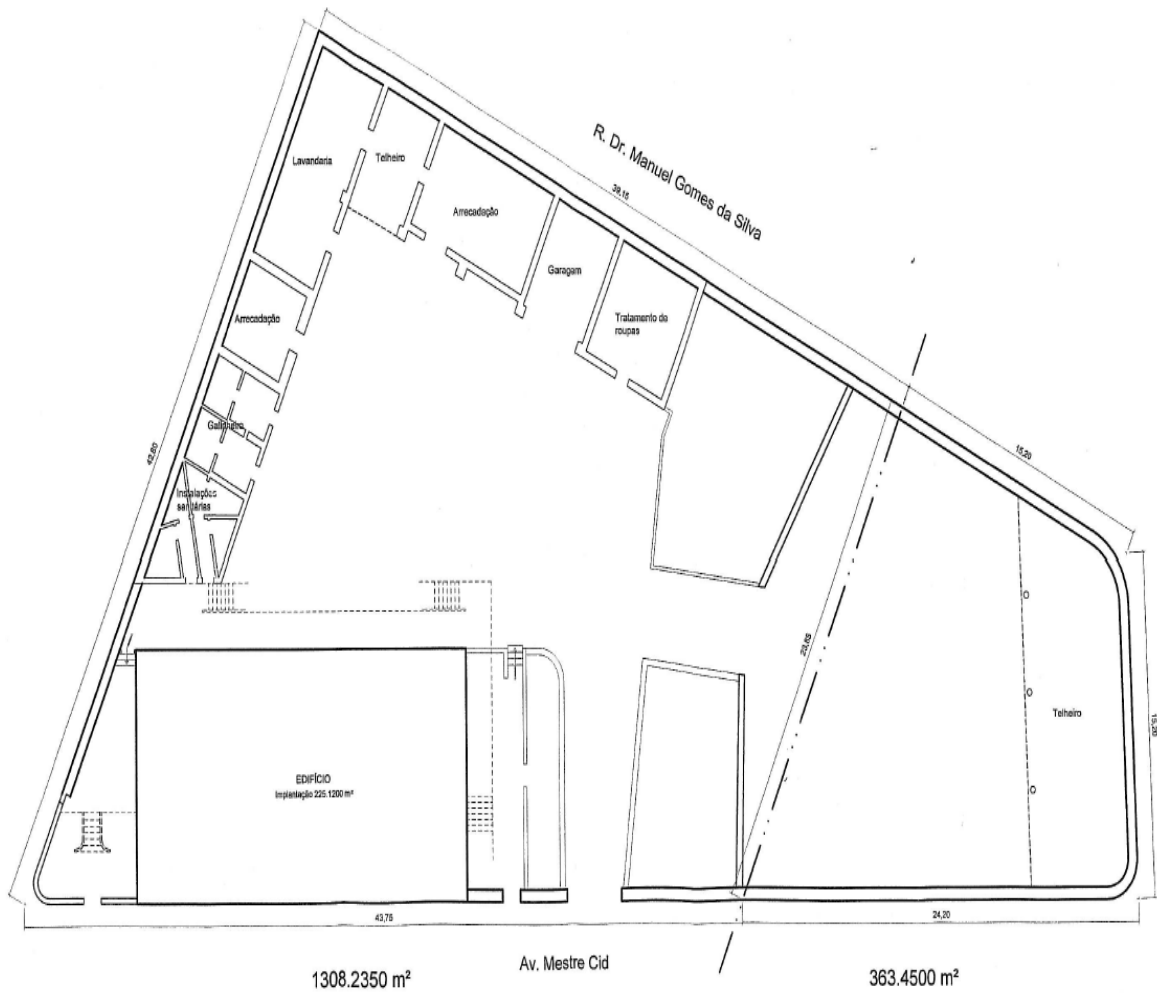
Vilão, R. ; Venâncio, C. ; Liberal, P. ; Venâncio, R.; (2010) “SIDS Portugal - Indicadores-chave 2010”, APA, Lisboa.

XVI Congresso da Ordem dos Engenheiros; (2006) "A Engenharia ao Serviço do País", Ordem dos Engenheiros, Lisboa.

ANEXOS

I. PLANTAS DO EDIFÍCIO

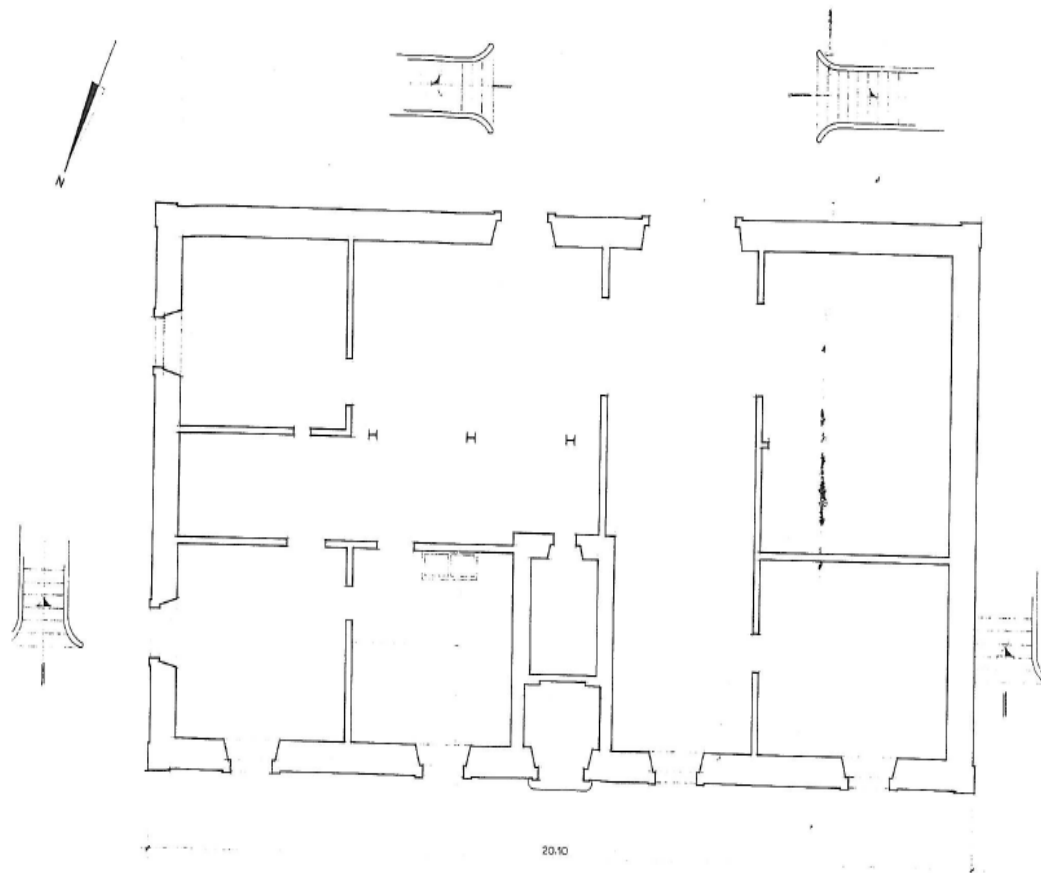
a. IMPLANTAÇÃO NO TERRENO



Escala 1/200
Área total do terreno
1671.6850 m²

JARDIM DE INFÂNCIA DO CARTAXO
Av. Mestre Cid
CARTAXO

b. PISO TÉRREO



JARDIM DE INFÂNCIA DO CARTAXO

Av. Mestre Cid

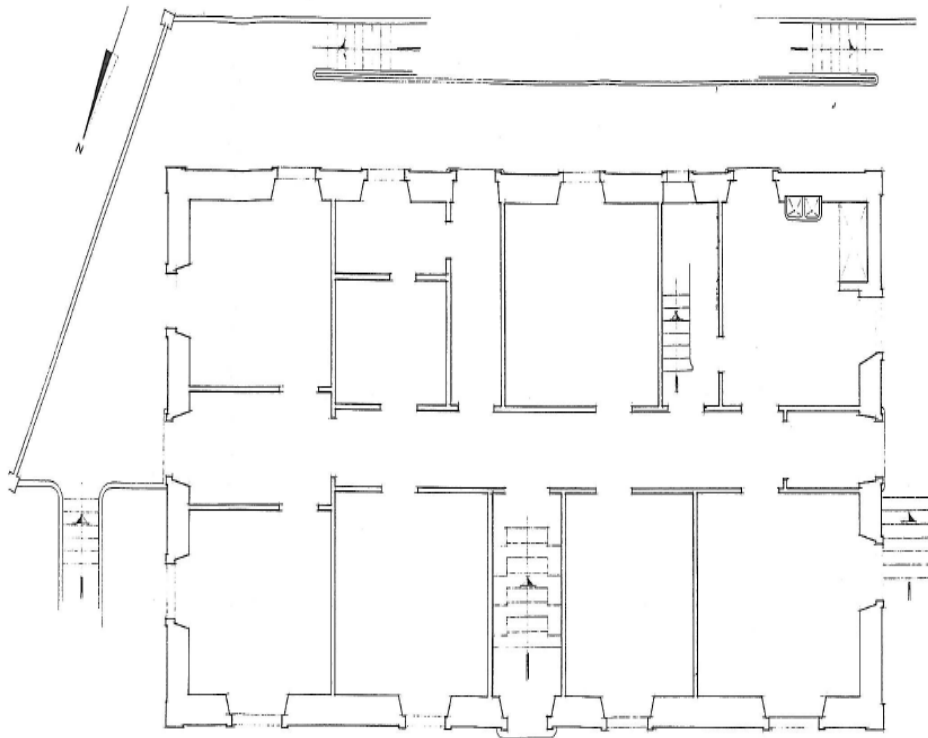
CARTAXO

Edifício-Sede

Cave

Escala 1/100

c. PISO 1



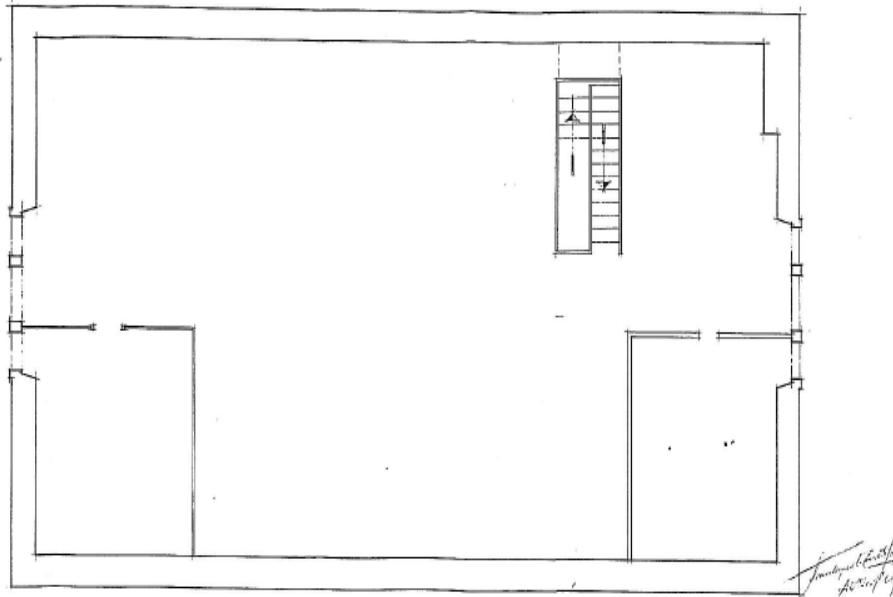
JARDIM DE INFÂNCIA DO CARTAXO

Av. Mestre Cid

CARTAXO

Edifício-Sede Rés-do-Chão Escala 1/100

d. PISO DE ÁGUAS FURTADAS



JARDIM DE INFÂNCIA DO CARTAXO

Av. Mestre Cid

CARTAXO

Edifício-Sede Águas Furtadas Escala 1/100

II. FICHAS DE AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO

Elemento da envolvente	Zona	Referência da verificação	Classificação	
A. Elementos verticais	A.1. Parte opaca	A.1.1. Acabamentos finais	4	Bom estado, sem necessidade de intervenção.
			3	A necessitar repintura/ limpeza geral Limpeza e reparação dos revestimentos cerâmicos, de pedra natural ou artificial até 10%.
			2	Limpeza e reparação dos revestimentos cerâmicos, de pedra natural ou artificial até 50%.
			1	A necessitar reparação/substituição superior a 50%.
			S/CLASS.	A queda de materiais põe em causa a segurança de pessoas e bens.
			Notas	
		A.1.2. Revestimento de paredes	4	Bom estado, sem necessidade de intervenção.
			3	Necessidade de limpar e refazer o revestimento até 10%. Microfissuras e fissuras estabilizadas que não põem em perigo a estabilidade da parede e que requerem apenas uma reparação superficial ou pontual.
			2	Limpar e refazer o revestimento em cerca de 50%. Fissuras não estabilizadas e que requerem reparações significativas ou generalizadas.
			1	Despreendimentos localizados de materiais. Refazer ou substituir totalmente o revestimento.
			S/CLASS.	Instabilidade dos revestimentos.
			Notas	As fissuras existentes requerem análise para comprovar a evolução/estabilização.
		A.1.3. Varandas	4	Bom estado, sem necessidade de intervenção. Edifício sem varandas.
			3	A necessitar de reparações pontuais / repintura até 10%.
			2	A necessitar de reparações em cerca de 50%.
			1	A necessitar reparação total. Proteções a necessitar de substituição.
			S/CLASS.	Risco de ruína da varanda, Proteções inexistentes.
			Notas	
A. Elementos verticais	A.1. Parte opaca	A.1.4. Infiltrações	4	Sem evidências de infiltrações.
			3	Infiltrações de água muito pontuais e devidas a acidentes.
			2	Infiltrações graves e localizada.
			1	Infiltrações graves generalizadas.

Elemento da envolvente	Zona	Referência da verificação	Classificação	
			S/CLASS.	Infiltração grave de água, colocando em causa a segurança estrutural. Riscos elétricos associados à infiltração de água.
			Notas	
		A.1.5. Tipo de parede	4	Parede com isolamento térmico.
			3	Parede dupla, sem isolamento.
			2	Outras paredes com espessura superior a 40 cm.
			1	Parede simples e espessura inferior a 40 cm.
			S/CLASS.	Parede de fasquiado de madeira.
			Notas	
		A.1.6. Condensações nos paramentos interiores	4	Não existem evidências de condensações nos paramentos interiores.
			3	Existem evidências de condensações interiores em menos de 10% dos fogos.
			2	Existem evidências de condensações interiores entre 10% e 50%.
			1	Existem evidências de condensações nos paramentos interiores em mais de 50%.
			S/CLASS.	
	Notas			
	A.2. Caixilharia / Envidraçados	A.2.7. Caixilharia	4	Bom estado. Sem necessidade de intervenção.
			3	Limpeza e pequena reparação de pintura, estanqueidade das folhas ou vidros. Substituição parcial de ferragem ou mecanismos de acionamento. Substituição total até 10%.
			2	Reparação generalizada com substituição até 50%.
			1	Degradação importante. Substituição superior a 50%.
			S/CLASS.	Risco eminente de queda para a via pública.
			Notas	
			A.2.8. Vidros	4
		3		Duplos, em bom estado. Vedações em más condições.
		2		Simple, em bom estado. Vedações em más condições.
1		A necessitar substituição ou fissurados.		
S/CLASS.		Vidros partidos.		
Notas				
A.2.9. Infiltrações		4	Sem indícios de infiltração.	
		3	Problemas pontuais ocasionados por penetração accidental de água.	

Elemento da envolvente	Zona	Referência da verificação	Classificação	
			2	Evidência de infiltrações pontuais de água nas ombreiras e parte inferior do peitoril. Peitoril sem inclinação
			1	Graves problemas de infiltração de água. Peitoril sem dispositivo de drenagem de água ou proteção interior.
			S/CLASS.	
			Notas	
B. Cobertura	B.1. Zona comum	B.1.10. Revestimento	4	Revestimento em bom estado de conservação e limpeza.
			3	Falta de manutenção necessitando pequenas reparações em peças e acessórios nomeadamente cumeeiras, remates perimetrais, etc. Recomenda-se a fixação ou substituição dos elementos de revestimento até 10%. Substituição dos elementos de suporte degradados até 10%.
			2	Estado de degradação importante, necessitando reparações generalizadas com substituição de elementos de revestimento ou reconstrução da cobertura até 50%. Substituição dos elementos de suporte degradados até 50%. Refazer pendente da cobertura.
			1	Degradação generalizada. Vegetação parasitária. Necessidade de reparação ou substituição total.
			S/CLASS.	Risco de queda de elementos na via pública. Problemas graves de infiltração de água.
			Notas	
		B.1.11. Tipo de cobertura	4	Cobertura com isolamento térmico e estrutura contínua estável e em bom estado de conservação. Cobertura com estrutura descontínua, fortemente ventilada e isolamento térmico colocado sobre a laje de esteira.
			3	Cobertura com estrutura contínua, estável, em bom estado de conservação, sem isolamento térmico.
			2	Cobertura com estrutura descontínua, estável, em bom estado de conservação, sem isolamento térmico.
			1	Cobertura com estrutura descontínua, não estável, em mau estado de conservação, sem isolamento térmico.
			S/CLASS.	Risco de ruína eminente da cobertura.
			Notas	
		B.1.12. Infiltrações	4	Sem evidências de infiltrações.
			3	Infiltrações de água muito pontuais e devidas a acidentes.
			2	Infiltrações graves e localizada.

Elemento da envolvente	Zona	Referência da verificação	Classificação			
			1	Infiltrações graves generalizadas.		
			S/CLASS.	Infiltração grave de água, colocando em causa a segurança estrutural. Riscos elétricos associados à infiltração de água.		
			Notas			
	B.2. Elementos salientes	B.2.13. Ligações com elementos salientes		4	Ligações existentes estanques e em bom estado de conservação.	
				3	Ligações existentes estanques e em mau estado de conservação. Necessidade de substituição até 10%.	
				2	Ligações deficientes, não estanques. Necessidade de substituição até 50%.	
				1	Ligações inexistentes. Necessidade de substituição superior a 50%.	
				S/CLASS.	Riscos elétricos associados à infiltração de água.	
				Notas		
				B.2.14. Capeamentos das platibandas		
		3	Capeamentos das platibandas existentes, estanques e em mau estado de conservação. Necessidade de substituição até 10%.			
		2	Capeamentos das platibandas deficientes, não estanques. Necessidade de substituição até 50%.			
		1	Capeamentos das platibandas inexistentes. Necessidade de substituição superior a 50%.			
		S/CLASS.	Capeamentos das platibandas soltos e em risco de queda para a via pública.			
		Notas				
	B.3. Drenagem das águas pluviais	B.3.15. Caleiras		4	Caleiras exteriores com funcionamento eficaz. Bom estado de conservação e limpeza.	
				3	Caleiras exteriores limpas e com funcionamento eficaz. Revestimento a necessitar reparação.	
				2	Caleiras interiores limpas e com bom funcionamento. Caleiras exteriores com funcionamento deficiente ou com necessidade de substituição até 10%. Sistema de fixação degradado.	
1				Caleiras inexistentes ou com falta de peças. Caleiras interiores entupidas ou com funcionamento deficiente. Evidência de transbordo das águas pluviais para o interior.		
Notas						

Elemento da envolvente	Zona	Referência da verificação	Classificação	
			S/CLASS.	Sistema de fixação deficiente. Risco de queda para a via pública.
			Notas	Observam-se evidências de infiltrações graves nas zonas de descarga e união com tubos de queda.
		B.3.16. Tubos de queda	4	Tubos de queda exteriores com funcionamento eficaz. Bom estado de conservação e limpeza.
			3	Tubos de queda exteriores com funcionamento eficaz. Revestimento a necessitar de reparação.
			2	Tubos de queda interiores, com ralos limpos e com bom funcionamento. Tubos de queda exteriores com funcionamento deficiente ou com necessidade de substituição até 50%.
			1	Tubos de queda inexistentes ou com falta de peças. Tubos de queda interiores entupidos ou com funcionamento deficiente. Evidência de infiltração de águas pluviais para o interior.
			S/CLASS.	Sistema de fixação deficiente. Risco de queda para a via pública.
			Notas	
		B.3.17. Ligação à rede de águas pluviais	4	Caixa de areia e ligação à rede geral de drenagem de águas pluviais.
			3	Caixa de areia e ligação à valeta com tubagem embebida no passeio.
			2	Caixa aberta e ligação a valeta com tubagem embebida no passeio.
			1	Queda livre de águas pluviais junto à base das paredes dos edifícios.
			S/CLASS.	
			Notas	

III. FICHA MODELO DE DIAGNÓSTICO

Elemento: REF.^{as} das verificações:		Ficha nº:	Modelo
Anomalias:		Data da inspeção	
Descrição	Imagens		
Descrição das anomalias identifica- das e quantificação da área afetada.			
Causas prováveis			
Identificação das potenciais causas e origens das anomalias.			

QUADRO I.1

CONDUTIBILIDADES TÉRMICAS
ISOLANTES TÉRMICOS

λ [W/(m.°C)]

Material	Massa volúmica aparente seca, ρ [kg/m ³]	Condutibilidade térmica, valor de cálculo, λ [W/(m. °C)]	
ISOLANTES TÉRMICOS			
<i>lã mineral (MW)</i>			
lã de rocha	20 – 35	0,045	
	35 – 100	0,040	
	100 – 180	0,042	
lã de vidro	8 – 15	0,045	
	15 – 100	0,040	
<i>aglomerado de cortiça expandida (ICB)</i>	90 – 140	0,045	
<i>aglomerado de cortiça natural com ligantes betuminosos ou sintéticos</i>	100 – 150	0,050	
	150 – 250	0,055	
<i>poliestireno expandido moldado (EPS)</i>	< 11	0,055	
	11 – 13	0,045	
	13 – 15	0,042	
	15 – 20	0,040	
	> 20	0,037	
<i>poliestireno expandido extrudido (XPS)</i>	25 – 40	0,037	
<i>espuma rígida de poliuretano (PUR) ou de poli-isocianurato (PIR)</i>			
	em placas	20 – 50	0,040
	projectado ou injectado in situ entre paramentos metálicos (painéis sanduiche)	20 – 50 35 – 50	0,042 0,037
<i>espuma de polietileno expandido extrudido (PEF)</i>	20 – 50	0,050	
<i>grânulos leves ou fibras soltas (sem ligante)</i>			
	grânulos de argila, de vermiculite ou de perlite expandidas	< 400	0,16
	outros tipos de grânulos leves ou de fibras soltas	20 – 100	0,060
<i>espuma elastomérica flexível (FEF)</i>	60 – 80	0,050	

V. CÁLCULOS DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DA SITUAÇÃO DE REF^a DO ESTUDO

a. TRANSMISSÃO

Folha de Cálculo A				TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA			
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO				TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA			
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR				A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR			
PAREDES EXTERIORES	Área A	U	U.A	PAREDES EXTERIORES	Área A	U _{ref}	U.A
	m ²	W/m ² .°C	W/°C		m ²	W/m ² .°C	W/°C
				<i>correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil</i>			
PDE1	114,50	1,60	183,20	PDE1	114,50	0,50	57,25
PDE1	61,00	1,60	97,60	PDE1	61,00	0,50	30,50
PDE1	110,80	1,60	177,28	PDE1	110,80	0,50	55,40
PDE1	61,70	1,60	98,72	PDE1	61,70	0,50	30,85
COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A	U _{ascendente}	U.A	COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A	U _{ascendente}	U.A
	m ²	W/m ² .°C	W/°C		m ²	W/m ² .°C	W/°C
CBE1	282,80	3,80	1074,64	CBE1	282,80	0,40	113,12
		TOTAL	1074,64			TOTAL	113,12
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A	U	U.A	VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m ²	W/m ² .°C	W/°C		m ²	W/m ² .°C	W/°C
1 (VE1)	0,70	4,30	3,01	1 (VE1)	0,70	2,90	2,03
2 (VE1)	0,70	4,30	3,01	2 (VE1)	0,70	2,90	2,03
3 (VE1)	0,70	4,30	3,01	3 (VE1)	0,70	2,90	2,03
4 (VE1)	0,70	4,30	3,01	4 (VE1)	0,70	2,90	2,03
5 (VE1)	0,70	4,30	3,01	5 (VE1)	0,70	2,90	2,03
6 (VE1)	6,00	4,30	25,80	6 (VE1)	6,00	2,90	17,40
7 (VE1)	0,70	4,30	3,01	7 (VE1)	0,70	2,90	2,03
8 (VE1)	10,00	4,30	43,00	8 (VE1)	10,00	2,90	29,00
9 (VE1)	6,00	4,30	25,80	9 (VE1)	6,00	2,90	17,40
10 (VE1)	0,70	4,30	3,01	10 (VE1)	0,70	2,90	2,03
11 (VE1)	2,00	4,30	8,60	11 (VE1)	2,00	2,90	5,80
12 (VE1)	2,00	4,30	8,60	12 (VE1)	2,00	2,90	5,80
13 (VE1)	2,00	4,30	8,60	13 (VE1)	2,00	2,90	5,80
14 (VE1)	6,00	4,30	25,80	14 (VE1)	6,00	2,90	17,40
15 (VE1)	2,00	4,30	8,60	15 (VE1)	2,00	2,90	5,80
16 (VE1)	2,00	4,30	8,60	16 (VE1)	2,00	2,90	5,80
17 (VE1)	2,00	4,30	8,60	17 (VE1)	2,00	2,90	5,80
18 (VE1)	6,00	4,30	25,80	18 (VE1)	6,00	2,90	17,40
19 (VE1)	2,00	4,30	8,60	19 (VE1)	2,00	2,90	5,80
20 (VE1)	6,00	4,30	25,80	20 (VE1)	6,00	2,90	17,40
21 (VE1)	4,00	4,30	17,20	21 (VE1)	4,00	2,90	11,60
22 (VE1)	2,00	4,30	8,60	22 (VE1)	2,00	2,90	5,80
23 (VE1)	0,70	4,30	3,01	23 (VE1)	0,70	2,90	2,03
24 (VE1)	6,00	4,30	25,80	24 (VE1)	6,00	2,90	17,40
25 (VE1)	2,00	4,30	8,60	25 (VE1)	2,00	2,90	5,80

Folha de Cálculo A				TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA			
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO				TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA			
26 (VE1)	6,00	4,30	25,80	26 (VE1)	6,00	2,90	17,40
27 (VE1)	6,00	4,30	25,80	27 (VE1)	6,00	2,90	17,40
28 (VE1)	4,00	4,30	17,20	28 (VE1)	4,00	2,90	11,60
29 (VE1)	2,00	4,30	8,60	29 (VE1)	2,00	2,90	5,80
		TOTAL	393,88			TOTAL	265,64
PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B	Ψ	$\Psi.B$	PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B	Ψ	$\Psi.B$
	m	W/m. $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C		m	W/m. $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C
Fach. com pavimentos térreos	62,80	0,80	50,24	Fach. com pavimentos térreos	62,80	0,50	31,40
Fachada com pavimento intermédio	61,30	0,50	30,65	Fachada com pavimento intermédio	61,30	0,50	30,65
Fachada com varanda	31,40	0,55	17,27	Fachada com varanda	31,40	0,50	15,70
Dois paredes verticais em ângulo saliente	28,00	0,50	14,00	Dois paredes verticais em ângulo saliente	28,00	0,40	11,20
Fachada com caixilharia	215,20	0,25	53,80	Fachada com caixilharia	215,20	0,20	43,04
Fachada com cobertura	68,40	1,00	68,40	Fachada com cobertura	68,40	0,50	34,20
		TOTAL	234,36			TOTAL	166,19
	Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H_{ext}	2259,68	W/ $^{\circ}$ C		Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H_{ext}	718,95	W/ $^{\circ}$ C
A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR			
	Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H_{int}	0,00	W/ $^{\circ}$ C		Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H_{int}	0,00	W/ $^{\circ}$ C
A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO			
PAREDES ENTERRADAS	Área	U_{bw}	$A.U_{bw}$	PAREDES ENTERRADAS	Área	U_{bw}	$A.U_{bw}$
	m 2	W/m 2 . $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C		m	W/m 2 . $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C
PDET1	31,40	1,50	47,10	PDET1	31,40	0,50	15,70
		TOTAL	47,10			TOTAL	15,70
PAVIMENTOS ENTERRADOS	Área	U_{bf}	$A.U_{bf}$	PAVIMENTOS ENTERRADOS	Área	U_{bf}	$A.U_{bf}$
	m 2	W/m 2 . $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C		m	W/m 2 . $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C
<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade $z>0$).</i>				<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade $z>0$).</i>			
PVET1	112,50	0,80	90,00	PVET1	112,50	0,50	56,25
		TOTAL	90,00			TOTAL	56,25
PAVIMENTOS TÉRREOS	Área	U_f	$A.U_f$	PAVIMENTOS TÉRREOS	Área	U_f	$A.U_f$
	m 2	W/m 2 . $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C		m	W/m 2 . $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C
<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade $z\leq 0$) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>				<i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade $z\leq 0$) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>			
PVT1	225,00	1,00	225,00	PVT1	225,00	0,50	112,50
		TOTAL	225,00			TOTAL	112,50

Folha de Cálculo A				TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA			
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO							
	Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{ecs}	362,10	W/°C		Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo $H_{ecs REF}$	184,45	W/°C
A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO				A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO			
	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext}	2 259,68	W/°C		Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext REF}$	718,95	W/°C
		+				+	
	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu} + H_{adj}$	0,00	W/°C		Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu REF} + H_{adj REF}$	0,00	W/°C
		+				+	
	Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ecs}	362,10	W/°C		Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs REF}$	184,45	W/°C
		=				=	
	Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	2 621,78	W/°C		Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr REF}$	903,40	W/°C
A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO				A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO			
	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext}	2 259,68	W/°C		Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext REF}$	718,95	W/°C
		+				+	
	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu}	0,00	W/°C		Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu REF}$	0,00	W/°C
		+				+	
	Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ecs}	362,10	W/°C		Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs REF}$	184,45	W/°C
		=				=	
	Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	2 621,78	W/°C		Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr REF}$	903,40	W/°C

b. VENTILAÇÃO

Folha de Cálculo B			TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA		
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO					
B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO			B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO		
	1				
	-				
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,i}$	0				
	x				
Caudal médio diário insuflado V_{ins}	0	m^3/h			
	÷				
$R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d$	742,65	m^3/h			
	=				
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00				
	x				
	0,34			0,34	
	x			x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	0,47	h^{-1}	Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i,REF}$	0,47	h^{-1}
	x			x	
Área útil de pavimento A_p	519,00	m^2	Área útil de pavimento A_p	519,00	m^2
	x			x	
Pé direito médio da fração P_d	3,04	m	Pé direito médio da fração P_d	3,04	m

Folha de Cálculo B			TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA		
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO					
	=			=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$	252, W/ 50 °C		Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i,REF}$	252, W/ 50 °C	
B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO					
	1				
	-				
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,v}$	0				
	x				
Caudal médio diário insuflado V_{ins}	0	m ³ / h			
	÷				
	948,06	m ³ / h			
	=				
Fator de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00				
	x				
	0,34				
	x				
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{ph,v}$	0,60	h ⁻¹			
	x				
Área útil de pavimento A_p	519,00	m ²			
	x				

Folha de Cálculo B			<i>TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA</i>		
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO					
Pé direito médio da fração P_d	3,04	m			
	=				
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,v}$	322, W/	34 °C			

c. GANHOS DE INVERNO

<p style="text-align: center;">Folha de Cálculo C</p> <p style="text-align: center;">GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO</p>								
C.1 - GANHOS INTERNOS								
						0,72		
						x		
					Ganhos internos médios Q_{int}	4	W/m ²	
						x		
					Duração da estação de aquecimento M	5,15	meses	
						x		
					Área útil de pavimento A_p	519	m ²	
						=		
					Ganhos internos brutos $Q_{int,j}$	7691,83	kWh/ano	
C.2 - GANHOS SOLARES								
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar Inverno g_i	Área A_w	Fator de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i},F_{o,i},F_{t,i}$	Fração Envidraçada F_g	Área efetiva coletora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot g_i$	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{s,i}$
			m ²			m ²		m ²
1 (VE1)	Norte	0,79	0,70	0,90	0,70	0,35	0,27	0,10
2 (VE1)	Norte	0,79	0,70	0,90	0,70	0,35	0,27	0,10

			Folha de Cálculo C					
			GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO					
3 (VE1)	Norte	0,79	0,70	0,90	0,70	0,35	0,27	0,10
4 (VE1)	Este	0,79	0,70	0,90	0,70	0,35	0,56	0,20
5 (VE1)	Este	0,79	0,70	0,90	0,70	0,35	0,56	0,20
6 (VE1)	Sul	0,79	6,00	0,90	0,70	2,99	1,00	2,99
7 (VE1)	Norte	0,79	0,70	0,90	0,70	0,35	0,27	0,10
8 (VE1)	Sul	0,79	10,00	0,90	0,70	4,99	1,00	4,99
9 (VE1)	Sul	0,79	6,00	0,90	0,70	2,99	1,00	2,99
10 (VE1)	Oeste	0,79	0,70	0,90	0,70	0,35	0,56	0,20
11 (VE1)	Oeste	0,79	2,00	0,90	0,70	1,00	0,56	0,56
12 (VE1)	Norte	0,79	2,00	0,90	0,70	1,00	0,27	0,30
13 (VE1)	Norte	0,79	2,00	0,90	0,70	1,00	0,27	0,30
14 (VE1)	Norte	0,79	6,00	0,90	0,70	2,99	0,27	0,90
15 (VE1)	Norte	0,79	2,00	0,90	0,70	1,00	0,27	0,30
16 (VE1)	Norte	0,79	2,00	0,90	0,70	1,00	0,27	0,30
17 (VE1)	Este	0,79	2,00	0,90	0,70	1,00	0,56	0,56
18 (VE1)	Este	0,79	6,00	0,90	0,70	2,99	0,56	1,68
19 (VE1)	Este	0,79	2,00	0,90	0,70	1,00	0,56	0,56
20 (VE1)	Sul	0,79	6,00	0,90	0,70	2,99	1,00	2,99
21 (VE1)	Sul	0,79	4,00	0,90	0,70	2,00	1,00	2,00
22 (VE1)	Sul	0,79	2,00	0,90	0,70	1,00	1,00	1,00
23 (VE1)	Sul	0,79	0,70	0,90	0,70	0,35	1,00	0,35
24 (VE1)	Sul	0,79	6,00	0,90	0,70	2,99	1,00	2,99

			Folha de Cálculo C					
			GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO					
25 (VE1)	Oeste	0,79	2,00	0,90	0,70	1,00	0,56	0,56
26 (VE1)	Oeste	0,79	6,00	0,90	0,70	2,99	0,56	1,68
27 (VE1)	Este	0,79	6,00	0,90	0,70	2,99	0,56	1,68
28 (VE1)	Oeste	0,79	4,00	0,90	0,70	2,00	0,56	1,12
29 (VE1)	Oeste	0,79	2,00	0,90	0,70	1,00	0,56	0,56
						<i>Em nenhum caso o produto $X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f$ deve ser menor que 0,27;</i>	TOTAL	32,35
<i>Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o \cdot F_f$ deve ser inferior ou igual a 0,9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.</i>								
					Área efectiva total equivalente na orientação a Sul	32,35	m ²	
						x		
Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sul}						145	kWh/m ² .mês	
						x		
					Duração da estação de aquecimento M	5,15	meses	
						=		
					Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	24139,03	kWh/ano	
C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS								

		Folha de Cálculo C					
		GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA					
		ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO					
				Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	7691,83	kWh/ano	
					+		
				Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	24139,03	kWh/ano	
					=		
				Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	31830,85	kWh/ano	
C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA							
Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sul}					145	kWh/m ² .mês	
					x		
					0,182		
					x		
					0,2		
					x		
				Área útil de pavimento A_p	519,00	m ²	
					=		
				Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	2739,28	kWh/ano	
					+		

			Folha de Cálculo C					
			GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA					
			ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO					
					<i>Ganhos internos brutos</i> $Q_{int,i}$	7691,83	kWh/ano	
						=		
					<i>Ganhos térmicos brutos</i> $Q_{g,i}$	10431,11112	kWh/ano	

d. GANHOS DE VERÃO

<p style="text-align: center;">Folha de Cálculo D</p> <p style="text-align: center;">GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA</p> <p style="text-align: center;">ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO</p>											
D.1 - GANHOS INTERNOS											
							Ga- nhos inter- nos mé- dios q_{int}	4	W/m ²		
								x			
							Dura- ção da esta- ção de arrefe- ci- mento L_v	2928	horas		
								x			
							Área útil de pavi- mento A_p	519,00	m ²		
								÷			
								1000			

							Folha de Cálculo D						
							GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO						
								=					
							Ganhos inter-nos brutos $Q_{int,v}$	6078,53	kWh/ano				
D.2 - GANHOS SOLARES													
VÃOS ENVIDRAÇADOS													
De-sig-na-ção do Envidra-çado	Ori-enta-ção	Área m^2	Tipo de Vi-dro	Fra-ção Envidra-çada F_g	Fator Sel. An-gular $F_{w,v}$	Fração Tempo Prot. Mó-veis ativas $F_{m,v}$	FS Global Prot. Mó-veis e Perm. g_T	FS Global Prot. g_{TP}	FS de Verão $g_v = F_{m,v} \cdot g_T + (1 - F_{m,v}) \cdot g_{TP}$	Área Efetiva $A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_v$	Fator de Obs-trução $F_{s,v} = F_{h,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{f,v}$	Intensidade da Radiação I_{sol}	$I_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_s$
										m^2		$kWh/m^2 \cdot ano$	kWh/ano
1 (VE1)	Norte	0,70	Sim-ples	0,70	0,85	0,00	0,30	0,75	0,75	0,37	0,90	225,00	74,22
2 (VE1)	Norte	0,70	Sim-ples	0,70	0,85	0,00	0,30	0,75	0,75	0,37	0,90	225,00	74,22
3 (VE1)	Norte	0,70	Sim-ples	0,70	0,85	0,00	0,30	0,75	0,75	0,37	0,90	225,00	74,22
4 (VE1)	Este	0,70	Sim-ples	0,70	0,90	0,60	0,30	0,79	0,50	0,24	0,90	500,00	109,54

				Folha de Cálculo D										
				GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA										
				ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO										
5 (VE1)	Este	0,70	Sim- ples	0,70	0,90	0,60	0,30	0,79	0,50	0,24	0,90	500,00	109,54	
6 (VE1)	Sul	6,00	Sim- ples	0,70	0,80	0,60	0,30	0,70	0,46	1,94	0,90	410,00	715,39	
7 (VE1)	Norte	0,70	Sim- ples	0,70	0,85	0,00	0,30	0,75	0,75	0,37	0,90	225,00	74,22	
8 (VE1)	Sul	10,00	Sim- ples	0,70	0,80	0,60	0,30	0,70	0,46	3,23	0,90	410,00	1192,31	
9 (VE1)	Sul	6,00	Sim- ples	0,70	0,80	0,60	0,30	0,70	0,46	1,94	0,90	410,00	715,39	
10 (VE1)	Oeste	0,70	Sim- ples	0,70	0,90	0,60	0,30	0,79	0,50	0,24	0,90	500,00	109,54	
11 (VE1)	Oeste	2,00	Sim- ples	0,70	0,90	0,60	0,30	0,79	0,50	0,70	0,90	500,00	312,98	
12 (VE1)	Norte	2,00	Sim- ples	0,70	0,85	0,00	0,30	0,75	0,75	1,05	0,90	225,00	212,06	
13 (VE1)	Norte	2,00	Sim- ples	0,70	0,85	0,00	0,30	0,75	0,75	1,05	0,90	225,00	212,06	
14 (VE1)	Norte	6,00	Sim- ples	0,70	0,85	0,00	0,30	0,75	0,75	3,14	0,90	225,00	636,17	
15 (VE1)	Norte	2,00	Sim- ples	0,70	0,85	0,00	0,30	0,75	0,75	1,05	0,90	225,00	212,06	
16 (VE1)	Norte	2,00	Sim- ples	0,70	0,85	0,00	0,30	0,75	0,75	1,05	0,90	225,00	212,06	
17 (VE1)	Este	2,00	Sim- ples	0,70	0,90	0,60	0,30	0,79	0,50	0,70	0,90	500,00	312,98	
18 (VE1)	Este	6,00	Sim- ples	0,70	0,90	0,60	0,30	0,79	0,50	2,09	0,90	500,00	938,95	

				Folha de Cálculo D										
				GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA										
				ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO										
19 (VE1)	Este	2,00	Sim- ples	0,70	0,90	0,60	0,30	0,79	0,50	0,70	0,90	500,00	312,98	
20 (VE1)	Sul	6,00	Sim- ples	0,70	0,80	0,60	0,30	0,70	0,46	1,94	0,90	410,00	715,39	
21 (VE1)	Sul	4,00	Sim- ples	0,70	0,80	0,60	0,30	0,70	0,46	1,29	0,90	410,00	476,93	
22 (VE1)	Sul	2,00	Sim- ples	0,70	0,80	0,60	0,30	0,70	0,46	0,65	0,90	410,00	238,46	
23 (VE1)	Sul	0,70	Sim- ples	0,70	0,80	0,60	0,30	0,70	0,46	0,23	0,90	410,00	83,46	
24 (VE1)	Sul	6,00	Sim- ples	0,70	0,80	0,60	0,30	0,70	0,46	1,94	0,90	410,00	715,39	
25 (VE1)	Oeste	2,00	Sim- ples	0,70	0,90	0,60	0,30	0,79	0,50	0,70	0,90	500,00	312,98	
26 (VE1)	Oeste	6,00	Sim- ples	0,70	0,90	0,60	0,30	0,79	0,50	2,09	0,90	500,00	938,95	
27 (VE1)	Este	6,00	Sim- ples	0,70	0,90	0,60	0,30	0,79	0,50	2,09	0,90	500,00	938,95	
28 (VE1)	Oeste	4,00	Sim- ples	0,70	0,90	0,60	0,30	0,79	0,50	1,39	0,90	500,00	625,97	
29 (VE1)	Oeste	2,00	Sim- ples	0,70	0,90	0,60	0,30	0,79	0,50	0,70	0,90	500,00	312,98	
	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	
ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA														

					Folha de Cálculo D					
					GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA					
					ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO					
PAREDE EXTERIOR	Ori- enta- ção	Cofi- ciente de ab- sorção α	Área A_{op}	U	R_{se}	Área efetiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_s$ e	Fator de Obs- trução $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$	Intensidade da Radiação I_{sol}	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$	
			m ²	W/m ² .°C	(m ² .°C)/W	m ²		kWh/m ² .ano	kWh/ano	
PDE1	Norte	0,40	114,50	1,60	0,04	2,93	0,90	225,00	593,57	
PDE1	Este	0,40	61,00	1,60		1,56	0,90	500,00	702,72	
PDE1	Sul	0,40	110,80	1,60		2,84	0,90	410,00	1046,66	
PDE1	Oeste	0,40	61,70	1,60		1,58	0,90	500,00	710,78	
								TOTAL	3053,73	
COBERTURA EXTERIOR	Ori- enta- ção	Cofi- ciente de ab- sorção α	Área A_{op}	U	R_{se}	Área efetiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_s$ e	Fator de Obs- trução F_s	Intensidade da Radiação I_{sol}	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$	
			m ²	W/m ² .°C	(m ² .°C)/W	m ²		kWh/m ² .ano	kWh/ano	
CBE1	Hori- zontal	0,05	282,80	2,50	0,04	1,41	1,00	835,00	1180,69	
		-	-	-		-			-	
		-	-	-		-			-	
		-	-	-		-			-	
		-	-	-		-			-	
		-	-	-		-			-	
		-	-	-		-			-	

					Folha de Cálculo D								
					GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA					ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO			
												TOTAL	1180,69
COBERTURAS INTERIORES					Ori- enta- ção	Coefi- ciente de ab- sorção α	Área A_{op}	U	R_{se}	Área efetiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_s$ e	Fator de Obs- trução F_s	Intensidade da Radiação I_{sol}	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$
							m ²	W/m ² .°C	(m ² .°C)/W	m ²		kWh/m ² .ano	kWh/ano
					Hori- zon- tal	-	-	-	0,04	-	1,00	835,00	-
						-	-	-		-			-
						-	-	-		-			-
												TOTAL	0,00
VÃOS OPACOS EXTERIORES					Ori- enta- ção	Coefi- ciente de ab- sorção α	Área A_{op}	U	R_{se}	Área efetiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_s$ e	Fator de Obs- trução $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$	Intensidade da Radiação I_{sol}	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$
							m ²	W/m ² .°C	(m ² .°C)/W	m ²		kWh/m ² .ano	kWh/ano
						-	-	0,04	-	-	-	-	
						-	-		-	-	-	-	
						-	-		-	-	-	-	
													0,00
					Ganhos solares		11970,38	kWh/ano					

Folha de Cálculo D																					
GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO																					
										brutos pelos elementos da envolvente envidraçada											
													+								
										Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca	4234,42 kWh/ano										
													=								
										Ganhos Solares brutos $Q_{sol,v}$	16204,80 kWh/ano										
D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS																					
										Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	6078,53 kWh/ano										
													+								
										Ganhos solares brutos $Q_{sol,v}$	16204,80 kWh/ano										
													=								
										Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	22283,33 kWh/ano										
D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA																					
										Ganhos internos médios q_{int}	4	W/m ²									
													x								

Folha de Cálculo D											
GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO											
					Duração da Estação de Arrefecimento L_v			2928	horas		
								÷			
								1000			
								+			
					factor solar de verão de referência g_v			0,43			
								x			
								A_w/A_p	0,2		
								x			
					Radiação solar média de referência I_{sol}			500	kWh/m ² .ano		
								=			
								54,71	kWh/m ² .ano		
								x			
					Área útil de Pavimento A_p			519	m ²		
								=			
					Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v REF}$			28395,53	kWh/ano		

e. NECESSIDADES NOMINAIS DE AQUECIMENTO

Folha de Cálculo E			LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO					
E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR			E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	2 621,7 8 W/°C		Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	903,4 0 W/°C	
	+			+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	252,5 0 W/°C		Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i, REF}$	252,5 0 W/°C	
	=			=	
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,i}$	2 874,2 8 W/°C		Coeficiente de transferência de calor $H_{t,i, REF}$	1155,90 W/°C	
E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO			E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA		
	0,024			0,024	
	x			x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1 086 °C.dias		Número de graus-dias de aquecimento GD	1 086 °C.dias	
	x			x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	2 621,7 W/°C		Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	903,4 0 W/°C	

Folha de Cálculo E			LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		
	8				
	=		=		
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	68 359,2 4 kWh/an		Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i REF}$	23554 ,89 kWh/an	
E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR			E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA		
	0,024			0,024	
	x			x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1 086 °C.dias		Número de graus-dias de aquecimento GD	1 086 °C.dias	
	x			x	
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	252,5 0 W/°C		Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i REF}$	252,5 0 W/°C	
	=			=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	6 583,5 8 kWh/an		Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i REF}$	6583,5 58 kWh/an	
E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS			E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA		
Inércia do edifício	Forte				

Folha de Cálculo E			LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	31830,85	kWh/an			
	÷				
Transferência de calor por transmissão e por re-novação do ar $Q_{tr,i}+Q_{ve,i}$	74942,83	kWh/an			
	=				
parâmetro γ_i	0,42				
parâmetro a_i	4,20	W/°C			
Factor de utilização dos ganhos η_i	0,98		Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i REF}$	0,6	
	x			x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	31830,85	kWh/an	Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i REF}$	10431,11	kWh/an
	=			=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	31322,81	kWh/an	Ganhos totais úteis $Q_{gu,i REF}$	6258,67	kWh/an
E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		
Transferência de calor por transmissão na esta-ção de aquecimento $Q_{tr,i}$	68359,24	kWh/an	Transferência de calor por transmissão na esta-ção de aquecimento $Q_{tr,i REF}$	23554,89	kWh/an
	+			+	

Folha de Cálculo E			LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	6583,58	kWh/ano	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i REF}$	6583,58	kWh/ano
	-			-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	31322,81	kWh/ano	Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i REF}$	6258,67	kWh/ano
(folha de cálculo 1.4)	=			=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	43620,02	kWh/ano	Necessidades Anuais na estação de aquecimento	23879,81	kWh/ano
	÷			÷	
Área útil de pavimento A_p	519,00	m ²	Área útil de pavimento A_p	519,00	m ²
	=			=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_{ic}	84,05	kWh/m ² .ano	Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{i REF}$	46,01	kWh/m ² .ano

f. NECESSIDADES NOMINAIS DE ARREFECIMENTO

Folha de Cálculo F			<i>LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO</i>		
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO					
F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR					
Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	2 621,78	W/°C			
	+				
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$	322,34	W/°C			
	=				
Coefficiente de transferência de calor $H_{t,v}$	2 944,12	W/°C			
F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO					
Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr}	2 621,78	W/°C			
	x				
$(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext})$	2	°C			
	x				
Duração da Estação de Arrefecimento Lv	2928	horas			
	÷				
	1000				
	=				
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{tr,v}$	13 756,42	kWh/ano			
F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR					
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$	322,34	W/°C			
	x				
$(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext})$	2	°C			
	x				
Duração da Estação de Arrefecimento Lv	2928	horas			
	÷				
	1000				
	=				
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento $Q_{ve,v}$	1 691,31	kWh/ano			
F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS			F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA		
Inércia do edifício	Forte				

Folha de Cálculo F			LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO		
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO			LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO		
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	22283,33	kWh/ano			
	÷				
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v}+Q_{ve,v}$	15447,73	kWh/ano			
	=				
parâmetro γ_v	1,44				
parâmetro a_v	4,20	W/°C			
Factor de utilização dos ganhos η_v	0,64		Factor de utilização dos ganhos η_v	0,65	
F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO			F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO		
$(1 - \eta_v)$	0,36		$(1 - \eta_{v,REF})$	0,35	
	x			x	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$	22283,33	kWh/ano	Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$	28395,53	kWh/ano
	÷			÷	
Área útil de pavimento A_p	519,00	m ²	Área útil de pavimento A_p	519,00	m ²
	=			=	
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_{vc}	15,47	kWh/m ² .ano	Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v	19,24	kWh/m ² .ano

g. NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS

Folha de Cálculo G									LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA						
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA									G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA						
G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO															
SIS-TEM A PARA AQU ECI-MEN TO	Fon te de Ene rgia	Necessi- dades de Ener- gia Útil N_{ic}	f_i	δ	Efici- ência No- minal η_i	Fator de Con- versão F_{pui}	Necessi- dades de Energia Final A_p	Necessida- des de Energia Primária η_i	SIS-TEM A PARA AQU ECI-MEN TO	Fon te de Ene rgia	Limite das Ne- cessida- des de Energia Útil N_i	f_i	Efici- ência No- mi- nal de Re- fe- rên- cia $\eta_{i REF}$	Fator de Con- versão F_{pui}	Limite das Necessida- des de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$
		kWh/m ² . ano				kWh _{EP} /k Wh	kWh/ano	kWh _{EP} /m ² . ano			kWh/m ² . ano			kWh _{EP} /k Wh	kWh _{EP} /m ² . ano
		84,05	-	1	-	-	-	-			46,01	-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
Sis-tema elétrico feito e		1,00			1	2,5	43620,02	210,12	Sis-tema elétrico feito e		1,00	1	2,5	115,03	

Folha de Cálculo G									LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA						
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA									LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA						
						TOTAL	43620,02	210,12					TOTAL	115,03	
G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO									G. 8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA						
SIS- TEM A PARA AR- RE- FECL- MEN TO	Fon- te de Ene- rgia	Necessi- dades de Ener- gia Útil N_{vc}	f_v	δ	Efici- ência No- minal η_v	Fator de Conver- são F_{puv}	Necessi- dades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$	Necessida- des de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{puv} / \eta_v$	SIS- TEM A PARA AR- RE- FECL- MEN TO	Fon- te de Ene- rgia	Limite das Ne- cessida- des de Energia Útil N_v	Efici- ên- cia No- mi- nal de Re- fe- rên- cia $\eta_{v, REF}$	Fator de Conver- são F_{puv}	Limite das Necessida- des de Energia Primária $f_a \cdot N_v \cdot F_{puv} / \eta_v$	
		kWh/m ² . ano				kWh _{EP} /k Wh	kWh/ano	kWh _{EP} /m ² . ano			kWh/m ² . ano		kWh _{EP} /k Wh	kWh _{EP} /m ² . ano	
		15,47	-	1	-	-	-	-			19,24	-	-	-	
			-		-	-	-	-				-	-	-	
			-		-	-	-	-				-	-	-	
			-		-	-	-	-				-	-	-	
Sis- tema Ele- ctri- por			1,00		2,8	2,5	2868,05	13,82	Sis- tema Ele- tri- por			1, 00	2,8	2,5	17,18

Folha de Cálculo G								LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA						
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA														
de- ci- feito dad e								de- ci- feito dad e						
						TOTAL	2868,05	13,82					TOTAL	17,18
G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS								G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA						
CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS						CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				
	40					x			40				x	
	x					4187			x				4187	
nº con- ven- cio- nal de ocu- 16	Ocupan- tes					x			nº con- ven- cio- nal de ocu- 16	Ocupan- tes			x	

Folha de Cálculo G								LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA					
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA													
partes de cada fração n								partes de cada fração n					
x			Aumento de temperatura ΔT 35 °C					x			Aumento de temperatura ΔT 35 °C		
fator de eficiência hídrica	1			x				fator de eficiência hídrica	1			x	
=			nº de dias de consumo	365 dias				=			nº de dias de consumo	365 dias	
Consumo médio	640l			÷				Consumo médio	640l			÷	

Folha de Cálculo G								LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA							
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA								LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA							
diário de referência MAQS								diário de referência MAQS							
				3600000								3600000			
				÷								÷			
			Ap	519 m ²							Ap	519 m ²			
				=								=			
			Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_a/A_p 18,32 ano kWh/m ² .								Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_a/A_p 18,32 ano kWh/m ² .				
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia Útil	Necessidades de Energia Útil	fa	δ	Eficiência Nominal η_a	Fator de Conversão F_{pua}	Necessidades de Energia Final $f \cdot \delta \cdot Q_a / \eta_a$	Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_a / A_p \cdot F_{pua} / \eta_a$	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia Útil de Referência	Necessidades de Energia Útil de Referência Q_a/A_p	f_a	Eficiência Nominal de Referência η_a	Fator de Conversão F_{pua}	Limite das Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_a / A_p \cdot F_{pua} / \eta_a$

Folha de Cálculo G								LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA						
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA														
		kWh/m ² . ano			kWh _{EP} /kWh	kWh/ano	kWh _{EP} /m ² . ano			kWh/m ² . ano		kWh _{EP} /kWh	kWh _{EP} /m ² . ano	
			-	1	-	-	-			-	-	-	-	
			-	1	-	-	-			-	-	-	-	
			-	1	-	-	-			-	-	-	-	
			-	1	-	-	-			-	-	-	-	
		18,32	-	1	-	-	-			18,32	-	-	-	
Sis-tema	Ele-tri-cidade		1,00		0,86	2,5	11121,80	53,57	Sis-tema	Ele-tri-cidade	1,00	0,95	2,5	48,22
						TOTAL	11121,80	53,57				TOTAL	48,22	
G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA														
				Energia anual elétrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W _{vm}		0 kWh/ano								

Folha de Cálculo G							LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA													
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA																				
					÷															
				Área útil de Pavimento A_p	519	m^2														
					x															
				Fator de Conversão F_{pu}	2,5	kWh_{EP}/kWh														
					=															
				Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação	0,00	kWh_{EP}/m^2 .ano														
G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL																				
SIS- TEM A COM- RE- CURS O A ENER- GIA RE- NO-	Pro- du- ção de Ene- rgia	E_{ren}/A_p	Factor de Conversão F_{pu}	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$																
		kWh/m^2 .ano	kWh_{EP}/kWh	kWh_{EP}/m^2 .ano																

Folha de Cálculo G								LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA									
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA																	
VÁ- VEL																	
	-	0,00	-	-													
			TOTAL	0,00													
G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA								G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA									
			Energia primária para aquecimento	210,1	kWh _{EP} /m ²	2	.ano				Energia primária para aquecimento	115,03	kWh _{EP} /m ²				
						+											
			Energia primária para arrefecimento	13,82	kWh _{EP} /m ²		.ano				Energia primária para arrefecimento	17,18	kWh _{EP} /m ²				
						+											
			Energia primária para a preparação de AQS	53,57	kWh _{EP} /m ²		.ano				Energia primária para a preparação de AQS	48,22	kWh _{EP} /m ²				
						+											
			Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh _{EP} /m ²		.ano				Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N _t	180,42	kWh _{EP} /m ²				
						-											

Folha de Cálculo G							LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA								
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA															
			Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	0,00	kWh _{EP} /m ² .ano										
				=											
			Necessidades nominais anuais globais de energia primária N _{td}	277,50	kWh _{EP} /m ² .ano										

VI. AVALIAÇÃO DOS CUSTOS NO CICLO DE VIDA

a. CUSTOS DE CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO

REVESTIMENTOS		Custo	QTD	
Exterior			372,00	m ²
Demolição de reboco exterior		13 €/m ²		
Limpeza de paramento de fachada		3 €/m ²		
Decapagem exterior		5 €/m ²		
Reboco base de argamassa de cal para regularização e preenchimento de irregularidades		25 €/m ²		
Reparação de fissuras		7 €/m ²		
Argamassa de restauro de cal e cimento com aplicação de malha		50 €/m ²		
Pintura à base de cal		4,5 €/m ²		
Revestimento com camada de argamassa com isolamento térmico incorporado "weber therm mechanic" (e=60mm, lambda=0,042)		60 €/m ²		
Interior			372,00	m ²
Demolição de reboco interior		12 €/m ²		
Limpeza de humidades/bolor em paramento de fachada		3 €/m ²		
Limpeza de deposição de sal em paramento de fachada		7 €/m ²		
Decapagem interior		3 €/m ²		
Reparação de paramento com argamassa de cal		20 €/m ²		
Argamassa de cal de revestimento térmico e acústico e acabamento estucado		19 €/m ²		
Reboco base de argamassa de cal para regularização e preenchimento de irregularidades		25 €/m ²		
Pintura à base de cal		4,5 €/m ²		
Aplicação de EPS (60mm) coladas em revestimento interior.		14 €/m ²		

Soluções		Custo construção	Custo de manutenção				VUR
			//1ano	//5anos	10ºano	//10anos	
R.ext.s1	Reparação com substituição de 10 % da solução existente	5803,20	-	2790,00	15810,00	2343,60	10+30
R.ext.s2	Substituição com incorporação de isolamento	27156,00	-	2790,00	-	2343,60	40
R.int.s1	Reparação com substituição de 10 % da solução existente	4054,80	-	1116,00	-	2864,40	40
R.int.s2	Substituição com incorporação de isolamento	27714,00	-	1116,00	-	2269,20	40
R.int.s3	Substituição	22506,00	-	1116,00	-	2269,20	40

Soluções	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
R.ext.s1	Custo	5803,20	0,00	0,00	0,00	0,00	2790,00	0,00	0,00
	CF	27714,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1010,80	0,00	0,00
	CFact	27714,00	27714,00	27714,00	27714,00	27714,00	28724,80	28724,80	28724,80
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,00	0,00	15810,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2790,00	0,00	0,00
0,00	0,00	12969,71	0,00	0,00	0,00	0,00	2073,01	0,00	0,00
8330,19	8330,19	21299,90	21299,90	21299,90	21299,90	21299,90	23372,91	23372,91	23372,91
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0,00	0,00	5133,60	0,00	0,00	0,00	0,00	2790,00	0,00	0,00
0,00	0,00	3454,77	0,00	0,00	0,00	0,00	1700,59	0,00	0,00
23372,91	23372,91	26827,67	26827,67	26827,67	26827,67	26827,67	28528,26	28528,26	28528,26

28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
0,00	0,00	5133,60	0,00	0,00	0,00	0,00	2790,00	0,00	0,00
0,00	0,00	2834,11	0,00	0,00	0,00	0,00	1395,08	0,00	0,00
28528,26	28528,26	31362,37	31362,37	31362,37	31362,37	31362,37	32757,45	32757,45	32757,45
38	39								
0,00	0,00								
0,00	0,00								
32757,45	32757,45								
Solu- ções	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
R.ext.s2	Custo	27156,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2790,00	0,00	0,00
	CF	27156,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2526,99	0,00	0,00
	CFact	27156,00	27156,00	27156,00	27156,00	27156,00	29682,99	29682,99	29682,99
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,00	0,00	5133,60	0,00	0,00	0,00	0,00	2790,00	0,00	0,00
0,00	0,00	4211,34	0,00	0,00	0,00	0,00	2073,01	0,00	0,00
29682,99	29682,99	33894,33	33894,33	33894,33	33894,33	33894,33	35967,34	35967,34	35967,34
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0,00	0,00	5133,60	0,00	0,00	0,00	0,00	2790,00	0,00	0,00
0,00	0,00	3454,77	0,00	0,00	0,00	0,00	1700,59	0,00	0,00
35967,34	35967,34	39422,11	39422,11	39422,11	39422,11	39422,11	41122,70	41122,70	41122,70
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
0,00	0,00	5133,60	0,00	0,00	0,00	0,00	2790,00	0,00	0,00
0,00	0,00	2834,11	0,00	0,00	0,00	0,00	1395,08	0,00	0,00
41122,70	41122,70	43956,81	43956,81	43956,81	43956,81	43956,81	45351,89	45351,89	45351,89
38	39								
0,00	0,00								
0,00	0,00								
45351,89	45351,89								
Solu- ções	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
R.int.s1	Custo	4054,80	0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00	0,00	0,00
	CF	4054,80	0,00	0,00	0,00	0,00	1010,80	0,00	0,00
	CFact	4054,80	4054,80	4054,80	4054,80	4054,80	5065,60	5065,60	5065,60
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,00	0,00	3980,40	0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00	0,00	0,00
0,00	0,00	3265,31	0,00	0,00	0,00	0,00	829,20	0,00	0,00
5065,60	5065,60	8330,91	8330,91	8330,91	8330,91	8330,91	9160,11	9160,11	9160,11
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0,00	0,00	3980,40	0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00	0,00	0,00
0,00	0,00	2678,70	0,00	0,00	0,00	0,00	680,24	0,00	0,00
9160,11	9160,11	11838,81	11838,81	11838,81	11838,81	11838,81	12519,05	12519,05	12519,05
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
0,00	0,00	3980,40	0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00	0,00	0,00
0,00	0,00	2197,46	0,00	0,00	0,00	0,00	558,03	0,00	0,00
12519,05	12519,05	14716,51	14716,51	14716,51	14716,51	14716,51	15274,54	15274,54	15274,54
38	39								
0,00	0,00								
0,00	0,00								
15274,54	15274,54								
Solu- ções	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
R.int.s2	Custo	27714,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00	0,00	0,00
	CF	27714,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1010,80	0,00	0,00
	CFact	27714,00	27714,00	27714,00	27714,00	27714,00	28724,80	28724,80	28724,80
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,00	0,00	3385,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00	0,00	0,00
0,00	0,00	2777,04	0,00	0,00	0,00	0,00	829,20	0,00	0,00
28724,80	28724,80	31501,84	31501,84	31501,84	31501,84	31501,84	32331,04	32331,04	32331,04
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0,00	0,00	3385,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00	0,00	0,00
0,00	0,00	2278,14	0,00	0,00	0,00	0,00	680,24	0,00	0,00
32331,04	32331,04	34609,19	34609,19	34609,19	34609,19	34609,19	35289,42	35289,42	35289,42

28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
0,00	0,00	3385,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00	0,00	0,00
0,00	0,00	1868,87	0,00	0,00	0,00	0,00	558,03	0,00	0,00
35289,42	35289,42	37158,29	37158,29	37158,29	37158,29	37158,29	37716,32	37716,32	37716,32
38	39								
0,00	0,00								
0,00	0,00								
37716,32	37716,32								
Soluções	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
R.int.s3	Custo	22506,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00	0,00	0,00
	CF	22506,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1010,80	0,00	0,00
	CFact	22506,00	22506,00	22506,00	22506,00	22506,00	23516,80	23516,80	23516,80
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,00	0,00	3385,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00	0,00	0,00
0,00	0,00	2777,04	0,00	0,00	0,00	0,00	829,20	0,00	0,00
23516,80	23516,80	26293,84	26293,84	26293,84	26293,84	26293,84	27123,04	27123,04	27123,04
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0,00	0,00	3385,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00	0,00	0,00
0,00	0,00	2278,14	0,00	0,00	0,00	0,00	680,24	0,00	0,00
27123,04	27123,04	29401,19	29401,19	29401,19	29401,19	29401,19	30081,42	30081,42	30081,42
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
0,00	0,00	3385,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1116,00	0,00	0,00
0,00	0,00	1868,87	0,00	0,00	0,00	0,00	558,03	0,00	0,00
30081,42	30081,42	31950,29	31950,29	31950,29	31950,29	31950,29	32508,32	32508,32	32508,32
38	39								
0,00	0,00								
0,00	0,00								
32508,32	32508,32								

CAIXILHARIAS		Custo		QTD	
Reparação de caixilharia de madeira (degradação alta)		70	€/m ²	91,60	m ²
Aplicação de vidro 4mm		25	€/m ²	51,00	m ²
Substituição por caixilharias de alumínio com corte térmico e vidro duplo 4-16-5		320	€/m ²	91,60	m ²
Limpeza		1	€/m ²	91,60	m ²
Lubrificação		1	€/un	33,00	
Pintura caixilharia de madeira		12	€/m ²	91,60	m ²
Substituição vedantes caixilharia de madeira		6	€/m	214,00	m
Substituição vedantes caixilharia de alumínio		6	€/m	428,00	m

Soluções		Custo construção	Custo de manutenção				VUR
			//1ano	//5anos	10ºano	//10anos	
Cx.s1	Reparação da solução existente	7687,00	124,60	1099,20	-	1284,00	40
Cx.s2	Substituição por caixilharias de alumínio	29312,00	124,60	-	-	2568,00	40

Soluções	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
Cx.s1	Custo	7687,00	124,60	124,60	124,60	124,60	1223,80	124,60	124,60
	CF	7687,00	122,16	119,76	117,41	115,11	1108,43	110,64	108,47
	CFact	7687,00	7809,16	7928,92	8046,33	8161,44	9269,88	9380,52	9488,99
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
124,60	124,60	2507,80	124,60	124,60	124,60	124,60	1223,80	124,60	124,60
106,34	104,26	2057,27	100,21	98,25	96,32	94,43	909,30	90,76	88,98
9595,33	9699,59	11756,86	11857,07	11955,32	12051,64	12146,07	13055,37	13146,14	13235,12

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
124,60	124,60	2507,80	124,60	124,60	124,60	124,60	1223,80	124,60	124,60
87,24	85,53	1687,68	82,21	80,60	79,02	77,47	745,94	74,46	73,00
13322,36	13407,89	15095,57	15177,78	15258,37	15337,39	15414,86	16160,80	16235,26	16308,26
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
124,60	124,60	2507,80	124,60	124,60	124,60	124,60	1223,80	124,60	124,60
71,57	70,16	1384,48	67,44	66,12	64,82	63,55	611,93	61,08	59,88
16379,82	16449,99	17834,47	17901,91	17968,03	18032,85	18096,40	18708,33	18769,41	18829,30
38	39								
124,60	124,60								
58,71	57,56								
18888,01	18945,57								
Soluções	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
Cx.s2	Custo	29312,00	124,60	124,60	124,60	124,60	124,60	124,60	124,60
	CF	29312,00	122,16	119,76	117,41	115,11	112,85	110,64	108,47
	CFact	29312,00	29434,16	29553,92	29671,33	29786,44	29899,30	30009,94	30118,41
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
124,60	124,60	2692,60	124,60	124,60	124,60	124,60	124,60	124,60	124,60
106,34	104,26	2208,87	100,21	98,25	96,32	94,43	92,58	90,76	88,98
30224,75	30329,01	32537,88	32638,10	32736,34	32832,66	32927,09	33019,67	33110,44	33199,42
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
124,60	124,60	2692,60	124,60	124,60	124,60	124,60	124,60	124,60	124,60
87,24	85,53	1812,04	82,21	80,60	79,02	77,47	75,95	74,46	73,00
33286,66	33372,19	35184,23	35266,44	35347,04	35426,05	35503,52	35579,47	35653,93	35726,92
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
124,60	124,60	2692,60	124,60	124,60	124,60	124,60	124,60	124,60	124,60
71,57	70,16	1486,51	67,44	66,12	64,82	63,55	62,30	61,08	59,88
35798,49	35868,66	37355,16	37422,60	37488,72	37553,54	37617,09	37679,39	37740,47	37800,36
38	39								
124,60	124,60								
58,71	57,56								
37859,07	37916,63								

COBERTURA	Custo		QTD	
Arranque de camada de impermeabilização em cobertura	2	€/m ²	136,00	m ²
Limpeza de telhas em cobertura inclinada	8	€/m ²	280,00	m ²
Limpeza da caleira	4	€/m	40,00	m
Reparação do revestimento da cobertura com substituição de telhas (2un/m ²)	18	€/m ²	280,00	m ²
Reconstrução de cumeeira em cobertura inclinada de telhas	17	€/m	20,00	m
Ligação da vertente com paramento vertical	30	€/m	5,00	m
Substituição de elementos estruturais em madeira (m ³)	1110	€/m ³	11,56	m ³
Forro madeira hidrofugada (4mm)	24	€/m ²	280,00	m ²
Impermeabilização exterior	10	€/m ²	136,00	m ²
Aplicação de XPS (100mm) nas vertentes de cobertura inclinada pelo interior	14	€/m ²	280,00	m ²
Janela 55x78 cm em madeira, vidro duplo 4-16-4, com estore veneziano	385	€/un.	0,43	m ²
Janela 134x140 cm em madeira, vidro duplo 4-16-4, com estore interior	660	€/un.	1,88	m ²
Janela 66x118 cm em madeira, vidro duplo 4-16-4, com estore veneziano	464	€/un.	0,78	m ²
Barrotes 100x200			410,00	m
Madres 100x50			672,00	m

Soluções		Custo construção	Custo de manutenção				VUR
			//1ano	//5anos	10ºano	//10anos	
Cob.s1	Reparação da solução existente	-	-	-	-	-	40
Cob.s2	Reparação da solução existente e aplicação de isolamento	3920,00	-	-	-	-	40
Cob.s3	Colocação de janelas de cobertura	6600,00	28,76	-	-	328,80	40

Soluções	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
Cob.s2	Custo	3920,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	CF	3920,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	CFact	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00	3920,00
38	39								
0,00	0,00								
0,00	0,00								
3920,00	3920,00								
Soluções	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
Cob.s3	Custo	6600,00	28,76	28,76	28,76	28,76	28,76	28,76	28,76
	CF	6600,00	28,20	27,64	27,10	26,57	26,05	25,54	25,04
	CFact	6600,00	6628,20	6655,84	6682,94	6709,51	6735,56	6761,10	6786,13
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
28,76	28,76	357,56	28,76	28,76	28,76	28,76	28,76	28,76	28,76
24,55	24,07	293,32	23,13	22,68	22,23	21,80	21,37	20,95	20,54
6810,68	6834,75	7128,07	7151,20	7173,88	7196,11	7217,91	7239,28	7260,23	7280,76
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
28,76	28,76	357,56	28,76	28,76	28,76	28,76	28,76	28,76	28,76
20,14	19,74	240,63	18,98	18,60	18,24	17,88	17,53	17,19	16,85
7300,90	7320,64	7561,27	7580,25	7598,85	7617,09	7634,97	7652,50	7669,68	7686,53
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
28,76	28,76	357,56	28,76	28,76	28,76	28,76	28,76	28,76	28,76
16,52	16,20	197,40	15,57	15,26	14,96	14,67	14,38	14,10	13,82
7703,05	7719,25	7916,65	7932,21	7947,47	7962,44	7977,10	7991,48	8005,58	8019,41
38	39								
28,76	28,76								
13,55	13,29								
8032,96	8046,24								

b. CUSTOS ENERGÉTICOS

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 1	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Custo	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47
	CF	8274,47	8112,23	7953,16	7797,22	7644,33	7494,44	7347,49	7203,42	
	CFact	8274,47	16386,70	24339,86	32137,08	39781,41	47275,85	54623,35	61826,77	
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	
7062,18	6923,71	6787,95	6654,85	6524,36	6396,44	6271,01	6148,05	6027,50	5909,32	
68888,95	75812,66	82600,61	89255,46	95779,82	102176,26	108447,28	114595,33	120622,83	126532,15	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	
5793,45	5679,85	5568,48	5459,30	5352,25	5247,30	5144,42	5043,55	4944,65	4847,70	
132325,60	138005,45	143573,93	149033,23	154385,48	159632,78	164777,20	169820,74	174765,40	179613,10	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	8274,47	
4752,65	4659,46	4568,09	4478,52	4390,71	4304,62	4220,21	4137,46	4056,34	3976,80	
184365,74	189025,20	193593,29	198071,82	202462,53	206767,14	210987,36	215124,82	219181,16	223157,96	
38	39									
8274,47	8274,47									
3898,82	3822,38									
227056,78	230879,16									

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 2	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Custo	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20
	CF	6564,20	6435,49	6309,31	6185,60	6064,31	5945,40	5828,82	5714,53	
	CFact	6564,20	12999,70	19309,00	25494,60	31558,91	37504,31	43333,13	49047,67	
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	
5602,48	5492,63	5384,93	5279,35	5175,83	5074,34	4974,85	4877,30	4781,67	4687,91	
54650,15	60142,78	65527,71	70807,06	75982,89	81057,23	86032,08	90909,38	95691,04	100378,95	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	
4595,99	4505,87	4417,52	4330,90	4245,98	4162,73	4081,11	4001,08	3922,63	3845,72	
104974,94	109480,81	113898,33	118229,23	122475,22	126637,94	130719,05	134720,13	138642,77	142488,48	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	6564,20	
3770,31	3696,38	3623,91	3552,85	3483,18	3414,89	3347,93	3282,28	3217,92	3154,83	
146258,80	149955,18	153579,08	157131,93	160615,12	164030,00	167377,93	170660,22	173878,14	177032,97	
38	39									
6564,20	6564,20									
3092,97	3032,32									
180125,94	183158,26									

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 3	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Custo	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26
	CF	6687,26	6556,13	6427,58	6301,55	6177,99	6056,85	5938,09	5821,66	
	CFact	6687,26	13243,39	19670,97	25972,52	32150,51	38207,37	44145,46	49967,12	
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	
5707,51	5595,60	5485,88	5378,31	5272,86	5169,47	5068,10	4968,73	4871,30	4775,79	
55674,62	61270,22	66756,10	72134,41	77407,27	82576,73	87644,84	92613,57	97484,87	102260,66	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	
4682,14	4590,34	4500,33	4412,09	4325,58	4240,76	4157,61	4076,09	3996,17	3917,81	
106942,80	111533,14	116033,47	120445,56	124771,14	129011,90	133169,52	137245,60	141241,77	145159,58	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	6687,26	
3840,99	3765,68	3691,84	3619,45	3548,48	3478,90	3410,69	3343,81	3278,25	3213,97	
149000,57	152766,24	156458,08	160077,53	163626,01	167104,92	170515,61	173859,42	177137,67	180351,63	
38	39									
6687,26	6687,26									
3150,95	3089,17									
183502,58	186591,75									

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 4	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Custo	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72
	CF	5022,72	4924,23	4827,68	4733,02	4640,21	4549,23	4460,03	4372,58	
	CFact	5022,72	9946,95	14774,63	19507,65	24147,86	28697,09	33157,12	37529,70	
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	
4286,84	4202,78	4120,38	4039,59	3960,38	3882,72	3806,59	3731,95	3658,78	3587,04	
41816,54	46019,32	50139,70	54179,28	58139,66	62022,39	65828,98	69560,93	73219,71	76806,74	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	
3516,70	3447,75	3380,14	3313,87	3248,89	3185,19	3122,73	3061,50	3001,47	2942,62	
80323,45	83771,19	87151,34	90465,21	93714,10	96899,28	100022,01	103083,51	106084,98	109027,60	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	5022,72	
2884,92	2828,35	2772,90	2718,53	2665,22	2612,96	2561,73	2511,50	2462,25	2413,97	
111912,52	114740,88	117513,77	120232,30	122897,52	125510,48	128072,21	130583,71	133045,96	135459,93	
38	39									
5022,72	5022,72									
2366,64	2320,24									
137826,57	140146,81									

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 5	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Custo	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11
	CF	7921,11	7765,79	7613,52	7464,24	7317,88	7174,39	7033,72	6895,80	
	CFact	7921,11	15686,90	23300,43	30764,67	38082,55	45256,94	52290,66	59186,46	
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	
6760,59	6628,03	6498,07	6370,66	6245,74	6123,28	6003,21	5885,50	5770,10	5656,96	
65947,05	72575,08	79073,15	85443,81	91689,55	97812,82	103816,04	109701,54	115471,64	121128,60	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	
5546,04	5437,29	5330,68	5226,16	5123,68	5023,22	4924,72	4828,16	4733,49	4640,68	
126674,64	132111,93	137442,61	142668,77	147792,45	152815,67	157740,39	162568,55	167302,04	171942,72	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	7921,11	
4549,68	4460,47	4373,01	4287,27	4203,20	4120,79	4039,99	3960,77	3883,11	3806,97	
176492,41	180952,88	185325,89	189613,16	193816,37	197937,16	201977,15	205937,92	209821,03	213628,00	
38	39									
7921,11	7921,11									
3732,33	3659,14									
217360,33	221019,47									

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 6	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Custo	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19
	CF	7886,19	7731,56	7579,96	7431,33	7285,62	7142,76	7002,71	6865,40	
	CFact	7886,19	15617,75	23197,71	30629,04	37914,66	45057,42	52060,13	58925,54	
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	
6730,79	6598,81	6469,42	6342,57	6218,21	6096,28	5976,75	5859,55	5744,66	5632,02	
65656,32	72255,13	78724,56	85067,13	91285,33	97381,61	103358,36	109217,92	114962,58	120594,60	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	
5521,59	5413,32	5307,18	5203,12	5101,10	5001,07	4903,01	4806,88	4712,62	4620,22	
126116,19	131529,51	136836,69	142039,81	147140,90	152141,98	157044,99	161851,87	166564,49	171184,71	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	7886,19	
4529,63	4440,81	4353,74	4268,37	4184,67	4102,62	4022,18	3943,31	3865,99	3790,19	
175714,33	180155,14	184508,88	188777,25	192961,92	197064,55	201086,72	205030,04	208896,03	212686,22	
38	39									
7886,19	7886,19									
3715,87	3643,01									
216402,09	220045,10									

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 7	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Custo	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34
	CF	3579,34	3509,16	3440,35	3372,89	3306,76	3241,92	3178,35	3116,03	
CFact	3579,34	7088,50	10528,85	13901,74	17208,50	20450,42	23628,77	26744,80		
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	
3054,93	2995,03	2936,31	2878,73	2822,29	2766,95	2712,69	2659,50	2607,36	2556,23	
29799,73	32794,77	35731,07	38609,80	41432,09	44199,04	46911,73	49571,23	52178,59	54734,82	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	
2506,11	2456,97	2408,79	2361,56	2315,26	2269,86	2225,35	2181,72	2138,94	2097,00	
57240,93	59697,90	62106,69	64468,25	66783,51	69053,37	71278,72	73460,44	75599,38	77696,38	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	3579,34	
2055,88	2015,57	1976,05	1937,30	1899,32	1862,08	1825,56	1789,77	1754,68	1720,27	
79752,26	81767,83	83743,88	85681,19	87580,50	89442,58	91268,14	93057,91	94812,59	96532,86	
38	39									
3579,34	3579,34									
1686,54	1653,47									
98219,40	99872,87									

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 8	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Custo	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43
	CF	3465,43	3397,48	3330,87	3265,56	3201,52	3138,75	3077,21	3016,87	
CFact	3465,43	6862,92	10193,78	13459,34	16660,86	19799,61	22876,82	25893,69		
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	
2957,71	2899,72	2842,86	2787,12	2732,47	2678,89	2626,37	2574,87	2524,38	2474,88	
28851,40	31751,12	34593,99	37381,11	40113,58	42792,47	45418,83	47993,70	50518,08	52992,97	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	
2426,36	2378,78	2332,14	2286,41	2241,58	2197,63	2154,53	2112,29	2070,87	2030,27	
55419,32	57798,10	60130,24	62416,65	64658,23	66855,85	69010,39	71122,68	73193,55	75223,81	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	3465,43	
1990,46	1951,43	1913,16	1875,65	1838,87	1802,82	1767,47	1732,81	1698,84	1665,53	
77214,27	79165,70	81078,86	82954,51	84793,39	86596,21	88363,68	90096,49	91795,32	93460,85	
38	39									
3465,43	3465,43									
1632,87	1600,85									
95093,72	96694,57									

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 9	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Custo	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10
	CF	3171,10	3108,93	3047,97	2988,20	2929,61	2872,17	2815,85	2760,64	
CFact	3171,10	6280,03	9328,00	12316,20	15245,81	18117,98	20933,83	23694,46		
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	
2706,51	2653,44	2601,41	2550,40	2500,39	2451,37	2403,30	2356,18	2309,98	2264,68	
26400,97	29054,41	31655,82	34206,22	36706,62	39157,98	41561,28	43917,46	46227,44	48492,12	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	
2220,28	2176,74	2134,06	2092,22	2051,19	2010,97	1971,54	1932,89	1894,99	1857,83	
50712,40	52889,15	55023,21	57115,43	59166,62	61177,60	63149,14	65082,03	66977,01	68834,84	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	3171,10	
1821,40	1785,69	1750,67	1716,35	1682,69	1649,70	1617,35	1585,64	1554,55	1524,07	
70656,24	72441,93	74192,61	75908,95	77591,65	79241,35	80858,70	82444,34	83998,89	85522,96	
38	39									
3171,10	3171,10									
1494,18	1464,89									
87017,14	88482,03									

c. VAL

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 2	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Custo	-19642,53	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27
	CF	-19642,53	1676,73	1643,86	1611,62	1580,02	1549,04	1518,67	1488,89	
	CFact	-19642,53	-17965,80	-16321,94	-14710,32	-13130,30	-11581,25	-10062,58	-8573,69	
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1710,27	1710,27	12386,67	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	
1459,70	1431,08	10161,38	1375,51	1348,53	1322,09	1296,17	1270,75	1245,84	1221,41	
-7114,00	-5682,92	4478,46	5853,97	7202,50	8524,59	9820,76	11091,52	12337,36	13558,77	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	
1197,46	1173,98	1150,96	1128,39	1106,27	1084,58	1063,31	1042,46	1022,02	1001,98	
14756,23	15930,21	17081,17	18209,56	19315,83	20400,41	21463,72	22506,18	23528,20	24530,18	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	1710,27	
982,33	963,07	944,19	925,68	907,53	889,73	872,28	855,18	838,41	821,97	
25512,51	26475,59	27419,78	28345,45	29252,98	30142,71	31014,99	31870,17	32708,59	33530,56	
38	39									
1710,27	1710,27									
805,86	790,06									
34336,42	35126,47									

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 3	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Custo	-22071,98	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22
	CF	-22071,98	1556,09	1525,58	1495,67	1466,34	1437,59	1409,40	1381,77	
	CFact	-22071,98	-20515,89	-18990,31	-17494,64	-16028,30	-14590,71	-13181,31	-11799,54	
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1587,22	1587,22	2182,42	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	
1354,67	1328,11	1790,34	1276,54	1251,51	1226,97	1202,91	1179,32	1156,20	1133,53	
-10444,87	-9116,76	-7326,42	-6049,88	-4798,37	-3571,40	-2368,49	-1189,17	-32,97	1100,56	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
1587,22	1587,22	2182,42	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	
1111,30	1089,51	1468,70	1047,21	1026,67	1006,54	986,81	967,46	948,49	929,89	
2211,87	3301,38	4770,08	5817,29	6843,96	7850,50	8837,31	9804,76	10753,25	11683,14	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
1587,22	1587,22	2182,42	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	1587,22	
911,66	893,78	1204,85	859,07	842,23	825,71	809,52	793,65	778,09	762,83	
12594,80	13488,58	14693,42	15552,50	16394,73	17220,44	18029,97	18823,62	19601,71	20364,54	
38	39									
1587,22	1587,22									
747,88	733,21									
21112,42	21845,63									

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 4	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Custo	-668,25	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75
	CF	-668,25	3187,99	3125,48	3064,20	3004,12	2945,21	2887,46	2830,85	
	CFact	-668,25	2519,75	5645,23	8709,43	11713,55	14658,76	17546,23	20377,08	
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	
2775,34	2720,92	2667,57	2615,27	2563,99	2513,71	2464,42	2416,10	2368,73	2322,28	
23152,42	25873,34	28540,91	31156,18	33720,16	36233,87	38698,30	41114,40	43483,12	45805,41	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	
2276,75	2232,10	2188,34	2145,43	2103,36	2062,12	2021,69	1982,04	1943,18	1905,08	
48082,15	50314,26	52502,59	54648,02	56751,38	58813,50	60835,19	62817,23	64760,41	66665,49	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	3251,75	
1867,72	1831,10	1795,20	1760,00	1725,49	1691,66	1658,49	1625,97	1594,09	1562,83	
68533,22	70364,32	72159,52	73919,52	75645,01	77336,66	78995,15	80621,11	82215,20	83778,03	
38	39									
3251,75	3251,75									

1532,18	1502,14								
85310,21	86812,36								
CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 5	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
	Custo	-21271,64	353,36	353,36	353,36	353,36	1452,56	353,36	353,36
	CF	-21271,64	346,43	339,64	332,98	326,45	1315,63	313,77	307,62
	CFact	-21271,64	-20925,21	-20585,57	-20252,59	-19926,14	-18610,51	-18296,73	-17989,11
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
353,36	353,36	168,56	353,36	353,36	353,36	353,36	1452,56	353,36	353,36
301,59	295,68	138,28	284,20	278,62	273,16	267,80	1079,27	257,40	252,36
-17687,52	-17391,84	-17253,56	-16969,37	-16690,75	-16417,59	-16149,78	-15070,51	-14813,10	-14560,75
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
353,36	353,36	168,56	353,36	353,36	353,36	353,36	1452,56	353,36	353,36
247,41	242,56	113,44	233,14	228,57	224,09	219,69	885,38	211,16	207,02
-14313,34	-14070,78	-13957,34	-13724,20	-13495,64	-13271,55	-13051,86	-12166,48	-11955,31	-11748,29
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
353,36	353,36	168,56	353,36	353,36	353,36	353,36	1452,56	353,36	353,36
202,96	198,98	93,06	191,26	187,51	183,83	180,22	726,32	173,23	169,83
-11545,33	-11346,35	-11253,29	-11062,04	-10874,53	-10690,70	-10510,48	-9784,16	-9610,93	-9441,10
38	39								
353,36	353,36								
166,50	163,23								
-9274,60	-9111,37								

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 6	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
	Custo	-6211,72	359,52	359,52	359,52	359,52	359,52	359,52	359,52
	CF	-6211,72	352,47	345,56	338,79	332,14	325,63	319,24	312,99
	CFact	-6211,72	-5859,25	-5513,69	-5174,90	-4842,76	-4517,13	-4197,88	-3884,90
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
359,52	359,52	30,72	359,52	359,52	359,52	359,52	359,52	359,52	359,52
306,85	300,83	25,20	289,15	283,48	277,92	272,47	267,13	261,89	256,76
-3578,05	-3277,22	-3252,02	-2962,87	-2679,39	-2401,46	-2128,99	-1861,86	-1599,97	-1343,21
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
359,52	359,52	30,72	359,52	359,52	359,52	359,52	359,52	359,52	359,52
251,72	246,79	20,67	237,20	232,55	227,99	223,52	219,14	214,84	210,63
-1091,49	-844,70	-824,03	-586,83	-354,27	-126,28	97,24	316,38	531,22	741,85
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
359,52	359,52	30,72	359,52	359,52	359,52	359,52	359,52	359,52	359,52
206,50	202,45	16,96	194,59	190,77	187,03	183,37	179,77	176,25	172,79
948,35	1150,80	1167,77	1362,36	1553,13	1740,16	1923,53	2103,30	2279,55	2452,34
38	39								
359,52	359,52								
169,40	166,08								
2621,74	2787,82								

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 7	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
	Custo	-20577,67	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13
	CF	-20577,67	4603,07	4512,81	4424,33	4337,57	4252,52	4169,14	4087,39
	CFact	-20577,67	-15974,60	-11461,79	-7037,46	-2699,89	1552,64	5721,78	9809,17
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4695,13	4695,13	15371,53	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13
4007,25	3928,68	12610,01	3776,12	3702,08	3629,49	3558,32	3488,55	3420,15	3353,09
13816,42	17745,10	30355,10	34131,22	37833,30	41462,79	45021,11	48509,66	51929,81	55282,90
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13
3287,34	3222,88	3159,69	3097,73	3036,99	2977,44	2919,06	2861,83	2805,71	2750,70
58570,24	61793,12	64952,81	68050,54	71087,54	74064,98	76984,04	79845,87	82651,58	85402,28
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13	4695,13
2696,76	2643,89	2592,04	2541,22	2491,39	2442,54	2394,65	2347,69	2301,66	2256,53
88099,05	90742,93	93334,98	95876,20	98367,59	100810,13	103204,78	105552,47	107854,14	110110,67
38	39								
4695,13	4695,13								
2212,29	2168,91								

112322,95	114491,86								
-----------	-----------	--	--	--	--	--	--	--	--

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 8	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Custo	-27063,76	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28
	CF	-27063,76	4686,55	4594,65	4504,56	4416,24	4329,64	4244,75	4161,52	
	CFact	-27063,76	-22377,22	-17782,56	-13278,00	-8861,76	-4532,12	-287,37	3874,15	
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
4780,28	4780,28	15127,88	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	
4079,92	3999,92	12410,13	3844,60	3769,22	3695,31	3622,85	3551,82	3482,17	3413,90	
7954,07	11953,99	24364,12	28208,72	31977,94	35673,25	39296,10	42847,92	46330,09	49743,99	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
4780,28	4780,28	4451,48	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	
3346,96	3281,33	2995,72	3153,91	3092,07	3031,44	2972,00	2913,73	2856,59	2800,58	
53090,94	56372,27	59367,99	62521,90	65613,97	68645,41	71617,41	74531,14	77387,73	80188,32	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
4780,28	4780,28	4451,48	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	4780,28	
2745,67	2691,83	2457,53	2587,31	2536,57	2486,84	2438,08	2390,27	2343,40	2297,45	
82933,99	85625,82	88083,35	90670,66	93207,23	95694,07	98132,14	100522,41	102865,82	105163,27	
38	39									
4780,28	4780,28									
2252,41	2208,24									
107415,68	109623,92									

CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 9	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
	Custo	-48394,43	5074,61	5074,61	5074,61	5074,61	6173,81	5074,61	5074,61
	CF	-48394,43	4975,10	4877,55	4781,91	4688,15	5591,81	4506,11	4417,75
	CFact	-48394,43	-43419,33	-38541,78	-33759,86	-29071,71	-23479,90	-18973,80	-14556,05
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5074,61	5074,61	15237,41	5074,61	5074,61	5074,61	5074,61	6173,81	5074,61	5074,61
4331,13	4246,20	12499,98	4081,32	4001,29	3922,84	3845,92	4587,23	3696,58	3624,09
-10224,92	-5978,72	6521,27	10602,58	14603,88	18526,71	22372,63	26959,86	30656,43	34280,53
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
5074,61	5074,61	4561,01	5074,61	5074,61	5074,61	5074,61	6173,81	5074,61	5074,61
3553,03	3483,37	3069,43	3348,10	3282,45	3218,09	3154,99	3763,13	3032,48	2973,02
37833,56	41316,93	44386,35	47734,46	51016,91	54235,00	57389,99	61153,12	64185,60	67158,62
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
5074,61	5074,61	4561,01	5074,61	5074,61	5074,61	5074,61	6173,81	5074,61	5074,61
2914,72	2857,57	2518,00	2746,61	2692,76	2639,96	2588,19	3087,07	2487,69	2438,91
70073,34	72930,92	75448,92	78195,53	80888,28	83528,24	86116,43	89203,50	91691,19	94130,10
38	39								
5074,61	5074,61								
2391,09	2344,21								
96521,19	98865,40								

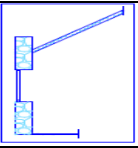
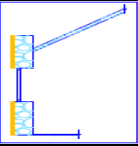
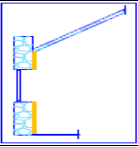
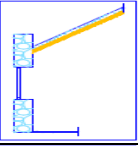
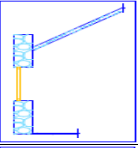
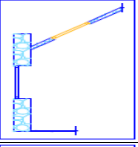
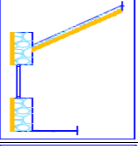
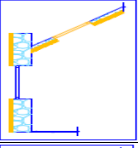
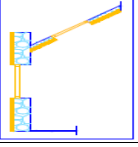
VII. AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

a. VERTENTES, ÁREAS E CRITÉRIOS DO LIDERA

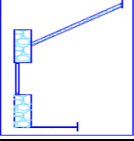
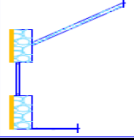
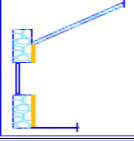
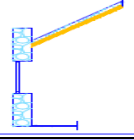
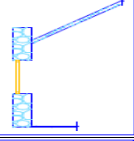
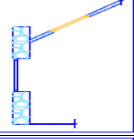
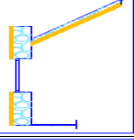
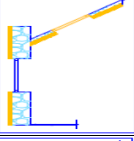
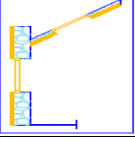
Vertente	Área	Wi	Critério	
INTEGRAÇÃO LOCAL 6 Critérios 14%	SOLO	7%	Valorização territorial	C1
			Otimização ambiental da implantação	C2
	ECOSSISTEMAS NATURAIS	5%	Valorização ecológica	C3
			Interligação de habitats	C4
	PAISAGEM E PATRIMÓNIO	2%	Integração paisagística	C5
			Proteção e valorização do património	C6
RECURSOS 9 Critérios 32%	ENERGIA	17%	Eficiência nos consumos - Certificação energética	C7
			Desenho passivo	C8
			Intensidade em carbono	C9
	ÁGUA	8%	Consumo de água potável	C10
			Gestão das águas locais	C11
	MATERIAIS	5%	Durabilidade	C12
			Materiais locais	C13
			Materiais de baixo impacte	C14
	PRODUÇÃO ALIMENTAR	2%	Produção local de alimentos	C15
CARGAS AMBIENTAIS 8 Critérios 12%	EFLUENTES	3%	Tratamento das águas residuais	C16
			Caudal de reutilização de águas usadas	C17
	EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	2%	Caudal de emissões atmosféricas - Partículas e/ou substâncias com potencial acidificante (Emissão de outros poluentes: SO ₂ e NO _x)	C18
	RESÍDUOS	3%	Produção de resíduos	C19
			Gestão de resíduos perigosos	C20
			Valorização de resíduos	C21
	RUÍDO EXTERIOR	3%	Fontes de ruído para o exterior	C22
	POLUIÇÃO ILUMINO-TÉRMICA	1%	Poluição ilumino-térmica	C23
	CONFORTO AMBIENTAL 4 Critérios 15%	QUALIDADE DO AR	5%	Níveis de qualidade do ar
CONFORTO TÉRMICO		5%	Conforto térmico	C25
ILUMINAÇÃO E ACÚSTICA		5%	Níveis de iluminação	C26
			Conforto sonoro	C27

Vertente	Área	Wi	Critério	
VIVÊNCIA SOCIOECONÓMICA 13 Critérios 19%	ACESSO PARA TODOS	5%	Acesso aos transportes Públicos	C28
			Mobilidade de baixo impacte	C29
			Soluções inclusivas	C30
	DIVERSIDADE ECONÓMICA	4%	Flexibilidade - Adaptabilidade aos usos	C31
			Dinâmica económica	C32
			Trabalho local	C33
	AMENIDADES E INTERACÇÃO SOCIAL	4%	Amenidades locais	C34
			Interação com a comunidade	C35
	PARTICIPAÇÃO E CONTROLO	4%	Capacidade de controlo	C36
			Condições de participação e governância	C37
			Controlo dos riscos naturais - (Safety)	C38
			Controlo das ameaças humanas - (Security)	C39
	CUSTOS NO CICLO DE VIDA	2%	Custos no ciclo de vida	C40
USO SUSTENTÁVEL 3 Critérios 8%	GESTÃO AMBIENTAL	6%	Condições de utilização ambiental	C41
			Sistema de gestão ambiental	C42
	INOVAÇÃO	2%	Inovações	C43

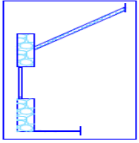
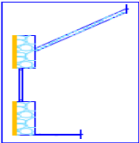
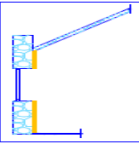
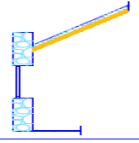
b. LIMIARES DO C6

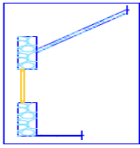
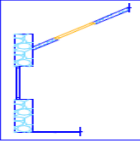
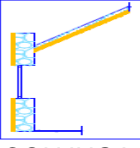
SITUAÇÕES		Limiares	Classificação
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 1	Assegura boas condições de conservação em situações em que o edificado tem aspetos interessantes a serem preservados Nacional/Municipal; Reabilitado (75%)	A+
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 2		
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 3		
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 4		
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 5	Assegura boas condições de conservação para o edificado corrente em toda a área necessária a intervir; Reabilitado (50%)	A
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 6	Assegura boas condições de conservação em situações em que o edificado tem aspetos interessantes a serem preservados Nacional/Municipal; Reabilitado (75%)	A+
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 7		
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 8		
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 9	Assegura boas condições de conservação para o edificado corrente em toda a área necessária a intervir; Reabilitado (50%)	A

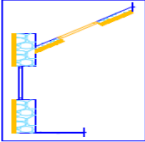
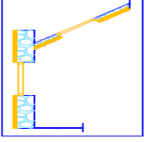
c. LIMIARES DO C7

SITUAÇÕES	SCE	Classificação
	D	D
	C	D
	C	D
	B-	C
	D	D
	C	D
	B	B
	B	B
	B	B

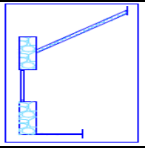
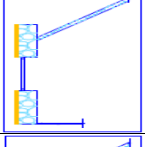
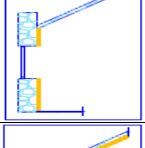
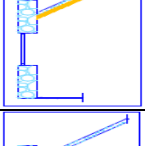
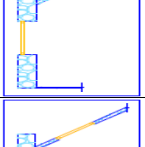
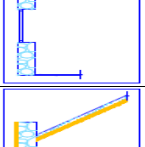
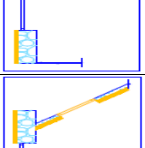
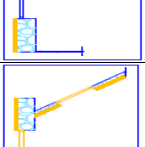
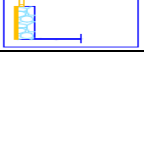
d. LIMIARES DO C8

SITUAÇÕES	Créditos	Classificação
 <p>CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 1</p>	<p>» Total de 15 créditos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Situação/Organização favorável face a outros edifícios ou condicionantes naturais - 1 crédito; 2. Orientação a sul;]25 – 50]% das divisões principais - 2 créditos; 3. Fator de forma inferior a 1,21 (que garanta o menor rácio Área envolvente/Volume interior) – 1 crédito; 5. Massa térmica da estrutura média a forte (valores de referência no RCCTE) - 1 crédito; 8. Ventilação natural dos espaços interiores - 6 créditos para]50 – 100]%; 9. Introdução de sistemas passivos: parede de trombe, geotermia, "efeito de estufa", entre outros (estes créditos poderão simultaneamente atribuídos caso tenham sido realizados estudos que comprovem que estes não são necessários para atingir as condições de conforto interiores) - 4 créditos se for em]50 – 100]% das divisões 	B
 <p>CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 2</p>	<p>» Total de 18 créditos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Situação/Organização favorável face a outros edifícios ou condicionantes naturais - 1 crédito; 2. Orientação a sul;]25 – 50]% das divisões principais - 2 créditos; 3. Fator de forma inferior a 1,21 (que garanta o menor rácio Área envolvente/Volume interior) – 1 crédito; 4. Isolamentos: Isolamento térmico das paredes (mínimo com 6 cm de isolamento) - 2 créditos para mais de 50% dos elementos; Minimização ou eliminação de pontes térmicas - 1 crédito; 5. Massa térmica da estrutura média a forte (valores de referência no RCCTE) - 1 crédito; 8. Ventilação natural dos espaços interiores - 6 créditos para]50 – 100]%; 9. Introdução de sistemas passivos: parede de trombe, geotermia, "efeito de estufa", entre outros (estes créditos poderão simultaneamente atribuídos caso tenham sido realizados estudos que comprovem que estes não são necessários para atingir as condições de conforto interiores) - 4 créditos se for em]50 – 100]% das divisões 	B
 <p>CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 3</p>	<p>» Total de 17 créditos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Situação/Organização favorável face a outros edifícios ou condicionantes naturais - 1 crédito; 2. Orientação a sul;]25 – 50]% das divisões principais - 2 créditos; 3. Fator de forma inferior a 1,21 (que garanta o menor rácio Área envolvente/Volume interior) – 1 crédito; 4. Isolamentos: Isolamento térmico das paredes (mínimo com 6 cm de isolamento) - 2 créditos para mais de 50% dos elementos; 5. Massa térmica da estrutura média a forte (valores de referência no RCCTE) - 1 crédito; 8. Ventilação natural dos espaços interiores - 6 créditos para]50 – 100]%; 9. Introdução de sistemas passivos: parede de trombe, geotermia, "efeito de estufa", entre outros (estes créditos poderão simultaneamente atribuídos caso tenham sido realizados estudos que comprovem que estes não são necessários para atingir as condições de conforto interiores) - 4 créditos se for em]50 – 100]% das divisões 	B
 <p>CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 4</p>	<p>» Total de 17 créditos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Situação/Organização favorável face a outros edifícios ou condicionantes naturais - 1 crédito; 2. Orientação a sul;]25 – 50]% das divisões principais - 2 créditos; 3. Fator de forma inferior a 1,21 (que garanta o menor rácio Área envolvente/Volume interior) – 1 crédito; 4. Isolamentos: Isolamento térmico da cobertura e pavimentos - 1 crédito para menos de 50% dos elementos e 2 créditos para mais de 50% dos elementos; 5. Massa térmica da estrutura média a forte (valores de referência no RCCTE) - 1 crédito; 8. Ventilação natural dos espaços interiores - 6 créditos para]50 – 100]%; 9. Introdução de sistemas passivos: parede de trombe, geotermia, "efeito de estufa", entre outros (estes créditos poderão simultaneamente atribuídos caso tenham sido realizados estudos que comprovem que estes não são necessários para atingir as condições de conforto interiores) - 4 créditos se for em]50 – 100]% das divisões 	B

SITUAÇÕES	Créditos	Classificação
 <p>CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 5</p>	<p>» Total de 22 créditos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Situação/Organização favorável face a outros edifícios ou condicionantes naturais - 1 crédito; 2. Orientação a sul;]25 – 50] % das divisões principais - 2 créditos; 3. Fator de forma inferior a 1,21 (que garanta o menor rácio Área envolvente/Volume interior) – 1 crédito; 5. Massa térmica da estrutura média a forte (valores de referência no RCCTE) - 1 crédito; 7. Com vidros duplos com coeficiente de transmissão térmica adequado ou vãos envidraçados de bom desempenho - 3 créditos em]50 – 100] % dos vãos envidraçados; Caixilharia com estanquicidade a infiltrações de ar, coeficiente de transmissão térmica adequado e de corte térmico (verificar no certificado energético de acordo com a norma EN 12207): - Caixilharia de classe 3 e 4 - 4 créditos para]50 – 100] %; 8. Ventilação natural dos espaços interiores - 6 créditos para]50 – 100] %; 9. Introdução de sistemas passivos: parede de trombe, geotermia, "efeito de estufa", entre outros (estes créditos poderão simultaneamente atribuídos caso tenham sido realizados estudos que comprovem que estes não são necessários para atingir as condições de conforto interiores) - 4 créditos se for em]50 – 100] % das divisões 	A
 <p>CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 6</p>	<p>» Total de 19 créditos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Situação/Organização favorável face a outros edifícios ou condicionantes naturais - 1 crédito; 2. Orientação a sul;]25 – 50] % das divisões principais - 2 créditos; 3. Fator de forma inferior a 1,21 (que garanta o menor rácio Área envolvente/Volume interior) – 1 crédito; 5. Massa térmica da estrutura média a forte (valores de referência no RCCTE) - 1 crédito; 7. Com vidros duplos com coeficiente de transmissão térmica adequado ou vãos envidraçados de bom desempenho - 2 créditos se for em [0 – 50] % dos vãos envidraçados; Caixilharia com estanquicidade a infiltrações de ar, coeficiente de transmissão térmica adequado e de corte térmico (verificar no certificado energético de acordo com a norma EN 12207): - Caixilharia de classe 3 e 4 - 2 créditos entre [0 – 50] % dos vãos, 8. Ventilação natural dos espaços interiores - 6 créditos para]50 – 100] %; 9. Introdução de sistemas passivos: parede de trombe, geotermia, "efeito de estufa", entre outros (estes créditos poderão simultaneamente atribuídos caso tenham sido realizados estudos que comprovem que estes não são necessários para atingir as condições de conforto interiores) - 4 créditos se for em]50 – 100] % das divisões 	A
 <p>CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 7</p>	<p>» Total de 20 créditos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Situação/Organização favorável face a outros edifícios ou condicionantes naturais - 1 crédito; 2. Orientação a sul;]25 – 50] % das divisões principais - 2 créditos; 3. Fator de forma inferior a 1,21 (que garanta o menor rácio Área envolvente/Volume interior) – 1 crédito; 4. Isolamentos: Isolamento térmico das paredes (mínimo com 6 cm de isolamento) - 2 créditos para mais de 50% dos elementos; Isolamento térmico da cobertura e pavimentos - 2 créditos para mais de 50% dos elementos; Minimização ou eliminação de pontes térmicas - 1 crédito; 5. Massa térmica da estrutura média a forte (valores de referência no RCCTE) - 1 crédito; 8. Ventilação natural dos espaços interiores - 6 créditos para]50 – 100] %; 9. Introdução de sistemas passivos: parede de trombe, geotermia, "efeito de estufa", entre outros (estes créditos poderão simultaneamente atribuídos caso tenham sido realizados estudos que comprovem que estes não são necessários para atingir as condições de conforto interiores) - 4 créditos se for em]50 – 100] % das divisões 	A

SITUAÇÕES	Créditos	Classificação
 <p data-bbox="197 533 341 622">CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 8</p>	<p data-bbox="371 226 587 246">» Total de 24 créditos:</p> <ol data-bbox="371 248 1209 786" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="371 248 1209 297">1. Situação/Organização favorável face a outros edifícios ou condicionantes naturais - 1 crédito; <li data-bbox="371 300 1209 320">2. Orientação a sul;]25 – 50]% das divisões principais - 2 créditos; <li data-bbox="371 322 1209 371">3. Fator de forma inferior a 1,21 (que garanta o menor rácio Área envolvente/Volume interior) – 1 crédito; <li data-bbox="371 374 1209 495">4. Isolamentos: Isolamento térmico das paredes (mínimo com 6 cm de isolamento) - 1 crédito para menos de 50% dos elementos e 2 créditos para mais de 50% dos elementos; Isolamento térmico da cobertura e pavimentos - 1 crédito para menos de 50% dos elementos e 2 créditos para mais de 50% dos elementos; Minimização ou eliminação de pontes térmicas - 1 crédito; <li data-bbox="371 497 1209 546">5. Massa térmica da estrutura média a forte (valores de referência no RCCTE) - 1 crédito; <li data-bbox="371 548 1209 692">7. Com vidros duplos com coeficiente de transmissão térmica adequado ou vãos envidraçados de bom desempenho - 2 créditos se for em [0 – 50]% dos vãos envidraçados; Caixilharia com estanquicidade a infiltrações de ar, coeficiente de transmissão térmica adequado e de corte térmico (verificar no certificado energético de acordo com a norma EN 12207): - Caixilharia de classe 3 e 4 - 2 créditos entre [0 – 50]% dos vãos, <li data-bbox="371 694 1209 714">8. Ventilação natural dos espaços interiores - 6 créditos para]50 – 100]%; <li data-bbox="371 716 1209 786">9. Introdução de sistemas passivos: parede de trombe, geotermia, "efeito de estufa", entre outros (estes créditos poderão simultaneamente atribuídos caso tenham sido realizados estudos que comprovem que estes não são necessários para atingir as condições de conforto interiores) - 4 créditos se for em]50 – 100]% das divisões 	<p data-bbox="1305 495 1342 515">A+</p>
 <p data-bbox="197 1088 341 1178">CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 9</p>	<p data-bbox="371 792 587 813">» Total de 27 créditos:</p> <ol data-bbox="371 815 1209 1321" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="371 815 1209 864">1. Situação/Organização favorável face a outros edifícios ou condicionantes naturais - 1 crédito; <li data-bbox="371 866 1209 887">2. Orientação a sul;]25 – 50]% das divisões principais - 2 créditos; <li data-bbox="371 889 1209 938">3. Fator de forma inferior a 1,21 (que garanta o menor rácio Área envolvente/Volume interior) – 1 crédito; <li data-bbox="371 940 1209 1039">4. Isolamentos: Isolamento térmico das paredes (mínimo com 6 cm de isolamento) - 2 créditos para mais de 50% dos elementos; Isolamento térmico da cobertura e pavimentos - 2 créditos para mais de 50% dos elementos; Minimização ou eliminação de pontes térmicas - 1 crédito; <li data-bbox="371 1041 1209 1090">5. Massa térmica da estrutura média a forte (valores de referência no RCCTE) - 1 crédito; <li data-bbox="371 1093 1209 1214">7. Com vidros duplos com coeficiente de transmissão térmica adequado ou vãos envidraçados de bom desempenho - 3 créditos em]50 – 100]% dos vãos envidraçados; Caixilharia com estanquicidade a infiltrações de ar, coeficiente de transmissão térmica adequado e de corte térmico (verificar no certificado energético de acordo com a norma EN 12207): - Caixilharia de classe 3 e 4 - 4 créditos para]50 – 100]%; <li data-bbox="371 1216 1209 1236">8. Ventilação natural dos espaços interiores - 6 créditos para]50 – 100]%; <li data-bbox="371 1238 1209 1321">9. Introdução de sistemas passivos: parede de trombe, geotermia, "efeito de estufa", entre outros (estes créditos poderão simultaneamente atribuídos caso tenham sido realizados estudos que comprovem que estes não são necessários para atingir as condições de conforto interiores) - 4 créditos se for em]50 – 100]% das divisões 	<p data-bbox="1305 1048 1342 1068">A+</p>

e. LIMIARES DO C40

SITUAÇÕES		Vida útil	Período de retorno	Fator de melhoria	Classificação
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 1	40	40	1,0	E
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 2		10	4,0	A+
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 3		17	2,4	A
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 4		1	40,0	A++
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 5		77	0,5	G
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 6		24	1,7	B
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 7		5	8,0	A+
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 8		7	5,7	A+
	CONJUGAÇÃO DE SOLUÇÕES 9		10	4,0	A+