

**Luís Prosil Sampaio**

**Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil**

**A sustentabilidade na reabilitação de um edifício habitacional  
– caso de estudo**



**Universidade Fernando Pessoa**

**Faculdade de Ciência e Tecnologia**

**Porto, Outubro de 2017**



**Luís Prosil Sampaio**

**Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil**

**A sustentabilidade na reabilitação de um edifício habitacional  
– caso de estudo**



**Universidade Fernando Pessoa**

**Faculdade de Ciência e Tecnologia**

**Porto, Outubro de 2017**

**Título da dissertação:** A sustentabilidade na reabilitação de um edifício habitacional – caso de estudo.

**Nome do autor:** Luís Prosil Sampaio

**Nº de aluno:** 24009

**Curso:** Mestrado em Engenharia Civil

**Data:** outubro de 2017

**Docente Orientador:** Prof. Doutor José Paulo Tavares Coimbra

**Assinatura do aluno:** \_\_\_\_\_

Dissertação apresentada à  
Universidade Fernando Pessoa como  
parte dos requisitos para obtenção do  
grau de Mestre em Engenharia Civil

## **Resumo**

A indústria da construção portuguesa consome mais matérias-primas do que qualquer outra atividade económica. As políticas de desenvolvimento e de reabilitação desajustadas observadas nas últimas décadas, a inexistência de legislação específica e uma cultura de consumo exagerado de recursos finitos originaram a degradação do meio ambiente, o que compromete as gerações futuras.

Faça a estas preocupações, devem ser desenvolvidos esforços que possibilitem a criação de um padrão de construção mais sustentável, integrando os parâmetros ambientais, sociais e económicos na tomada de decisão, que incentive um consumo racional, e eficiente, de energia e dos recursos naturais disponíveis.

Com esta monografia intitulada “A sustentabilidade na reabilitação de um edifício habitacional – caso de estudo“, pretendeu-se colaborar para uma reflexão mais adequada sobre o processo da Construção Sustentável, começando por caracterizar o setor em Portugal e a recente mudança de paradigma na construção civil, e, abordando os conceitos e princípios da sustentabilidade de um edifício, de forma a minimizar os impactos causados pela construção civil ao meio ambiente.

Aplicou-se toda a base teórica na investigação de um caso de estudo – um edifício reabilitado. Procedeu-se à recolha de dados de forma a contabilizar o contributo dos materiais/técnicas sustentáveis instalados. Foram também abordados os diversos princípios ambientais, económicos e sociais, necessários para atingir a sustentabilidade do caso de estudo.

Por fim, o estudo apresenta uma análise crítica aos resultados obtidos. A construção sustentável associada a um edifício habitacional possibilita a minimização dos impactos ambientais e a redução de custos associados à manutenção/conservação e operação de um edifício.

## **Abstract**

The portuguese construction industry consumes more raw materials than any other economic activity. The misaligned development and rehabilitation policies observed in recent times, the lack of specific legislation and a culture of exaggerated consumption of finite resources, have led to the degradation of the environment, which jeopardizes future generations.

Due to these concerns, efforts should be made to create a sustainable construction pattern by integrating the environmental, social and economic parameters into decision making, which encourages the efficient consumption of energy and the rational use of available natural resources.

In this entitled monograph “Sustainability in the rehabilitation of a residential building - case study”, it was intended to collaborate for a more adequate reflection on the process of sustainable construction. Starting with characterizing the portuguese construction industry and the recent paradigma shift in the construction industry. Integrating the concepts and principles of sustainable construction, in order to minimize the impacts caused by construction to the environment.

Applying the theoretical basis, a rehabilitated building was investigated. Data were collected in order to account the contribution of the installed sustainable materials/techniques. In addition, it was also study the various environmental, economic and social principles required to achive sustainability of the building.

Lastly, the study presents a critical analysis of the results obtained. The sustainable construction associated with residential buildings allows to minimize the environmental impacts caused bey the construction industry and reduces the costs associated with the maintenance and operation of the building.

## **Agradecimentos**

Agradeço a todos aqueles que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação.

Em especial ao Professor Doutor José Coimbra, meu orientador científico, a quem agradeço toda a disponibilidade manifestada, simpatia e por todos os conhecimentos transmitidos durante a elaboração da dissertação. Sem a sua indispensável orientação, não teria sido possível a conclusão do presente trabalho.

Aos meus colegas e amigos, pelo apoio e incentivos prestados, merecem a minha gratidão.

Por fim, gostaria de agradecer à minha família por todo o encorajamento, compreensão e paciência demonstrados durante a realização desta dissertação.

## Índice Geral

<b>Resumo .....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>II</b>
<b>Agradecimentos.....</b>	<b>III</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>VII</b>
<b>Índice de Tabelas .....</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de Abreviaturas e Siglas .....</b>	<b>X</b>
<b>Capítulo I – Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 Enquadramento do setor da construção em Portugal.....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3. Organização da dissertação .....	3
<b>Capítulo II – Processo da Construção Sustentável .....</b>	<b>5</b>
2.1. O conceito “Construção Sustentável” .....	5
2.2. O conceito “Desenvolvimento Sustentável” .....	7
2.3. Os desafios da Construção Sustentável .....	9
2.3.1. Fase Projeto .....	12
2.3.2. Fase Construção.....	14
2.3.3. Fase Utilização/Exploração .....	15
2.3.4. Fase Desconstrução.....	16
2.4. O ciclo de vida dos edifícios .....	16
2.5. Os materiais sustentáveis na construção de edifícios .....	17
2.5.1. Ecoeficiência dos Materiais .....	18
2.5.2. Ciclo de vida dos materiais .....	22
2.5.2.1 Manutenção .....	23
2.5.2.2. Energia incorporada .....	25
2.5.2.3. Reciclagem e Reutilização de materiais.....	27

2.5.3. Modelo de seleção de materiais.....	30
2.6. Resíduos na construção de edifícios .....	31
2.6.1. Resíduos gerados durante a obra .....	32
2.6.2. Resíduos gerados após a obra.....	34
2.7. Impactes Ambientais .....	34
<b>Capítulo III – Metodologia do Caso de Estudo.....</b>	<b>37</b>
3.1. Introdução .....	37
3.2. Pergunta de partida .....	37
3.3. Objetivos a atingir .....	38
3.4. Hipóteses .....	38
3.5. Fontes e instrumentos de recolha de dados.....	39
<b>Capítulo IV - Descrição do Caso de Estudo .....</b>	<b>41</b>
4.1. Descrição e caracterização do edifício.....	41
4.2. Levantamento de Informação .....	49
<b>Capítulo V – Verificação da Sustentabilidade do Caso de Estudo.....</b>	<b>51</b>
5.1. Análise da informação recolhida.....	51
5.1.1. Parâmetros ambientais .....	52
5.1.2 Parâmetros Económicos.....	65
5.1.3. Parâmetros Sociais.....	73
5.2. Resultados obtidos.....	75
5.2.1. Ganhos energéticos anuais devido à eficiência dos equipamentos.....	75
5.2.1.1. Energia consumida em aquecimento .....	76
5.2.1.2. Energia consumida para aquecimento de águas sanitárias.....	77
5.2.1.3. Energia consumida em eletricidade .....	79
5.2.2. Emissões de CO <sub>2</sub> resultantes do aquecimento, AQS e iluminação .....	79
5.2.3. Custos anuais de AQS, aquecimento e manutenção .....	81
5.2.3.1. Custo anual das águas quentes sanitárias .....	81

5.2.3.2. Custo anual do aquecimento do ambiente.....	82
5.2.3.3. Custo anual de iluminação .....	83
5.2.3.4. Custo anual da manutenção .....	84
<b>Capítulo VI – Conclusões.....</b>	<b>87</b>
6.1. Tema .....	87
6.2. Resposta aos objetivos .....	87
6.3. Limitações do estudo .....	91
6.4. Orientações para futuras investigações .....	91
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>93</b>
<b>Anexo I - Plantas e alçado do caso de estudo .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexo II – Certificado energético.....</b>	<b>99</b>
<b>Anexo III – Dados técnicos do acumulador de 750 litros .....</b>	<b>110</b>

## Índice de Figuras

Figura 1: Desenvolvimento sustentável .....	8
Figura 2: Pilares do ENDS .....	9
Figura 3: Emissões de carbono a nível mundial relativas à produção de energia .....	11
Figura 4: Ciclo de vida de um material ecoeficiente .....	21
Figura 5: Ciclo de vida de um material .....	23
Figura 6: Efeito das ações de manutenção no prolongamento da vida útil dos edifícios	24
Figura 7: Interação entre os ambientes construído e natural .....	35
Figura 8: Impacte Ambiental.....	35
Figura 9: Imagem aérea.....	41
Figura 10: Fachada do caso de estudo .....	42
Figura 11: Estrutura metálica e de madeira .....	42
Figura 12: Estrutura de betão .....	43
Figura 13: Abastecimento água - corte longitudinal.....	44
Figura 14: Caldeira a gás propano .....	45
Figura 15: Dispositivos iluminação LED.....	47
Figura 16: Materiais predominantes .....	49
Figura 17: Madeiras a reutilizar e reciclar .....	53
Figura 18: Vidros a reciclar .....	53
Figura 19: Abertura de ventilação autorregulável .....	58
Figura 20: Ventiladores eólicos em aço inox .....	59
Figura 21: Janela exterior com dupla vedação .....	60
Figura 22: Isolamentos acústicos - Planta do rés-do-chão .....	61
Figura 23: Isolamentos acústicos - Planta do 1º piso.....	61
Figura 24: Isolamentos acústicos - Planta do 2º piso.....	62
Figura 25: Isolamentos acústicos - Planta do 3º piso.....	62
Figura 26: Isolamento térmico: "Capotto" .....	64
Figura 27: Isolamentos térmicos - corte longitudinal .....	65
Figura 28: Painel solar fotovoltaico .....	67
Figura 29: Consumos mensais de eletricidade .....	68
Figura 30: Eletricidade gerada/Eletricidade importada .....	68
Figura 31: Corte do termoacumulador de 750 litros.....	70

Figura 32: Distribuição de energia para AQS .....	71
Figura 33: Espaços comuns pensados nos utilizadores.....	73
Figura 34: Utilização de diferentes cores nos acabamentos interiores .....	74
Figura 35: Necessidades anuais de energia para aquecimento.....	76
Figura 36: Consumo anual de gás natural para aquecimento .....	77
Figura 37: Consumos anuais para aquecimento de águas sanitárias .....	78
Figura 38: Consumo horário de iluminação .....	79
Figura 39: Emissões anuais de CO2 por tipo de consumo .....	80
Figura 40: Emissões anuais de CO2 de aquecimento, AQS e iluminação .....	81

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Critérios a analisar na seleção de materiais .....	20
Tabela 2: Energia consumida no transporte de materiais (rodoviário) .....	26
Tabela 3: Energia despendida por tipo de transporte.....	26
Tabela 4: Valorização de resíduos provenientes da construção e demolição.....	33
Tabela 5: Parâmetros que afetam a sustentabilidade social, económica e ambiental .....	50
Tabela 6: Materiais para reutilização ou reciclagem .....	52
Tabela 7: Quantidades de materiais da desconstrução.....	54
Tabela 8: Materiais sustentáveis utilizados no caso de estudo.....	55
Tabela 9: Quantidades de materiais sustentáveis usados na construção .....	56
Tabela 10: Distâncias percorridas pelos materiais até ao edifício .....	57
Tabela 11: Iluminação LED .....	66
Tabela 12: Ações da manutenção necessárias ao caso de estudo .....	72
Tabela 13: Custos anuais de águas quentes sanitárias .....	82
Tabela 14: Custos anuais de aquecimento do ambiente.....	83
Tabela 15: Custo anual de iluminação .....	83
Tabela 16: Ações da manutenção necessárias ao caso de estudo .....	84
Tabela 17: Ações de manutenção necessárias num edifício tradicional .....	85
Tabela 18: Retornos financeiros dos investimentos .....	90

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

ACV – Análise do Ciclo de Vida

AQS – Águas quentes sanitárias

ENDS – Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável

LED – Light Emitting Diode

ONU – Organização das Nações Unidas

RCD – Resíduos de Construção e Demolição



## **Capítulo I – Introdução**

Esta dissertação, concretizada no âmbito do último semestre do 2º ano do Mestrado em Engenharia Civil, incide sobre um caso de estudo, concretamente um edifício situado na cidade do Porto. O estudo foca-se na análise da sustentabilidade do edifício, abordando os vários critérios que permitem à habitação alcançar uma melhor integração com a sua envolvente, na vertente social, económica e ambiental. Além disso, a análise dos vários sistemas construtivos tem como finalidade comprovar o baixo impacto ambiental na construção/reabilitação de edifícios sustentáveis, em comparação com a construção tradicional.

Este trabalho teve como principal motivação a exploração do tema da Construção Sustentável, dado este ser uma temática atual, em forte expansão e que constitui uma preocupação mundial e potenciadora de uma área de atividade de forte crescimento. O principal objetivo da presente dissertação de mestrado é contribuir para a sensibilização do processo da construção sustentável, a todos os intervenientes na construção de edifícios e onde, a aplicação de soluções construtivas resulte como vantagem acrescida no desafio que o desenvolvimento sustentável coloca à sociedade atual.

As preocupações ambientais e económicas fluíram para o desenvolvimento deste trabalho, como a tomada de consciência da escassez dos combustíveis fósseis e do continuo aumento do custo, exalta a utilização de fontes renováveis para obtenção de energia, a utilização de materiais sustentáveis e sistemas eficientes.

### **1.1 Enquadramento do setor da construção em Portugal**

Nas ultimas décadas, Portugal tem vindo a assistir ao envelhecimento do seu parque habitacional, particularmente nos centros urbanos, o qual atingiu um grau de degradação elevado com desrespeito das condições mínimas de segurança e de habitabilidade. Contribuíram para esta situação as inadequadas políticas de reabilitação, a par da insuficiente manutenção do edificado.

Atualmente, verifica-se um maior rigor e exigência por parte dos utilizadores dos edifícios, o que permitiu e obrigou, de certa forma, a uma crescente melhoria da qualidade dos projetos.

A indústria da construção, embora tendo sofrido dramáticas alterações nos últimos anos em Portugal, continua a ser das indústrias que mais recursos materiais e humanos envolve. Pelos investimentos que mobiliza, pela participação no PIB e pela contribuição para a formação bruta de capital fixo, a indústria da construção desempenha um papel fundamental relativamente à economia nacional e internacional.

Após a abrupta redução da produção de obra nova, a tendência tem vindo a ser um progressivo aumento de intervenções em construções existentes. Esta mudança no paradigma da construção nacional incentivou a competitividade das empresas do setor, na procura de melhorar resultados, no que se refere a custos, prazos e a qualidade do produto final. A sobrevivência e afirmação das empresas de construção civil depende, de forma crescente, da capacidade de inovação das empresas e da sua capacidade de resposta ao problema de maior qualidade a menor custo.

Face a este incentivo à competitividade e à crescente degradação ambiental, surgiu um novo modelo de construção, a Construção Sustentável. Este defende um desenvolvimento económico, ambiental e social, capaz de atender às necessidades desta geração, sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras.

Numa sociedade que valoriza cada vez mais o nível de eficiência e rigor de desempenho, impõe-se que se procure adotar um modelo e processo de ações a aplicar aos diferentes setores económicos, particularmente o setor da construção, de modo a que estes possam desenvolver de modo sustentável, que não conduza ao esgotamento dos recursos naturais disponíveis.

## **1.2 Objetivos**

O âmbito da presente dissertação enquadra-se na construção sustentável de edifícios, abrangendo os vários parâmetros que possibilitam a sustentabilidade de uma habitação.

Pretende-se desenvolver uma metodologia adequada à análise da sustentabilidade de edifícios habitacionais, que será no final aplicada ao caso de estudo, a fim de verificar quais as vantagens e inconvenientes de cada solução construtiva.

O objetivo primordial prende-se numa evolução de conceitos mais eficientes para o projeto e para a construção civil em Portugal, que estes permitam uma poupança dos

recursos naturais, o reforço do uso de materiais sustentáveis, incentivem a utilização de energias renováveis e de equipamentos muito eficientes, de modo a reduzir os impactos ambientais associados ao setor da construção.

Este objetivo divide-se em cinco objetivos específicos:

- Abordar a temática da construção segundo o vetor do impacto ambiental, reunindo dados acerca dos efeitos positivos da construção sustentável sobre o ambiente;
- Levantamento de dados de soluções construtivas potencialmente mais sustentáveis;
- Desenvolver uma metodologia adequada à análise da sustentabilidade de edifícios habitacionais;
- Aplicar essa metodologia ao caso de estudo;
- Analisar as vantagens ambientais, sociais e económicas, na utilização de materiais/sistemas construtivos sustentáveis.

No presente trabalho dar-se-á especial ênfase ao setor dos edifícios, especialmente ao setor da habitação, como é o caso de estudo associado, uma vez que este possui elevado peso no mercado da construção em Portugal, sendo o que tem maior impacto sobre o ambiente, a sociedade e a economia.

### **1.3. Organização da dissertação**

A apresentação e desenvolvimento dos diversos temas encontram-se organizados em 6 capítulos principais, nos quais são abordados os seguintes assuntos:

No presente capítulo realiza-se uma introdução, o enquadramento da dissertação e descrição dos seus principais objetivos.

No segundo capítulo são apresentados os fundamentos teóricos da Construção e Desenvolvimento Sustentável. Será feita a caracterização dos parâmetros que conduzem à sustentabilidade de um edifício. Será realizada também uma análise aos principais desafios da Construção Sustentável.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia desenvolvida no caso de estudo.

No quarto capítulo é apresentado o caso de estudo, através da sua localização e descrição, tanto física como relativamente às soluções construtivas adotadas no processo de reabilitação do edifício.

No quinto capítulo é verificada a sustentabilidade ambiental, social e económica do caso de estudo e são apresentados os resultados obtidos.

Por fim, no sexto capítulo são descritas as conclusões gerais do trabalho, as suas limitações e perspectivas futuras.

## **Capítulo II – Processo da Construção Sustentável**

O presente capítulo pretende caracterizar a construção sustentável em Portugal e os diversos fatores que influenciam a sustentabilidade na construção de um edifício. São apresentados os conceitos de construção sustentável e desenvolvimento sustentável, de modo a relacionar estes conceitos entre si e servir como base científica ao desenvolvimento desta dissertação. Será elaborada uma caracterização aos principais desafios da construção e ao contributo que os materiais podem ter numa obra, assim como os resíduos. Por último, é realizada uma análise dos impactes ambientais associados ao setor da construção.

### **2.1. O conceito “Construção Sustentável”**

A nossa sociedade enfrenta atualmente um desafio ambiental cuja falta de resolução ou adiamento, poderá vir a ditar fim da civilização humana, tal como a conhecemos. Em termos ambientais, a ação humana tem-se revelado destrutiva, no consumo exagerado de recursos não renováveis. É preciso uma mudança de consciencialização que permita um equilíbrio entre o meio ambiente e as atividades humanas, estabelecendo uma relação entre necessidades e capacidades de suporte do meio natural.

As atuais preocupações ambientais revelam que certos materiais e tecnologias construtivas utilizados, como por exemplo, o betão armado, causam grandes assimetrias no meio ambiente, pois a quantidade de recursos naturais necessários a estas tecnologias e a uma indústria da construção em crescimento exponencial, não é compatível com a capacidade de autorregeneração desses recursos. É necessária investigação científica que motive o aparecimento de novas tecnologias construtivas mais compatíveis com o equilíbrio ambiental.

O conceito de “Construção Sustentável” tem vindo, ao longo dos anos, a ser associado a um sistema construtivo que promove alterações conscientes na envolvente, de modo a atender as necessidades da edificação, habitação e uso do utilizador, preservando o meio ambiente com o objetivo de garantir a qualidade de vida para as gerações atuais e futuras.

“Contudo, a procura de uma eficiência nas diferentes fases do processo de concepção, construção e operação dos edifícios permite que se possa considerar a construção sustentável como aquela que faz uso dos melhores procedimentos e técnicas para a

concepção de objetos edificados cujos impactes no ambiente são os menores possíveis de originar”. [1]

A construção sustentável engloba as diferentes fases do ciclo de vida dos edifícios, desde a fase de projeto até à fase de desconstrução. Os principais pilares da construção sustentável são:

- Construção de edifícios energeticamente eficientes;
- Planeamento adequado da construção/conservação/manutenção dos edifícios;
- Diminuir os resíduos gerados pela obra;
- Utilização de materiais eco-eficientes;
- Maximizar a reutilização dos recursos;
- Economizar a utilização de energia e água;
- Maximizar a durabilidade dos edifício;
- Controlar as emissões de CO<sub>2</sub> e gases responsáveis pelo efeito estufa e aquecimento global;
- Minimizar impactes ambientais associados à construção;
- Racionalização de custos.

Resumidamente, a construção sustentável é um conjunto de práticas adotadas, com preocupações **ambientais**, **económicas** e **sociais** na tomada de decisão, que permitem satisfazer as necessidades humanas sem comprometer o ambiente, como o conhecemos, para as gerações futuras. A sustentabilidade deve contemplar, ações que sejam ambientalmente corretas, economicamente viáveis e socialmente justas.

Embora seja necessário um investimento inicial considerável (comparando com a construção tradicional), uma obra sustentável apresenta um retorno a longo prazo. É preciso ter em conta que a fase de uso e operação do edifício, cujo investimento ao longo dos anos é maior que o valor de investimento inicial do projeto e construção.

Segundo estimativas, numa perspetiva de até 30 anos, os custos de um edifício referem-se a 20 % à fase de projeto e construção e **80% à fase de uso e operação**.

Portanto um edifício sustentável, mesmo que represente um investimento inicial um pouco superior à de um edifício convencional, gera custos operacionais consideravelmente inferiores, levando não apenas o rápido retorno financeiro do investimento inicial, como economia e eficiência durante toda a vida útil do edifício.

Concluindo, é melhor investir um pouco mais em algo que trará economia no futuro, do que economizar durante a obra e ter gastos extras e prejuízo a longo prazo. [1]

Além da vantagem económica, um edifício sustentável também tem a capacidade de planejar e prever todos os impactos ambientais que pode provocar, antes, durante e depois do fim da sua vida útil.

## **2.2. O conceito “Desenvolvimento Sustentável”**

A expressão desenvolvimento sustentável é utilizada para designar um modelo económico que procura conciliar o desenvolvimento económico à preservação e manutenção dos recursos naturais disponíveis. A ONU define desenvolvimento sustentável como “aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades”.

Este conceito foi apresentado pela ONU, no ano 1987, no relatório “O nosso futuro comum”, mais conhecido como o relatório Bruntland. [17]

Este documento criticou o modelo de desenvolvimento que estava a ser adotado pelos países industrializados até ao momento, alertando para os riscos do uso excessivo de recursos naturais sem consideração da capacidade dos ecossistemas. Apontou ainda para a incompatibilidade verificada entre o desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo, apelando à necessidade de uma nova relação entre atividades humanas e o meio ambiente.

O relatório Bruntland apresentou diversas medidas de ação a serem adotadas pelos Estados e definiu metas a realizar no sentido de atingir o desenvolvimento sustentável [1]:

- Limitação do crescimento populacional;
- Garantia de recursos básicos a longo prazo, tais como água, energia e alimentos;
- Preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;
- Diminuição do consumo de energia e promoção do uso de fontes energéticas alternativas (solar, eólica e geotérmica);

- Aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas;
- Controle da urbanização e articulação entre cidades e zonas rurais;
- Garantia das necessidades básicas às sociedades, tais como a educação, a saúde e a habitação condigna.

É possível compreender que o conceito de desenvolvimento sustentável não se limita apenas à preservação dos recursos naturais. Para construir sociedades sustentáveis é necessário ter por princípio, equilíbrio económico, justiça social, incentivo à diversidade cultural e defesa do meio ambiente, como se pode verificar na figura 1:



Figura 1: Desenvolvimento sustentável

Fonte: <https://id.pinterest.com/explore/desenvolvimento-sustent%C3%A1vel-922048254587/>

Em Portugal, foi elaborada a Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável (ENDS, 2002), que identificou um conjunto de condicionantes ao desenvolvimento sustentável no que respeita à dimensão ambiental. Esta, visa o período 2005/2015 e consiste num instrumento de orientação de políticas interventivas que, partindo da

situação atual de Portugal, com as suas fragilidades e potencialidades, permitam assegurar um crescimento económico rápido, uma maior coesão social, e um elevado e crescente nível de proteção e valorização do ambiente. A figura 2 apresenta os pilares da Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável.



Figura 2: Pilares do ENDS

Fonte: ENDS, 2002

Em suma, o desenvolvimento sustentável constitui-se como um conceito transversal a todas as atividades humanas, que ao longo do tempo, vai-se ajustando consoante as necessidades e a sua envolvente.

### 2.3. Os desafios da Construção Sustentável

A indústria da construção é um dos principais setores económicos, embora nos últimos anos se encontre em redução devido à crise nacional. O número de alojamentos concluídos em construções novas tem registado uma significativa desaceleração,

prevendo-se a continuação desta tendência. Estima-se que houve uma redução de cerca de 80% no número de novos alojamentos concluídos entre 2009 e 2015. [9].

Através das Estatísticas da Construção e Habitação, do ano 2015, é possível perceber que a generalidade dos indicadores disponíveis para 2015, com algumas exceções importantes como a estatística sobre as obras concluídas, aponta para alguma reanimação do mercado habitacional, muito centrada em alojamentos já existentes, após o declínio observado nos anos anteriores.

Em 2015 foram concluídos 10972 edifícios, o que representa um decréscimo de 19,2% face a 2014. Na sua maioria estes edifícios são residenciais (cerca de 60%), dos quais 68,5% relativos a construções novas. [9]

As obras concluídas em construções novas continuaram a ser predominantes, representando 66,6% do total de obras concluídas em 2015 (em 2014 representavam 67,3% do total). Apesar da grande predominância de novas construções, as operações de reabilitação têm observado um ligeiro aumento no setor da construção (33,4% face a 32,7% em 2014), embora essa variação se traduza numa diminuição em termos absolutos (3 664 edifícios concluídos em 2015 face a 4 447 edifícios concluídos em 2014). [9]

Em Portugal, estima-se que os edifícios destinados à habitação e serviços, durante a fase de construção, sejam responsáveis pelo consumo de cerca de **20% dos recursos** energéticos nacionais, **6,7% do consumo de água**, pela produção de **420 milhões de metros cúbicos de águas residuais** e pela produção anual de cerca de **7,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos**. [11]

É de conhecimento alargado que a produção energética se traduz em grandes impactes ambientais, em resultado da utilização e consumo de combustíveis fósseis de disponibilidade finita, tal como o petróleo e o carvão, e da elevada emissão de gases resultantes do consumo destas fontes não renováveis. Estima-se que a procura de energia deva crescer em cerca de 40% até ao ano de 2030, originando emissões de carbono, devido à produção da mesma, a nível mundial, de aproximadamente 16,8 mil milhões tep (tonelada equivalente de petróleo). A figura 3 representa a evolução da emissão de carbono, a nível mundial, provocada pela produção de energia (Torgal e Jalali, 2010).

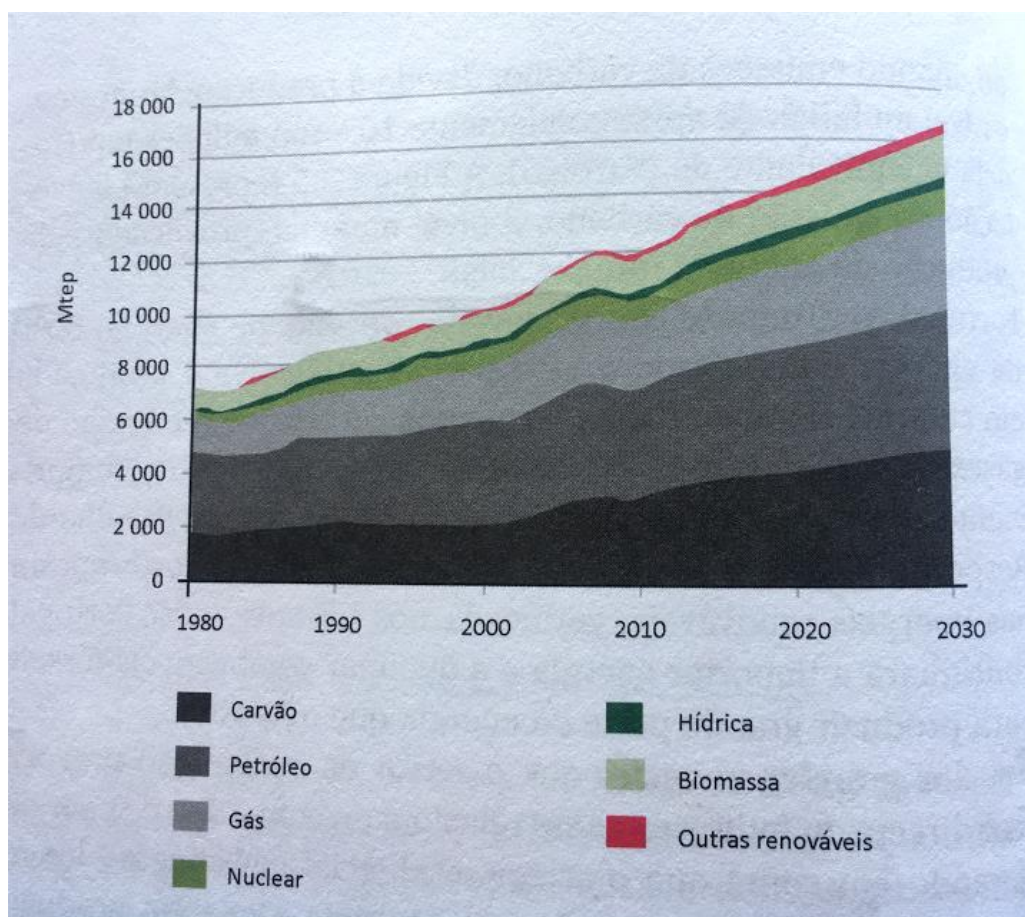


Figura 3: Emissões de carbono a nível mundial relativas à produção de energia

Fonte: Amado, M., Pinto, A., Alcaface, A., Ramalhe, I. (2015). Construção Sustentável – Conceito e Prática

Face a estes dados, torna-se evidente que é necessário alterar muitas práticas no setor da construção, para que se possa alcançar os propósitos da construção sustentável.

A construção sustentável é vista hoje em dia como um fator de competitividade entre o setor da construção. A redução dos recursos naturais disponíveis e a necessidade de desenvolver de uma maior eficiência energética, promove a introdução de novos padrões construtivos que são impulsionadores do desenvolvimento sustentável da sociedade.

O setor da construção encontra-se sujeito a diversos desafios: **redução e otimização no consumo de energia, água; promover a utilização de materiais sustentáveis; redução da produção de resíduos** (particularmente os resíduos de construção e demolição); **maximizar a durabilidade dos edifícios**; e na **preservação da envolvente natural**, garantindo a sustentabilidade da construção. Face a estas preocupações, o planeamento

da construção de um edifício deve abordar toda a vida de um edifício. As medidas preventivas devem ser planeadas logo na fase de projeto dos edifícios e posteriormente aplicadas na fase de construção, utilização e desconstrução.

Acrescentando aos desafios referidos anteriormente, existe também o repto de desmitificar os mitos associados à construção sustentável, como por exemplo:

- As edificações sustentáveis não funcionam;
- Os edifícios sustentáveis custam mais;

Devido a diversos fatores, que levaram à interpretação errada sobre a sustentabilidade e que se pretende desmitificar em seguida.

Nos subcapítulos seguintes serão abordados os desafios/preocupações ao longo de cada fase do ciclo vida de um edifício.

### **2.3.1. Fase Projeto**

A fase de projeto é fundamental na harmonia das restantes fases constituintes do ciclo de vida do edifício, é nesta fase que se tomam as decisões mais importantes que poderão ter repercussões nas restantes fases. Com um bom projeto, atento a todos os fatores envolvidos, é possível antecipar erros/desvios e minimizar custos associados a alterações ou reparações.

Através de uma construção de carácter preventivo e ambientalmente responsável, é exequível construir edifícios duráveis, ecológicos e mais saudáveis para os seus utilizadores.

Estas preocupações devem ser desde logo planeadas na fase de projeto dos edifícios e implementadas na fase seguinte, a construção. Os projetistas devem procurar sempre atingir os seguintes objetivos:

- Localização sustentável;
- Criar níveis de conforto físico e psicológico com recurso à implementação de técnicas passivas de aquecimento, arrefecimento, ventilação e iluminação natural;
- Reutilização/Reciclagem dos materiais apos a desconstrução;
- Promoção de medidas eficientes na utilização energética e de água;

- Selecionar materiais com base no seu fator ecológico, durabilidade e inércia térmica de modo a reduzir impactos ambientais e custos ao nível da manutenção;
- Garantir conforto acústico e térmico eficiente;
- Produção de energia elétrica;
- Separação de resíduos;
- Cortinas verdes;
- Integrar o edifício no ambiente envolvente.

Relativamente ao **local de implementação** da futura construção, os projetistas devem adaptar o edifício à topografia local, minimizando movimentações de terra e a preservação de espécies nativas. Devem ainda prever a integração da construção em zonas onde já existam infraestruturas construídas, como estruturas de águas e de saneamento, equipamentos sociais, transportes, etc. [1]

No que diz respeito à **eficiência no uso da água**, sempre que possível, os projetistas devem promover a adoção de tecnologias que, no local, façam o tratamento e a reutilização das águas cinzentas do edifício, assim como sistemas de recolha de águas pluviais para posterior utilização em usos que não necessitem de água de elevada qualidade (lavagens e regas). Para o interior dos edifícios, onde o consumo de água é elevado, deve ser bem planeado a escolha de dispositivos eficientes (torneiras, autoclismos), com reduzidos consumos por utilização. A redução das áreas impermeáveis na envolvente do edifício deve ser igualmente considerada, de modo a permitir a penetração de água no solo e reduzir ao máximo o escoamento de águas para o coletor público. [1]

A **eficiência energética** dos edifícios é uma das mais importantes componentes a ter em consideração na conceção de edifícios. Neste âmbito, é fundamental adequar o edifício aos fatores bioclimáticos locais, ou seja, a exposição solar e consequente orientação favorável das fachadas, a declinação solar e os ventos predominantes. As soluções construtivas adotadas também se observam igualmente importantes no que respeita às transferências de calor entre o interior e exterior do edifício, nomeadamente a implementação de paredes duplas e paredes de trombe, integração de palas de sombreamento, assim como a conceção de estufas e coberturas verdes. [1]

A **escolha de materiais** de construção ecoeficientes é um dos caminhos a seguir para reduzir o impacto dos edifícios no ambiente. Com o objetivo de reduzir o consumo excessivo de materiais no setor da construção, as estratégias de seleção de materiais para uma obra, deverão ter como base os seguintes critérios:

- Não possuírem químicos nocivos à camada do ozono e que possam prejudicar a saúde dos ocupantes;
- Serem duráveis;
- Terem um potencial elevado de reutilização e/ou reciclagem;
- Exigirem poucas operações de manutenção;
- Serem provenientes de matérias recicladas;
- Terem pouca energia incorporada;
- Encontrarem-se disponíveis nas proximidades do local de construção ou serem produzidos na região.

É importante considerar uma análise integrada de modo a aferir a efetiva sustentabilidade de um material, ou seja, um material pode ser ecológico, mas o facto de não ser local, e consequentemente exigir transporte em longas distâncias, pode comprometer o seu grau de sustentabilidade.

O **conforto higrotérmico**, isto é, a comodidade ambiental no interior dos edifícios desejado varia consoante a localização geográfica e os ocupantes, sendo por isso necessário considerar fatores sensitivos e fatores físicos (tais como: qualidade do ar, temperatura, nível de iluminação natural, nível de ruído e humidade do ar). [1]

### **2.3.2. Fase Construção**

Esta fase é fundamental no ciclo de vida do edifício, pois consiste na operacionalização do que foi definido na fase de projeto. As atividades que ocorrem simultaneamente, o número de processos construtivos e a quantidade de intervenientes existentes leva a que, na ausência de um adequado planeamento, haja uma grande probabilidade de ocorrência de erros.

Para a construção de edifícios é necessário um consumo muito elevado de materiais que implica, consequentemente, a extração de matérias-primas. Os impactos ambientais provocados pelo processo de extração de matérias primas e pela sua transformação são igualmente significativos.

A fase de construção caracteriza-se pelo facto de a grande maioria das atividades realizadas em obra requererem o uso de energia e água, e também a geração de resíduos.

Para reduzir ao máximo a produção de resíduos de construção é essencial que, na fase de projeto, se elabore uma correta gestão de quantidades, contribuindo não só para a redução de custos como também para a redução de desperdícios. Deve ser igualmente prevista a gestão de resíduos inevitavelmente gerados, quer seja através da sua colocação em vazadouros ou aterros, quer seja através da sua reutilização para outros fins ou o encaminhamento para as entidades responsáveis.

Os principais desafios desta fase são a racionalização na utilização de energia/água e produção mínima de resíduos. Embora a energia e a água sejam elementos imprescindíveis para o bom funcionamento de uma obra, devem ser sempre usados eficientemente e poupados sempre que possível.

### **2.3.3. Fase Utilização/Exploração**

A fase de utilização/exploração caracteriza-se pela necessidade de reposição de componentes que atingiram o final da sua vida útil e da manutenção de equipamentos e sistemas, ou na necessidade de correção de falhas de execução, como patologias construtivas. Observa-se como a fase com maior representatividade temporal ao longo do ciclo de vida de um edifício (por norma os edifícios são projetados a aproximadamente 40 anos, mas na maioria das vezes o seu período útil de vida ultrapasse os 100 anos) e, como tal, os seus impactes económicos e ambientais são discretos por se distribuírem ao longo de várias décadas. [1]

Boas tomadas de decisão na fase de projeto podem levar a que a fase de utilização acarrete custos mínimos, como por exemplo, a adoção de materiais duráveis que não necessitem de muitos cuidados de manutenção.

A sustentabilidade nesta fase é influenciada pelos comportamentos do utilizador, como poupança na utilização de água e eficiência nos gastos energéticos. Cabe aos utilizadores do edifício criarem hábitos de consumo sustentáveis. À semelhança dos gastos energéticos, os utilizadores devem também consumir água de forma responsável.

Os desafios desta fase consistem na minimização de operações de manutenção/renovação (com o objetivo de reduzir custos), aumento da durabilidade do edifício e influenciar os hábitos de consumo de água e energia dos utilizadores.

#### **2.3.4. Fase Desconstrução**

Nesta ultima fase é importante intervir ao nível da reutilização/reciclagem dos resíduos produzidos, planeados anteriormente na fase de projeto, reduzindo a necessidade de utilização de vazadouros. Apesar destes esforços, nunca deixam de existir consumos de energia e emissões na reciclagem de produtos demolidos. [14]

Deve-se promover a demolição seletiva, isto é, desmontar o edifício em elementos, não só os mais facilmente removíveis (caixilharias, canalizações, etc), mas também os componentes/materiais do edifício. Para isso é necessário que na fase de projeto já se planeie estes fatores, por exemplo, privilegiar o uso de parafusos em vez de colas e adesivos para a fixação de materiais.

A adoção destas medidas, facilita e promove a reciclagem dos elementos utilizados na obra desmontada.

O desafio desta fase encontra-se numa boa gestão dos resíduos produzidos e aproveitamentos dos mesmos, tanto na reutilização como na reciclagem.

#### **2.4. O ciclo de vida dos edifícios**

Um edifício só é considerado sustentável caso as três dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e económica) forem consideradas no ciclo global da construção, isto é, desde a extração das matérias primas até à sua demolição e destino final dos resíduos resultantes.

Existe uma ferramenta que permite identificar as necessidades gerais de uma obra que pretende ser sustentável, que é a Análise do Ciclo de Vida – ACV. Esta análise permite mensurar os possíveis impactes ambientais causados como resultado da construção de um edifício. Esta abordagem apresenta como principal vantagem o levantamento de dados em todas as etapas do ciclo de vida de um edifício, o que facilita na tomada de decisão.

Através da ACV é possível identificar que impactes ambientais podem surgir com a construção e aplicar medidas de mitigação, que levem à diminuição dos efeitos negativos associados às várias fases de um edifício. [2]

As principais vantagens na utilização do método de ACV são:

- Possibilidade de tomar decisões relativas à **construção e a sua envolvência** – definição do local de implantação da obra; o abastecimento de água e energia; destino dos resíduos (gerados pelos processos construtivos e pelas atividades dos usuários);
- Escolha dos sistemas construtivos e materiais mais adequados para a construção;
- Possibilidade de tomar decisões relativas entre o ambiente e o homem - satisfação das necessidades básicas de ergonomia, as especificidades e o desenvolvimento das duas atividades.

A ACV não é mais que uma forma de alertar todos os intervenientes num projeto para a necessidade de responsabilidade ambiental durante o processo de construção de um edifício. [4]

## **2.5. Os materiais sustentáveis na construção de edifícios**

A indústria da construção constitui um dos maiores e mais ativos setores em toda a Europa, representando 28,1% e 7,5% do emprego, respetivamente na indústria e em toda a economia europeia. Além disso a indústria da construção a nível mundial consome mais matérias-primas (aproximadamente 3000 Mt/ano) que qualquer outra atividade de económica. O aumento da população mundial, (até ao ano 2030 espera-se que aumente mais de 2000 milhões de pessoas) e as necessidades implícitas em termos de construção de edifícios e outras infraestruturas, agravará ainda mais o consumo de matérias-primas não renováveis, bem como a produção de resíduos. A sustentabilidade da indústria da construção e em particular o caso dos materiais de construção assume desta forma, um papel primordial que importa aprofundar. [18]

Os materiais utilizados na construção são extraídos e transportados até aos locais de armazenamento, encontrando-se diretamente relacionados com a energia proveniente de fontes não renováveis, consumida na sua extração, processamento, armazenamento,

transporte, montagem e construção em obra. É ainda importante considerar o impacto que certos materiais podem apresentar para a saúde dos ocupantes dos edifícios e para os ecossistemas onde estão inseridos, sendo a toxicidade dos materiais um facto a analisar. [1]

O impacto que determinados materiais apresentam para a saúde dos ocupantes dos edifícios e para os ecossistemas não pode ser ignorado, devendo-se analisar previamente a toxicidade de cada um dos materiais a utilizar.

Cada vez é mais importante uma seleção de materiais adequada a cada situação, integrando sempre as preocupações ambientais na tomada de decisão. Existem vários tipos de materiais “amigos do ambiente”, como:

- Materiais obtidos a partir de resíduos
- Materiais duráveis
- Materiais obtidos a partir de fontes renováveis
- Materiais recicláveis
- Materiais com baixa energia incorporada

Ao optar por materiais “amigos do ambiente” contribui-se para a atenuação dos impactos ambientais associados aos materiais de construção, e posterior sustentabilidade da construção.

### **2.5.1. Ecoeficiência dos Materiais**

Idealmente, os materiais ecoeficientes são aqueles que apresentam um menor impacto ambiental. Deste modo, é necessário conhecer previamente os diversos intervenientes na atividade da construção relativamente à forma mais correta de os selecionar no contexto da sustentabilidade. Aquando da escolha dos materiais a integrar nos edifícios, os projetistas devem procurar responder às seguintes questões: [1]

- A matéria-prima é virgem ou reciclada? Como é extraída? É um recurso renovável?
- Como é realizado o processo produtivo? Apresenta baixo consumo energético? Apresenta baixo consumo de água? É um processo produtivo poluente? A sua produção gera resíduos?

- O produto final é poluente?
- O produto final tem capacidade de ser reciclado/reutilizado?
- O material existe nas proximidades do local da empreitada?
- O produto possui algum tipo de certificação ou rótulo ambiental?

Estas preocupações devem surgir, não só na fase de projeto, mas ao longo de todo o ciclo de vida da construção. A Tabela 1 resume quais os critérios a analisar durante as várias fases da construção relativamente à seleção de materiais e quais os objetivos a alcançar no âmbito da eco-eficiência e da sustentabilidade.

<b>Objetivos a alcançar</b>	<b>Critérios de seleção</b>	<b>Fases</b>
Reduzir a produção de resíduos	Materiais com processos de fabrico simples	
Contribuir para o desenvolvimento local		
Reduzir os gastos de energia e a emissão de gases associados ao transporte	Materiais locais	
Reduzir a energia incorporada		Pré-construção (Extração e seleção de materiais)
Reduzir a emissão de gases prejudiciais ao meio ambiente	Materiais com processos construtivos de baixa energia e baixa emissão de CO <sup>2</sup>	
	Materiais provenientes de recursos renováveis/outras fontes	
Contribuir para a conservação dos recursos naturais	Materiais recicláveis	
Reduzir a utilização de energia	Materiais com bom desempenho energético/baixa energia incorporada	
Garantir a qualidade do ar interior dos edifícios	Materiais não tóxicos	
Reduzir as operações de substituição dos materiais ao longo dos seus ciclos de vida		Construção
Reduzir a produção de resíduos	Materiais com elevada durabilidade	
Reduzir a utilização de recursos		
Reduzir a exploração de recursos	Materiais reutilizáveis	
Dar novos fins aos materiais		
Gestão e encaminhamento de materiais em fim de vida	Materiais recicláveis	Pós-Construção
Reduzir a extração de matérias-primas		

Tabela 1: Critérios a analisar na seleção de materiais

De um modo sumário, classifica-se como materiais ecoeficientes todos aqueles que não contenham substâncias tóxicas, ou seja, produtos químicos nocivos à camada do ozono e/ou à saúde dos seres humanos. A sua ecoeficiência integra igualmente valores reduzidos de energia incorporada, durabilidade e consequente redução de operações de manutenção, capacidade de reutilização/reciclagem e a integração de resíduos provenientes de outras indústrias. Este processo deve integrar o recurso a fontes de energia renováveis e, como tal, a articulação entre todos os critérios demonstra-se essencial. [1]



Figura 4: Ciclo de vida de um material ecoeficiente

Deve-se sempre optar por materiais locais, fabricados na região, contribuindo assim para um menor consumo de combustível fósseis no transporte e, consequentemente, menor emissão de CO<sub>2</sub>. Geralmente, o transporte dos materiais/matérias-primas é responsável pela maior emissão de gás carbónico do ciclo de um material.

Do ponto de vista económico, é vantajoso recorrer a estes materiais sustentáveis pois, com o esgotamento das matérias-primas, o custo dos produtos tornar-se-á inevitavelmente mais elevado, na medida em que a procura será bastante superior à oferta. A durabilidade, constituindo-se como um dos critérios para a ecoeficiência dos materiais, tem implicações diretas nos custos, simultaneamente para o construtor e para o utilizador, na medida em que reduz as necessidades de manutenção e/ou substituição.

Ao nível ambiental, critérios como a toxicidade, energia incorporada, reciclagem/reutilização, incorporação de resíduos e/ou materiais naturais observa consequências significativas no que se refere à redução do consumo de energia e emissões e à gestão de recursos que, consequentemente, resulta na melhoria dos níveis de saúde pública.

### **2.5.2. Ciclo de vida dos materiais**

A maior parte dos projetistas, seleciona os materiais e componentes de construção tendo apenas em consideração o seu custo de aquisição, esquecendo-se que durante o período de vida dos edifícios, os materiais e componentes sofrem degradações pelo seu uso, pelo que é necessário a sua manutenção e até mesmo substituição mais do que uma vez.

Sabendo que a vida útil de um edifício de construção recente se desenvolve num período de 50 a 100 anos, facilmente constatamos que o período mais alargado e consequente onde ocorrem maiores investimentos, corresponde às fases de exploração (operação), manutenção e reabilitação. Assim, a tomada de decisão relativa aos materiais a adotar deve incidir tendo em conta estas fases referidas anteriormente. Quanto maior a durabilidade de um material, menores serão os custos nestas fases.

A ACV (análise do ciclo de vida) como já referida anteriormente, pode ser aplicada para ajudar na tomada de decisão no que diz respeito a impactos ambientais associados à construção de um edifício. Este tipo de análise, também pode ser aplicada num material ou componente. [2]

Esta metodologia aplicada num material apresenta como principais vantagens, a possibilidade de:

- Inventário da energia consumida ao longo do ciclo de vida de um material e matérias-primas necessárias (recursos); Inventário das consequências para o ambiente, nomeadamente, emissões, contaminação dos lenções freáticos, resíduos sólidos, produtos derivados e outros que possam surgir em casos específicos;
- Avaliação dos potenciais impactos ambientais relacionados com os as matérias-primas e energia;
- Interpretação de resultados de modo a propiciar uma decisão informada relativamente aos materiais a aplicar.

A ACV aplicada a um material permite ponderar a avaliação de todos os impactos ambientais resultantes do processo de produção ao longo do seu ciclo de vida, ou seja, desde a fase de extração das matérias-primas até à fase de deposição.



Figura 5: Ciclo de vida de um material

Existem diversas ferramentas informáticas de ACV que permitem avaliar o impacto ambiental dos produtos e materiais de construção, fornecendo informação importante à avaliação da sustentabilidade dos edifícios ao longo do seu ciclo de vida.

Contudo, um dos principais inconvenientes das ferramentas de ACV centra-se no facto de se constituir como um processo moroso e com algumas incertezas. Para além deste fator, este tipo de análise encontra-se dependente de dados sobre os impactos ambientais no âmbito de cada país, ou seja, a ACV, pode somente ser aplicada através dados do local onde será construído o edifício (por exemplo, a cortiça constitui-se como um material sustentável em Portugal, mas a sua aplicação noutros contextos geográficos pode não ser viável ao comportar grandes custos, consumo de energia e emissões relativos ao transporte). Por conseguinte, a inexistência de dados observa-se igualmente como um constrangimento na aplicação deste modelo, levando a resultados pouco apurados face ao contexto onde se encontram. [1]

### 2.5.2.1 Manutenção

As ações de manutenção têm o objetivo de manter a qualidade inicial do edifício de forma a fazer face aos agentes de degradação. De acordo com a norma portuguesa NP EN 13306 de 2007 a manutenção define-se como a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida. [12]

Para que o bom desempenho do edifício se mantenha durante o período para o qual foi projetado, é necessário adotar comportamentos para o efeito e recorrer a ações de manutenção e renovação, de carácter preventivo e periódico. Neste sentido, uma utilização e manutenção informada tem o potencial de aumentar a longevidade funcional e o desempenho do edifício, reduzindo a probabilidade de ocorrerem anomalias. [1]

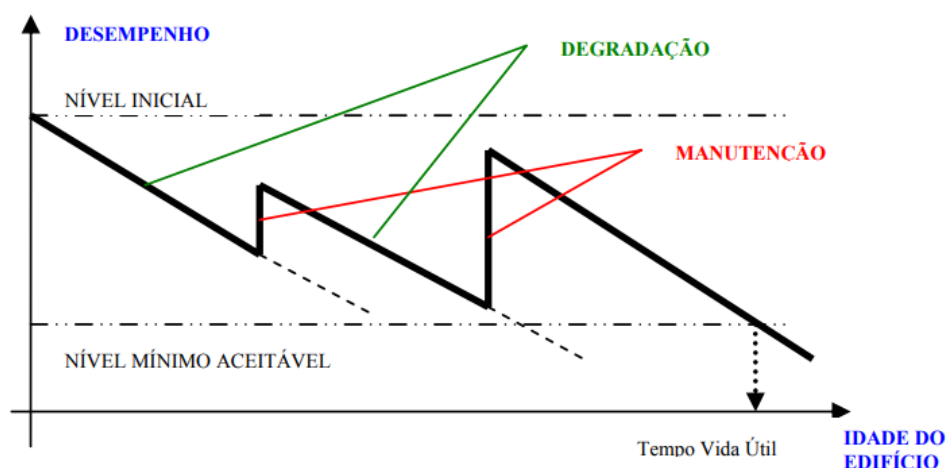


Figura 6: Efeito das ações de manutenção no prolongamento da vida útil dos edifícios

Estes tipos de comportamentos pretendem assegurar não só a durabilidade do edifício e dos seus componentes, mas também o bom desempenho dos equipamentos e dos espaços projetados, vertendo diretamente em vantagens económicas para o utilizador, mas também ao nível da redução de impactos para o meio ambiente. [1]

A manutenção pode ser constituída por diversos tipos, distinguindo-se consoante a causa da sua realização, o seu objetivo e a forma como é desencadeada. Esta pode ser preventiva, corretiva e curativa: a preventiva é realizada de forma a evitar avarias, perdas ou redução de função; a manutenção corretiva consiste na introdução de pequenas alterações que tem como objetivo melhorar a eficiência e a fiabilidade de, por exemplo, um equipamento; manutenção curativa refere-se ao processo de reposição de um equipamento que apresenta avarias irreparáveis. [1]

Uma das características da construção sustentável é a quase inexistente necessidade de manutenção, devido:

- Bom planeamento do edifício;
- Adequada seleção de materiais;

- Escolha de materiais de elevada durabilidade.

Um edifício sustentável, mesmo que necessite de um investimento inicial superior comparando com um edifício tradicional, tem como vantagem os menores custos operacionais e melhor eficiência no funcionamento do edifício, levando não apenas a um rápido retorno financeiro do investimento inicial, como economia e eficiência durante toda a vida útil do edifício.

### **2.5.2.2. Energia incorporada**

Um dos parâmetros a considerar nos materiais ecoeficientes é a quantificação da energia incorporada que estes acumulam ao longo do seu ciclo de vida. Entenda-se como sendo “(...) qualificável através de uma unidade própria e inclui uma componente representativa dos danos ambientais provocados pelos processos de extração, fabrico, transporte e aplicação do material ou produto a que se refere”. (Augusto, 2011)

No entanto, existem diferentes abordagens para a energia incorporada, consoante a análise desejada: do início da extração das matérias-primas até à porta da fábrica (*Cradle-to-Gate*); do início da extração de matérias-primas até à obra (*Cradle-to-Site*); ou do início da extração das matérias-primas até à fase de demolição e da deposição do produto (*Cradle-to-Grave*). [1]

No primeiro caso, *Cradle-to-Gate*, considera-se apenas a energia necessária no processo extração até à porta da fábrica, excluindo a energia consumida associada ao transporte e aplicação. No segundo caso, *Cradle-to-Site*, a energia incorporada integra a energia utilizada nas atividades de extração das matérias primas, produção, transporte e aplicação em obra. Por fim, no *Cradle-to-Grave*, considera-se toda a energia consumida, isto é, desde a sua extração até ao fim da vida do material ou produto. [1]

A energia incorporada é um parâmetro de difícil contabilização pois depende de um conjunto de fatores, tais como, a eficiência do processo de transformação, o tipo de combustível utilizado no transporte e a quantidade de matéria-prima utilizada. Como é óbvio, estes fatores variam igualmente consoante a unidade de produção/país (Torgal e Jalali, 2010). [19]

O consumo de energia associado à produção dos materiais depende do processo de produção adotado e varia consoante o país. Para o cálculo da energia incorporada de um

material é necessário contabilizar a energia necessária à extração de matérias-primas ( $Q_{\text{extração}}$ ), a energia utilizada nos processos de transportação da matéria-prima ( $Q_{\text{transformação}}$ ) e de transporte ( $Q_{\text{transporte}}$ ), assim como a energia necessária ao processo construtivo ( $Q_{\text{construtivo}}$ ) (Augusto 2011):

$$Q_{\text{incorporada}} = Q_{\text{extração}} + Q_{\text{transformação}} + Q_{\text{transporte}} + Q_{\text{construtivo}}$$

Tanto na eco-eficiência como na análise da energia incorporada, é necessário avaliar corretamente os valores associados ao consumo de energia do material e como tal, deve ser analisada como esta se irá refletir ao longo do seu período de vida útil. Por exemplo, o alumínio apresenta uma elevada energia incorporada, contudo tem grande possibilidade de vir a ter baixa energia incorporada associada ao processo de utilização, devido à sua durabilidade e potencial de reciclabilidade com baixo consumo energético. É por isso fundamental abordar uma análise integrada, pois a preferência por um material de baixa energia incorporada pode não ser a decisão mais correta do ponto de vista ambiental (Augusto, 2011).

A tabela 2 apresenta os consumos energéticos no transporte rodoviários de alguns materiais de construção correntemente utilizados na construção de edifícios e a tabela 3 apresenta os consumos energéticos consoante o tipo de transporte.

<b>Material</b>	<b>Energia Consumida</b>
Areia	1,75 MJ/m <sup>3</sup> .km
Agregados	1,75 MJ/m <sup>3</sup> .km
Tijolos	2,00 MJ/m <sup>3</sup> .ton
Cimento	1,00 MJ/ton.km
Aço	1,00 MJ/ton.km

Tabela 2: Energia consumida no transporte de materiais (rodoviário)

<b>Transporte</b>	<b>Energia despendida (MJ/ton.km)</b>
Avião	33-36
Rodovia (gasóleo)	0,8-2,2
Ferrovias (gasóleo)	0,6-0,9
Ferrovias (eletricidade)	0,2-0,4
Barco	0,3-0,9

Tabela 3: Energia despendida por tipo de transporte

Através da análise de ambas as tabelas torna-se clara a vantagem de selecionar materiais locais pois, para além de reduzir os custos da obra, reduzem igualmente a energia incorporada em cada material aplicado, observando benefícios ao nível do ambiente e do desenvolvimento económico local.

Apesar da quantidade de energia incorporada num material de construção ser um indicador chave para a seleção dos materiais num projeto responsável para com o meio ambiente, este indicador não pode ser estudado independentemente de outros fatores, como, por exemplo, o comportamento passivo dos edifícios. A energia incorporada num edifício corresponde no máximo a 20% da energia total consumida durante a sua vida útil, pelo que a maior quantidade de energia está associada ao seu funcionamento.

A seleção de um material com baixa energia incorporada e com mau comportamento térmico compromete os objetivos do projeto ecológico, pois o consumo energético durante a sua vida útil do edifício acaba por ser maior. [10]

### **2.5.2.3. Reciclagem e Reutilização de materiais**

A seleção de materiais também se deve basear no seu potencial de reutilização e reciclagem. Depois do material completar o seu ciclo de vida inicial, este possui um determinado potencial de reutilização e reciclagem.

A reciclagem e a reutilização de materiais são duas ações que promovem a sustentabilidade na construção, tendo, contudo, significados distintos.

A reciclagem de materiais caracteriza-se pelo reaproveitamento de materiais usados para dar origem a um novo produto, sendo essa transformação realizada através de processos industriais, implicando consumo de energia. Por outro lado, a reutilização caracteriza-se pela ação de utilizar novamente um determinado material, independentemente se na mesma função ou não. Não obstante, ambas as ações contribuem para a diminuição da necessidade de exploração de recursos que seriam necessários à produção de novos produtos. [1]

Torna-se evidente que, pelo facto de a reciclagem recorrer a processos industriais de transformação, a reutilização de materiais é um processo mais vantajoso a nível ambiental embora a sua (re)aplicação observe maiores limitações. Por conseguinte, no setor da

construção civil observam-se em maior número materiais com potencial de reciclagem comparativamente aos reutilizáveis. [1]

É preferível dar maior ênfase, na seleção de materiais, à sua capacidade de reutilização e reciclagem de detrimento da energia incorporada. Quanto mais vezes se utiliza um material ou componente, mais baixo será o custo de energia incorporada, pois este acaba por ser amortizado no número de utilizações do material.

A maior parte dos materiais de construção pode ser reciclada. Posteriormente, apresentam-se algumas soluções para a reciclagem de materiais de construção, como metais, plásticos, vidro, madeira, betão e materiais cerâmicos. A quantidade de soluções é na realidade muito maior e todos os dias surgem novas soluções, devido às investigações que se vão desenvolvendo neste domínio (Mateus, 2004):

1. Os **metais** são recicláveis se for possível separá-los por tipo. Os elementos de construção em aço e em alumínio possuem elevado potencial de reciclagem. É atualmente possível a produção de perfis e, aço laminado e de aço em varão a partir de matéria-prima 100% reciclada.
2. A maior parte dos **plásticos** podem ser granulados e reciclados na produção de novos produtos de plástico. No entanto, as taxas atuais de reciclagem são bastante baixas devido principalmente à elevada variedade de plásticos e à dificuldade que existe em os separar. Os aditivos, proteções e os corantes utilizados na produção dos plásticos dificultam a sua reciclagem.
3. Os produtos de **vidro** podem ser reciclados se devidamente separados e não contaminados. O vidro proveniente da construção deve ser separado do vidro proveniente do lixo doméstico. Atualmente a reciclagem do vidro existente nos resíduos da construção é pouco praticada. O vidro pode ser diretamente reutilizado ou reciclado, por exemplo, como agregado, depois de granulado, para a execução do betão.
4. Os produtos de **madeira** podem ser facilmente reutilizados se estiverem em bom estado de conservação: portas e janelas de dimensões *standard* podem facilmente vir a ser reutilizadas noutras construções; elementos estruturais em madeira podem vir a ser facilmente reutilizados se estiverem ligados de modo a que sejam facilmente desmontados. Caso o estado de conservação dos produtos em madeira não seja o melhor, a sua valorização energética é uma solução possível.

5. O **betão e produtos cerâmico** (tijolos e telhas) são exemplos de materiais cuja recuperação e reutilização é difícil. Os elementos em betão, tal como os produtos cerâmicos, depois de britados podem ser reciclados em agregados para o fabrico de betão, ou podem ser utilizados na execução de caixas em pavimento em pisos térreos ou nas bases de estradas.

É durante a fase de conceção, que os intervenientes no projeto devem assegurar a utilização de materiais e de técnicas construtivas que garantam a reciclagem ou futura reutilização dos resíduos resultantes da demolição/desmantelamento, devendo ser assegurados os seguintes princípios:

- **Evitar a utilização de materiais compósitos que não podem ser separados;**
- **Evitar a ligação entre os diversos elementos de construção de forma inseparável.** Para se facilitar a reutilização e a reciclagem, deverá dedicar-se especial atenção ao método de união entre o material/elemento de construção e a estrutura do edifício. Os métodos de união mecânicos são preferíveis em relação aos químicos, pois facilitam a reutilização do material no final do seu ciclo de vida;
- **Projetar edifícios prevendo o seu futuro desmantelamento** e não apenas a sua demolição.

Em geral, a redução de resíduos produzidos no estaleiro de obra pode ser melhorada se foram adotadas medidas que potenciam a redução e a reutilização/reciclagem dos materiais ou resíduos, como por exemplo:

- **Criar espaços no estaleiro para a separação e armazenamento dos resíduos,** o que facilita a valorização dos mesmos. No final da obra os resíduos remanescentes serão mais facilmente reutilizados/reciclados se estiverem separados por tipo;
- **Devolver ao fornecedor as embalagens que acompanham os materiais.** A maior parte das embalagens serve para acondicionar corretamente os produtos, para que estes não sofram danos durante a fase de transporte. Existem, no entanto, algumas embalagens que mais não servem do que ostentar o logotipo da empresa que produz/comercializa o produto. Se os fornecedores fossem obrigados a recolher as embalagens, decerto que os produtores tudo fariam para que estas

fossem reutilizadas, de modo a diminuir os custos relacionados com esta operação;

- **Armazenar convenientemente os materiais no estaleiro**, evitando a sua degradação devido à exposição aos agentes atmosféricos ou a choques acidentais;
- **Acondicionar corretamente os materiais durante as fases de transporte**, evitando danos;
- **Inspecionar o estado dos materiais no ato da sua receção** e a sua posterior devolução ao fornecedor se estes estiverem eventualmente danificados.

### 2.5.3. Modelo de seleção de materiais

Os materiais são dotados de propriedades compatíveis com as diferentes classes a que pertencem, que lhes conferem um perfil único e particular, como um DNA. A escolha dos materiais, nas mais diversas dimensões do desenvolvimento de um produto, requer o atendimento a uma série de pressupostos. No âmbito da engenharia, a seleção dos materiais contempla aspetos técnicos, de resistência e desempenho. Na esfera ambiental, a seleção converge para a sustentabilidade, energia incorporada, emissão de poluentes, preservação das fontes de consumo, reciclagem e toxicidade. Na dimensão prática do uso, os requisitos relacionam-se à usabilidade, ergonomia, conforto e segurança. [7]

A seleção de materiais é muito mais do que, simplesmente, combinar requisitos de um produto com o objetivo de escolher um único material que seja o mais adequado para a sua produção. Tudo começa com a definição das condições de trabalho, ou seja, um pacote completo dos requisitos a serem cumpridos. Essas exigências vão desde a elaboração do projeto até à análise de desempenho em campo.

Este tipo de abordagem pode ser executado tendo múltiplos objetivos em mente, cada um caracterizado por um ou mais requisitos específicos, como por exemplo:

1. Redução do custo;
2. Utilização de materiais recicláveis;
3. Utilização de materiais duráveis;
4. Escolha por materiais com baixa energia incorporada.

Uma boa escolha de materiais é aquela que responde aos requisitos inicialmente pré-definidos. Devem ser ponderadas nas tomadas de decisões a **função** do material, o **objetivo** do mesmo e as **restrições** associadas.

Este tipo de análise integra-se na ACV (análise do ciclo de vida), já referido anteriormente. Ao englobar um modelo de seleção de materiais na ACV, surge a possibilidade de criação de uma ferramenta de análise relativa aos aspetos ambientais e impactes associados na produção de um produto, e também, uma análise quanto à eficácia e durabilidade.

À semelhança da ACV, já existem ferramentas informáticas que permitem quantificar os benefícios ambientais na utilização de certos materiais, que levam à sustentabilidade de um edifício.

## **2.6. Resíduos na construção de edifícios**

No âmbito da indústria da construção, grande parte dos resíduos gerados anualmente, são considerados resíduos de construção e demolição (RCD). Estima-se que a quantidade de resíduos derivados deste sector constitui cerca de 22% do total de resíduos produzidos pela União Europeia, correspondendo a cerca de 100 milhões de toneladas de RCD/ano na EU. [3]

Geralmente, as perdas na construção civil englobam materiais que sobram no final de um trabalho ou obra e não tem possibilidade de serem reaproveitados, tais como entulho, madeira, argamassas, blocos e outros. Na linguagem comum são designados como “entulho”, “restos”, “desperdícios”; dado que são considerados sem valor, sendo, portando removidos durante ou no final da construção de um edifício. [8]

A gestão dos resíduos é um dos fatores determinantes para a sustentabilidade da obra, na medida em que qualquer construção resulta em elevadas quantidades de resíduos cujo destino deve ser antecipado e planeado devidamente de modo a garantir a sustentabilidade do processo ao nível económico e ambiental.

Torna-se determinante a existência de uma correta gestão de resíduos e, para que tal ocorra, todos os intervenientes, isto é, os responsáveis de obra, engenheiros e arquitetos,

deverão planear atempadamente os procedimentos sobre a utilização e eliminação de resíduos a utilizar em obra.

Os resíduos provenientes da construção civil podem ser divididos em dois grupos:

1. Resíduos gerados durante a obra;
2. Resíduos gerados após a obra.

### **2.6.1. Resíduos gerados durante a obra**

Os resíduos provenientes da construção e reabilitação de edifícios tem uma composição muito heterogénea. Tal acontece por haver uma gama muito grande de técnicas de construção, com elevada variedade de elementos. Os elementos mais comuns em resíduos gerados durante a obra são:

- Argamassa;
- Areia;
- Metais;
- Madeiras;
- Papeis;
- Plásticos;
- Pedra;
- Materiais de isolamento;
- Solos;
- Telhas;
- Tijolos.

Em muitos casos o entulho é atirado para margens de estradas e rios, aterros clandestinos, terrenos baldios, o que promove a degradação ambiental do local. Este cenário resulta, na maior parte das vezes, pela deficiente educação ambiental dos intervenientes.

A principal solução para este problema é o incentivo para a colocação de resíduos gerados em obra, em espaços apropriados para a deposição de entulhos. Através desta medida seria possível uma reciclagem dos resíduos, evitando assim efeitos ambientais provocados pela má gestão dos resíduos.

A reciclagem dos elementos implica o tratamento, separação e limpeza dos materiais de modo a que possam ser utilizados como matéria-prima para a construção de novos materiais. A título de exemplo, apresenta-se na Tabela 4, as possibilidades de valorização dos resíduos de construção e de demolição.

<b>Material</b>	<b>Possibilidade de valorização</b>
	Enchimentos
Agregados resultantes de betões, argamassas, alvenaria e materiais cerâmicos	Bases para pavimentos
	Produtos para alvenaria
	Betões com agregados reciclados
Alcatrão	Pavimentos rodoviários
	Derivados de madeira
Madeira	Materiais para ajardinamentos e enchimentos
Metais	Novos metais
Vidro	Novos produtos
	Pavimentos
Solos	Aterros e terraplanagens
	Tratamento paisagístico

Tabela 4: Valorização de resíduos provenientes da construção e demolição

As principais vantagens no processo de reciclagem dos resíduos são:

- Diminuição da poluição gerada pelo entulho;
- Preservação de fontes naturais de matérias-primas, evitando novas extrações;
- Empregos gerados, devido à nova atividade económica;
- Pode ser realizada em obra, evitando gastos e poluição com o transporte;
- Redução do consumo de energia durante o processo de produção.

Demolir e transformar os resíduos no próprio local da obra diminui o custo do material e promove a redução de custos relacionados com logística e transporte, além da economia com o local para demolição. [20]

### **2.6.2. Resíduos gerados após a obra**

Existem dois tipos de resíduos gerados após a construção do edifício: lixo doméstico e esgoto doméstico.

O lixo doméstico é o lixo gerado pelo consumo das nossas casas. Estes resíduos devem ser encaminhados para o local apropriado, contentores e ecopontos, pelos próprios utilizadores de edifício. Sempre que possível o lixo doméstico deve ser separado em categorias, como o papel, plástico e vidro, com a finalidade de facilitar o processo de reciclagem dos materiais.

No que diz respeito ao esgoto doméstico, é o resultado das águas residuais usadas no edifício. Estas águas devem ser encaminhadas para a rede coletora de esgoto.

### **2.7. Impactes Ambientais**

O ambiente construído (artificial) é um sistema integrado no meio ambiente (natural), existindo uma relação de interdependência entre os dois ambientes. A subsistência do ambiente artificial só é garantida através da integração de vários recursos provenientes do meio ambiente, e posterior devolução de alguns produtos. Estas interações entre os ambientes natural e construído designam-se por impacte ambiental. Quanto menores forem as interações entre os dois ambientes, menor será o impacte ambiental produzido pelo ambiente construído. Com a procura da sustentabilidade ambiental da construção, visa-se a diminuição do impacte ambiental deste sector, através da diminuição das suas interações com o ambiente natural. A interação entre os dois ambientes é diminuída na mesma razão em que se diminui a quantidade de recursos consumidos e de resíduos produzidos, pelo ambiente construído. (Mateus, 2004) [10]

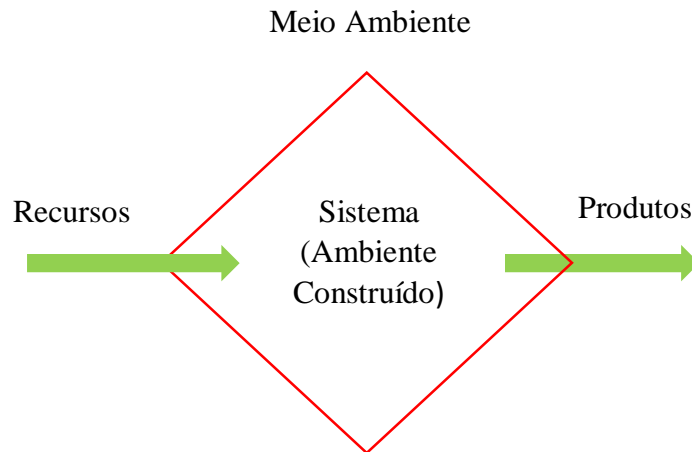


Figura 7: Interação entre os ambientes construído e natural

Em Portugal, o sector da construção civil é uma das principais atividades económicas, continuando, no entanto, a basear-se excessivamente nos sistemas construtivos tradicionais e na utilização de mão-de-obra não qualificada, sendo caracterizada por uma excessiva utilização de recursos naturais e energéticos e pela excessiva produção de resíduos. Assim sendo, o sector da construção possui efeitos reais e potenciais sobre o meio ambiente.

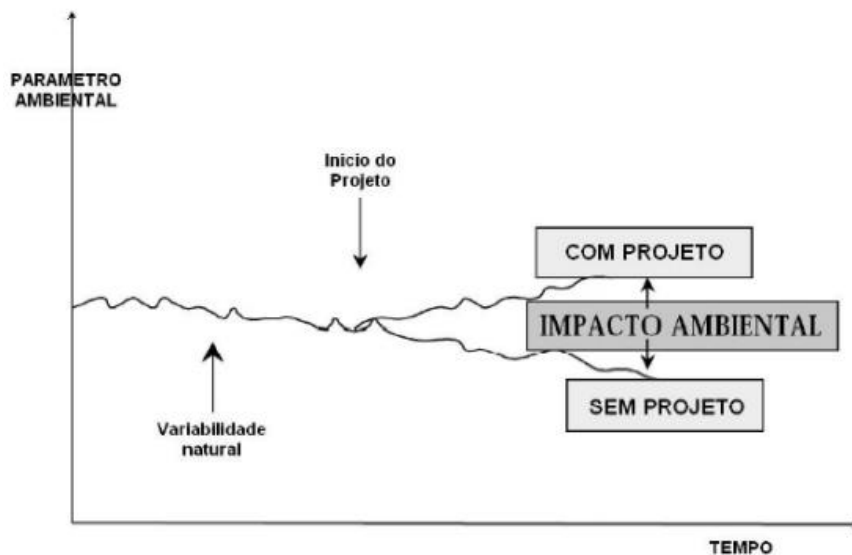


Figura 8: Impacte Ambiental

A indústria da construção em geral e o sector dos edifícios em particular, contribuem expressivamente para a degradação ambiental. Os edifícios, durante os seus ciclos de vida

que se desenvolvem desde a fase de construção até à fase de demolição, passando pelas fases de utilização, manutenção e reabilitação, provocam inúmeros impactes ambientais que importa conhecer, com vista a potenciar o desenvolvimento de novas tecnologias com vista à promoção da sustentabilidade da construção. [10]

Os principais impactes ambientais associados à indústria da construção podem ser classificados em três categorias:

- Impactes relacionados com os consumos energéticos: **alterações climáticas e chuva ácida;**
- Impactes não relacionados com a energia: **degradação da camada de ozono e a produção de resíduos;**
- Destruição dos ecossistemas, incluindo a **desflorestação e desertificação; impermeabilização dos solos.**

Estes impactes surgem como consequência do crescimento da população mundial, o que leva a um aumento na procura de edifícios de habitação e consequente aumento no consumo de recursos e produção de resíduos.

A vantagem de estudar os impactes ambientais causados pela construção civil é, principalmente, o de avaliar as consequências de ações que provoquem alteração no meio ambiente para que possa haver medidas de mitigação a aplicar com o objetivo de minimizar os efeitos ambientais.

Em suma, no presente capítulo refere-se o tema da construção sustentável em Portugal, abordando vias para a sustentabilidade e as suas condicionantes ao longo do ciclo de vida de um edifício, desde a elaboração do projeto até à demolição do edifício. Dá-se especial atenção ao contributo que os materiais e resíduos podem ter numa obra, respeitando as preocupações ambientais, sociais e económicas da construção sustentável.

Através dos fundamentos teóricos apresentados, pretende-se aplicar os conhecimentos na análise da sustentabilidade do caso de estudo, neste caso, uma habitação familiar.

## Capítulo III – Metodologia do Caso de Estudo

Neste capítulo serão apresentados os métodos e procedimentos adotados no âmbito do desenvolvimento deste trabalho de investigação, contendo: a pergunta de partida; os objetivos a que se propõe; as possíveis hipóteses e pressupostos; fontes e instrumentos de recolha de dados. Pretende-se assim descrever a metodologia que sustente a fundamentação teórica.

### 3.1. Introdução

O conceito de metodologia faz alusão aos métodos pelos quais se rege uma investigação científica, isto é, o caminho a seguir para a realização de determinados objetivos.

A presente dissertação abordará um **caso de estudo**. A característica que distingue esta metodologia é o facto de ser um plano de investigação que se concentra no estudo pormenorizado e aprofundado de um caso único, que será uma habitação unifamiliar. A metodologia adotada tem como objetivo, compreender o “caso” no seu todo e na sua singularidade.

Este capítulo é de extrema importância, pois as conclusões e resultados de pesquisa terão pouca credibilidade se a forma como se chegou a eles carecer de fiabilidade científica.

### 3.2. Pergunta de partida

Um problema deve ser levantado como uma proposição interrogativa, é uma dificuldade teórica ou prática, para a qual se deve encontrar solução (Soares, 2003). [16]

Como ponto de partida para a elaboração deste trabalho de investigação, é necessária uma pergunta de partida, para atingir os objetivos definidos:

**Qual a repercussão que a reabilitação sustentável de edifícios poderá ter na sustentabilidade ambiental, económica e social do património edificado, por comparação com a reabilitação tradicional?**

Com a finalidade de obter respostas concretas em relação à pergunta de partida, foram disponibilizados todos os recursos ao investigador para o estudo do caso.

### **3.3. Objetivos a atingir**

O processo de análise do caso de estudo terá como objetivos:

- Contabilizar o contributo dos materiais sustentáveis na empreitada;
- Análise de medidas que combatam a produção de resíduos;
- Cálculo das diferentes quantidades dos materiais resultantes da demolição, com possibilidade de reutilização ou reciclagem;
- Quantificar benefícios da implementação de medidas sustentáveis do ponto de vista social, ambiental e económico;
- Descrição de processos/materiais sustentáveis aplicados na empreitada, com vista a maximizar a sustentabilidade do edifício;
- Quantificação das necessidades energéticas do edifício;
- Cálculo das distâncias que os principais materiais percorreram, desde o local do seu fabrico até ao caso de estudo;
- Listagem das ações de manutenção necessárias ao bom funcionamento do edifício em análise e posterior comparação com ações de manutenção de edifícios de construção tradicional;
- Análise das soluções construtivas adotadas que promovem a otimização do consumo de energia/água e maximizam a durabilidade do edifício;
- Contabilização das emissões de CO<sub>2</sub> por tipo de consumo.

### **3.4. Hipóteses**

Após a definição dos objetivos descritos em 3.3, tentar-se-á obter resposta através de hipóteses a verificar pelo trabalho desenvolvido:

**Hipótese 1** – A aplicação dos princípios da reabilitação sustentável ao projeto é viável e implica um acréscimo no custo do investimento na construção, que terá retorno na fase de utilização do edifício;

**Hipótese 2** – A reabilitação sustentável produz benefícios ambientais, económicos e sociais, ao longo do ciclo de vida do edifício, por comparação com a construção tradicional.

### 3.5. Fontes e instrumentos de recolha de dados

O estudo focou-se num edifício habitacional, situado na Rua da Igreja de Paranhos, freguesia de Paranhos, Porto.

O processo de análise centra-se na contabilização do contributo dos materiais/técnicas sustentáveis no edifício referido anteriormente, ou seja, encontrar dados relativos aos benefícios de implementação de medidas sustentáveis do ponto de vista ambiental, económico e social.

Foi realizada a descrição, comparação e análise dos materiais/técnicas sustentáveis no edifício, no que respeita ao aproveitamento de recursos, água, energia.

Foram utilizadas as seguintes fontes e instrumentos de recolha de dados:

- Registos mensais de consumos de água e de energia elétrica;
- Registos de produção de energia solar fotovoltaica;
- Análise documental;
- Pesquisa bibliográfica;
- Projeto de Arquitetura e de diversas especialidades;
- Peças desenhadas;
- Listagens de trabalhos e quantidades.

A metodologia adotada, descrita anteriormente, descreve o encadeamento de tarefas a serem realizadas para o desenvolvimento deste trabalho de investigação.



## Capítulo IV - Descrição do Caso de Estudo

### 4.1. Descrição e caracterização do edifício

O caso de aplicação do processo de construção sustentável corresponde a um edifício centenário para habitação unifamiliar, abandonado por quase 40 anos devido à falta de condições básicas para a habitabilidade. O edifício foi submetido a uma reabilitação com o objetivo de ser transformado numa residência para estudantes universitários.

O edifício situa-se na Rua da Igreja de Paranhos, nº 56-62, na freguesia de Paranhos, no concelho do Porto. A sua envolvente é caracterizada por edifícios com número de pisos semelhantes ao edifício em estudo (Figura 9).

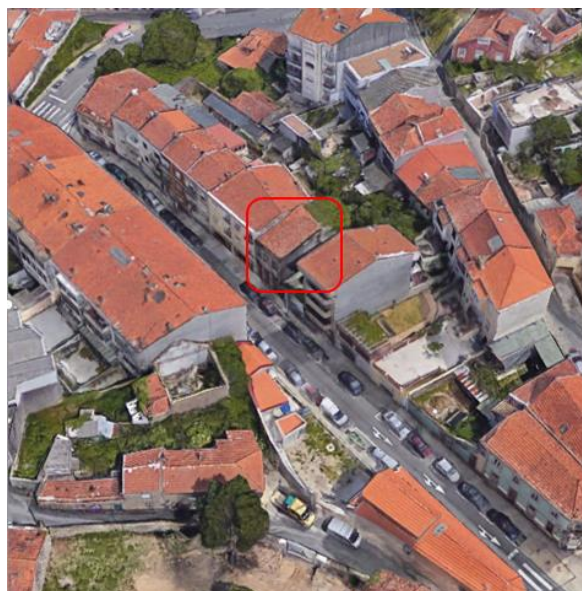


Figura 9: Imagem aérea

Fonte: *Google Earth*

O edifício em análise é constituído por rés-do-chão, 1º, 2º e 3º andar, destinados a uma ocupação habitacional, de tipologia T12 (Figura 10). A cobertura é tradicional com pendente de uma água e uma cobertura plana.

O piso do rés-do-chão é composto por hall de entrada, hall de serviço, wc de serviço, cozinha, lavandaria e sala de refeições, no piso do 1º andar por hall de serviço, sala de estar, hall, duas suites, no 2º andar existe hall, cinco suites e no 3º andar existe hall, cinco suites, num total de 340,09 m<sup>2</sup> de área útil. Existem ainda dois espaços exteriores, um pátio e um logradouro.



Figura 10: Fachada do caso de estudo

A reabilitação do edifício abrangeu a reconfiguração dos espaços interiores, com ampliação das fachadas segundo o princípio urbanístico da colmatação de empenas adjacentes. No projeto de estabilidade adotou-se uma solução estrutural que consiste na utilização das paredes resistentes existentes como apoio para os pavimentos leves de madeira através de perfis LNP na zona anterior do edifício correspondente à pré-existência, definidos por uma estrutura com vigas de madeira e metálicas como base para revestimento em painéis de OSB (Figura 11). Na zona posterior do edifício, correspondente à ampliação, edificou-se uma estrutura de betão armado, com muros de contenção das terras do logradouro. A fachada em cantaria de granito, a estrutura metálica e o vigamento de madeira estão travados para a estrutura de betão, funcionando em conjunto.

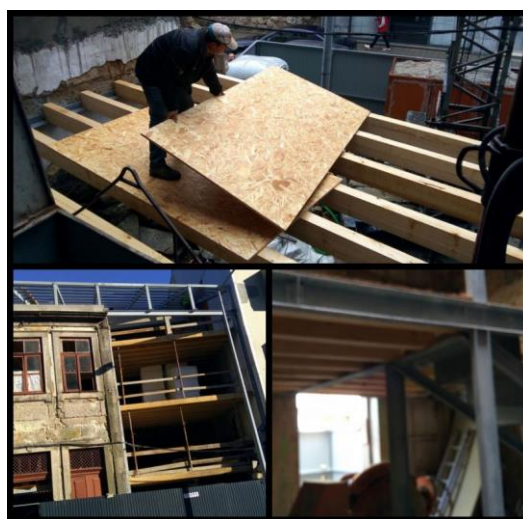


Figura 11: Estrutura metálica e de madeira

A estrutura de betão foi executada de acordo com os elementos estruturais usuais: pilares com secção retangular, vigas com secção retangular, lajes de vigotas pré-esforçadas e sapatas (Figura 12).



Figura 12: Estrutura de betão

Os elementos estruturais metálicos são pilares de perfis laminados a quente, séries IPE e HEA e vigas de perfis laminados a quente, séries LNP e IPE. A fixação da estrutura metálica às paredes de alvenaria de pedra existentes é realizada através de varões roscados com bucha química.

Existe uma caixa de escadas interior, com lanços e patamares definidos por vigas de madeira apoiadas em perfis LNP, as quais suportam os degraus e o respetivo revestimento.

Em relação ao projeto de abastecimento de água, o edifício encontra-se ligado à rede pública do arruamento e ao respetivo ramal domiciliário. As redes de distribuição de água quente e fria encontram-se embutidas nos tetos falsos ou nas paredes ao nível do teto ou dos dispositivos, com distribuição aos pontos de consumo em série e com circulação de retorno, com exceção do rés-do-chão onde a tubagem está embebida no pavimento, como é possível visualizar na figura seguinte:

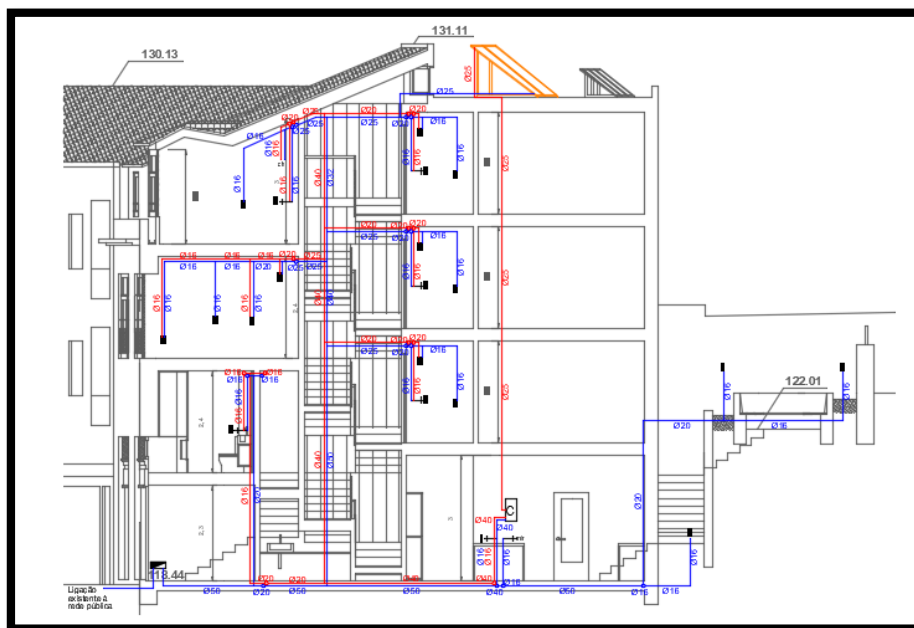


Figura 13: Abastecimento água - corte longitudinal

A água fria e a água quente são conduzidas através de tubagens de Polipropileno (PP-R) PN 2002. A tubagem da rede de água quente está isolada com espuma elastómera, com espessura nominal mínima de parede de 10mm.

Estão também instalados passadores de corte de água quente e de água fria em cada uma das zonas húmidas de modo a poder isolar essas zonas em caso de avaria, não perturbando o normal funcionamento das restantes zonas a abastecer.

O edifício consome em média 49 m<sup>3</sup> de água por mês, de acordo com a consulta das faturas de abastecimento de água da empresa distribuidora.

Para a produção de águas quentes sanitárias instalou-se um sistema solar de circulação forçada de quatro coletores planos “BaxiRoca SOL 250”, montados na cobertura plana, utilizando, como apoio, uma caldeira de condensação, com um acumulador interior de 750 litros. O volume do acumulador foi calculado para um consumo diário médio de água quente de 40 litros por utente, acrescido de 25% para folga de inércia. Está também instalada uma bomba de circulação de água quente de forma a garantir, em todos os pisos, que a água quente saia da torneira mal esta seja aberta, evitando desperdícios de água, este sistema é designado por “sistema de retorno de águas quentes sanitárias”.

No que diz respeito ao abastecimento de gás natural, as tubagens são de cobre e encontram-se embebidas no pavimento, desde a caixa de entrada até à lavandaria onde abastece a caldeira mural. Existe na cozinha e lavandaria uma tubagem para exaustão dos produtos resultantes da queima.

O aquecimento do ambiente é garantido através da caldeira de aquecimento central da marca “BaxiRoca Platinum Plus” com eficiência de 1.076, alimentada a gás natural, com distribuição por água quente a todos os radiadores instalados nas zonas úteis da habitação e como apoio no aquecimento de águas sanitárias.



Figura 14: Caldeira a gás propano

O conforto acústico no interior do edifício é garantido através de isolamentos nos elementos estruturais, tanto nos verticais (paredes) como nos horizontais (pavimentos). Foram estudados uma série de isolamentos e materiais de modo a cumprir a regulamentação em vigor e dotar os espaços de um correto isolamento e conforto acústico.

O projeto térmico visou, essencialmente, assegurar as exigências de conforto térmico no interior do edifício através dos isolamentos escolhidos e eficiência dos equipamentos, sem um dispêndio excessivo de energia e, simultaneamente, garantir a inexistência de condensações e os consequentes efeitos nefastos para as construções. Existem vidros duplos em todos os vãos envidraçados exteriores, com baixo coeficiente de transmissão térmica, protegidos por portadas interiores de madeira de cor branca, como proteção solar na estação de verão. Foi escolhido um vidro duplo de caixa de ar de 16mm de espessura, por constituir o melhor compromisso entre custo e eficiência no isolamento térmico.

Relativamente ao projeto ITED do caso de estudo, a cablagem da rede individual é constituída por uma rede de pares de cobre para telefone, uma rede de cabo coaxial para

distribuição do sinal TV e por uma rede de cablagem estruturada de categoria 6 para transmissão de dados. O fornecimento da empresa distribuidora é feito através de um cabo de fibra ótica com 100 Mbps de velocidade.

A ligação da caixa ATE à ATI (armário de telecomunicações individuais) é feita por três tubos distintos, para o alojamento em separado do cabo de pares de cobre, cabo de fibra ótica e cabo coaxial. É utilizado um tubo de 63mm para o alojamento do cabo de pares de cobre e dois tubos de 40mm para o alojamento do cabo coaxial e fibra ótica.

As redes de telecomunicações instaladas na moradia proporcionam, a cada utente, o acesso no seu quarto e nas restantes áreas habitacionais, ligações wi-fi, ligação Ethernet RJ45 e ligação de TV por cabo coaxial.

Em relação à eletricidade do caso de estudo, o edifício possui uma instalação trifásica, com uma potência total a alimentar de 3x13,8 KVA. Como sistema de auto-produção de energia elétrica, encontram-se instalados 6 painéis solares fotovoltaicos na cobertura, para produção de energia elétrica de autoconsumo, com uma potência total de 1500W por hora.

Anualmente o edifício consome 18713 kWh de energia elétrica importada, ou seja, fornecida pela empresa distribuidora, de acordo com os valores que constam das faturas da EDP. Os equipamentos instalados no caso de estudo que consomem eletricidade são:

- 2 Frigoríficos (classe A+)
- Congelador (classe A+)
- Máquina de secar roupa (classe A+)
- Máquina lavar roupa
- Máquina lavar loiça
- Fogão
- Exaustor
- Iluminação LED
- Placa fogão
- 2 routers
- 12 computadores pessoais dos residentes
- Bomba água

A iluminação é feita exclusivamente através de lâmpadas LED's. Os vários formatos de iluminação LED presentes na habitação são os seguintes (Figura 15):

- Projetor embutido na parede;
- Projetor de teto;
- Aplique de parede;
- Lâmpada suspensa (pendurada na viga);
- Candeeiro de pé;
- Aro quadrado com lâmpada led;
- Fitas led;
- Iluminação em sanca;
- Calha industrial para projetores;
- Calha led para canteiro exterior.



Figura 15: Dispositivos iluminação LED

O projeto de ventilação englobou os sistemas de ventilação e exaustão de fumos. A ventilação processa-se de forma natural, abrangendo todo o edifício, de forma a permitir o aproveitamento das diferenças de pressões devido à ação do vento entre as várias fachadas. A ventilação dos espaços é feita em várias prumadas verticais, instaladas no interior das courettes/paredes.

A ventilação natural proporciona a renovação do ar interior do edifício, tendo grande importância para a salubridade do caso de estudo, contribuindo também nas soluções passíveis de arrefecimento. Neste sentido, a renovação do ar interior contribui para a dissipação de calor e para a desconcentração de vapores, poeiras e poluentes.

Foi prevista uma instalação constituída por vários sistemas de extração independentes, sendo um para as cozinhas e outros individuais para as instalações sanitárias.

A extração do ar é efetuada por condutas de ar, que se situam ao nível da parte superior das instalações, e que se prolongam até à atmosfera. O sistema de extração da cozinha é feito por um exaustor independente interligado ao tubo de descarga também independente da cozinha.

Todos os compartimentos interiores têm admissão de ar pela folga da porta de entrada ou pelas grelhas autorreguláveis, para permitirem a compensação do ar extraído, evitando assim subpressões no seu interior.

Existe ainda a ventilação por convecção do volume de ar da caixa de escadas, com entrada de ar pela bandeira da porta de entrada, com cerca 0,5 m<sup>2</sup> de área e exaustão por grelha existente no vão de acesso técnico à cobertura, com cerca de 1,0 m<sup>2</sup> de área.

Resumidamente, em relação aos sistemas construtivos utilizados, a nível arquitetónico, mesmo que não tenha sido possível aproveitar todos os elementos estruturais originais, foi possível preservar e integrar alguns elementos construtivos, dotando o edifício de características de segurança e funcionalidade, e devolvendo-o à cidade.

Foi tido o cuidado de enquadrar o edifício na traça envolvente após a intervenção, buscando conferir-lhe uma estética que relembra a época em que foi construído. Ao preservar as alvenarias resistentes e certos materiais originais, como o granito, mante-se as características arquitetónicas tradicionais da zona norte do país e acrescentou-se valor patrimonial ao caso de estudo.

A reabilitação do edifício utilizou vários tipos de materiais: reutilizáveis, recicláveis, sustentáveis, de baixa energia incorporada e de elevada eficiência energética.

Os materiais predominantes no edifício são o granito e a madeira (Figura 16).



Figura 16: Materiais predominantes

Os materiais utilizados na construção do edifício já possuem um destino após o ciclo de vida do edifício, ou seja, está devidamente planeado que aquando da desconstrução da habitação, os materiais serão encaminhados para a reciclagem ou reutilização. No capítulo seguinte esta análise será feita mais detalhadamente, a descrever em seguida.

#### **4.2. Levantamento de Informação**

Como já foi referenciado, a sustentabilidade de um edifício quantifica-se através de parâmetros ambientais, económicos e sociais, só assim é possível responder a todas as necessidades do utilizador de um edifício.

A tabela 5 sintetiza os parâmetros que caracterizam a sustentabilidade social, económica e ambiental de cada um dos mais relevantes sistemas/equipamentos da construção do caso de estudo.

<b>Sistema /Equipamento da construção</b>	<b>Componente Ambiental</b>	<b>Componente económica</b>	<b>Componente social</b>
Desconstrução da pré-existência dos materiais para reutilização ou para reciclagem	Reduz atividades de extração de matérias-primas; economiza energia	Menores custos associados à desconstrução do edifício	Promove a separação e aproveitamento dos resíduos de construção
Utilização de materiais sustentáveis	Materiais de origem renovável; Baixa energia incorporada	Duráveis; baixos custos de manutenção	A escolha de materiais próximos permite estimular o desenvolvimento local
Ventilação natural	Não necessita qualquer fonte energética para funcionar	Manutenção inexistente; Custos operacionais nulos	Contribui para a salubridade do edifício
Auto produção de energia elétrica recorrendo a 6 painéis solares fotovoltaicos	Aproveitamento de uma fonte de energia renovável; Não gera poluição, emissões nem resíduos	Manutenção quase inexistente; Baixos custos operacionais; possibilidade de redução da fatura da eletricidade	Valoriza o edifício
Produção de água quente sanitária através de 4 painéis solares térmicos	Aproveitamento de uma fonte de energia renovável; Não gera poluição, emissões nem resíduos	Manutenção quase inexistente; Baixos custos operacionais	Valoriza o edifício
Isolamentos eficientes térmicos e acústicos	Não necessita energia para funcionar	Diminui necessidades de aquecimento/arrefecimento do ambiente; Duráveis e sem ações de manutenção necessárias	Melhora nível de conforto ambiental essencial para garantir o bem-estar dos ocupantes do edifício

Tabela 5: Parâmetros que afetam a sustentabilidade social, económica e ambiental

## **Capítulo V – Verificação da Sustentabilidade do Caso de Estudo**

Neste capítulo serão analisados todos os parâmetros que conferem a sustentabilidade económica, social e ambiental no processo de reabilitação do caso de estudo. Pretende-se com esta investigação identificar quais as características que o caso de estudo possui que o tornam sustentável, de acordo com os critérios atuais de sustentabilidade económica, social e ambiental que são normalmente estudados e aceites para a construção nova mas, neste caso, aplicados a um processo de reabilitação de edifícios.

### **5.1. Análise da informação recolhida**

Através do recurso às fontes e instrumentos de recolha de dados, como visita ao local, análise dos diversos projetos de especialidades, consulta da documentação da obra e acesso ao portfolio fotográfico, foi possível recolher informação que permite o estudo das várias componentes integrantes da sustentabilidade do edifício. Estes dados recolhidos e analisados permitem desenvolver os seguintes campos de investigação:

- a) Qualificar e quantificar todos os materiais utilizados que possuem uma componente sustentável, e que decorre do facto de serem materiais pré-existentes reutilizados, e ainda de que possuem características de reutilização após desconstrução, de reciclagem ou que são simplesmente sustentáveis do ponto de vista da sua constituição ou da sua eficiência;
- b) Qualificar e quantificar as necessidades de consumo de energia, tanto de eletricidade como de gás natural, de forma a, posteriormente, se comparar esses consumos com os consumos standard de edifícios reabilitados e por reabilitar, de forma a provar as suas características de sustentabilidade, com especial incidência na redução de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

A apresentação dos dados de investigação será apresentada, neste capítulo, em dois grandes grupos: em primeiro lugar, serão apresentados os dados que ajudam a apurar a sustentabilidade do edifício (parâmetros ambientais, económicos e sociais); em segundo lugar serão calculados os consumos e emissões, tanto do caso de estudo, como, para efeitos comparativos, em dois casos virtuais: o edifício similar ao estudado, com características standard de reabilitação e o edifício similar ao estudado sem qualquer característica de reabilitação (edifício existente).

Seguidamente serão descritos e dissecados estes mesmos parâmetros.

### 5.1.1. Parâmetros ambientais

Os parâmetros ambientais foram incluídos na tomada de decisão na fase de projeto, com o objetivo de mitigar os impactos ambientais associados à construção do caso de estudo. Pretende-se com estas medidas economizar os recursos – água, energia e matérias-primas, e diminuir a geração de resíduos. Os parâmetros ambientais que pretendem atingir a sustentabilidade do caso de estudo são os seguintes:

#### 1. Desconstrução da pré-existência de determinados materiais para a reutilização ou para reciclagem

Esta análise consistiu em quantificar os vários materiais resultantes da futura demolição do edifício, que serão separados para reciclagem ou reutilização em novas construções. Os resíduos destinados à reciclagem serão transportados por camião e separados por tipos de lixo, para serem conduzidos a vazadouros. No que diz respeito aos resíduos destinados à reutilização, os materiais serão agrupados por tipo, a fim de facilitar a limpeza e armazenamento.

Na tabela 6 é possível visualizar os principais materiais utilizados na reabilitação do edifício e que possuem a capacidade de serem reutilizados ou reciclados.

<b>Materiais para reutilização</b>	<b>Materiais para reciclagem</b>
Alvenaria de granito	Estrutura madeira
Telhas	Elementos cerâmicos e de revestimento
Mosaicos hidráulicos pintados	Vidros da construção
Grades de ferro portas e janelas	
Madeiras interiores	

Tabela 6: Materiais para reutilização ou reciclagem



Figura 17: Madeiras a reutilizar e reciclar



Figura 18: Vidros a reciclar

As quantidades de materiais, assim como as respetivas percentagens face ao volume global da demolição, constituem um mecanismo de análise na gestão do ciclo de vida do edifício. Esses dados relativos ao caso de estudo são apresentados na tabela 7:

Destino do material	Material	Toneladas	Porcentagem
Reutilização	Alvenaria de granito	70	42.9
	Madeiras interiores	2	1.2
	Telhas	16	9.8
	Grades de ferro	0.8	0.5
	Mosaicos Hidráulicos	14	8.6
Reciclagem	Estrutura em madeira	36	22.1
	Vidros	0.4	0.2
	Produtos cerâmicos	24	14.7
		Total = 163.2	

Tabela 7: Quantidades de materiais da desconstrução

Analisando os dados da tabela 7, estima-se que a quantidade total de obra desconstruída seja de 163.2 toneladas. Sendo que, 102.8 toneladas (63%) corresponde a materiais reutilizáveis e 36.4 toneladas (22%) de materiais recicláveis (os produtos cerâmicos não foram reciclados em novos materiais, uma vez que os agregados serão entregues a um depósito para tal material). O material predominante na construção do edifício é o granito com aproximadamente 70 toneladas, que corresponde a 42.9% das toneladas totais de desconstrução.

**2. Utilização de materiais sustentáveis na fase de construção** – Analisam-se os materiais de origem renovável; de funcionamento com energia renovável solar; de baixa energia incorporada; de elevada eficiência energética; recicláveis.

O uso de materiais sustentáveis foi um requisito do projeto, pois sendo estes ecologicamente vantajosos não causam um impacto ambiental gravoso. A aposta na utilização de materiais recicláveis e sustentáveis na reabilitação do caso de estudo, resulta numa significativa redução da energia incorporada na construção.

A tabela 8 pretende sintetizar os materiais com características sustentáveis utilizados na construção.

<b>Materiais sustentáveis utilizados na construção</b>				
<b>Materiais de origem renovável</b>	<b>Materiais de funcionamento com energia solar</b>	<b>Materiais de baixa energia incorporada</b>	<b>Materiais de elevada eficiência energética</b>	<b>Materiais recicláveis</b>
Base de pavimentos e coberturas compostas por painéis OSB	Painéis solares térmicos para aquecimento de águas sanitárias	Aço estrutural utilizado em pilares, vigamento de pavimentos e cobertura	Placas de isolamento térmico na cobertura, em poliestireno expandido extrudido, com 8cms de espessura	Aço estrutural
Caixilharias exteriores e interiores, respetivos apainelados e guarnições, aros e rodapés, portadas interiores e revestimento de pavimentos em soalho de madeira		Painéis solares fotovoltaicos para produção de energia elétrica de autoconsumo	Lã de rocha, mineral, utilizada em isolamentos acústicos na construção	Iluminação integral da moradia em lâmpadas de díodos emissores de luz (LED - com detetores de movimento nas circulações comuns)
Cal pigmentada em revestimentos de paredes	Placas de gesso cartonado utilizadas em todas as divisórias e tetos falsos de paredes interiores, torras de paredes exteriores e tetos interiores		Caldeira de aquecimento central da marca BaxiRoca Platinum Plus, com eficiência de 1.076	
Isolamentos térmicos de origem mineral - lã de rocha, em isolamentos interiores acústicos		Placas de gesso cartonado utilizadas em todas as divisórias e tetos falsos de paredes interiores, torras de paredes exteriores e tetos interiores	Vidros duplos em todos os vãos envidraçados exteriores, com baixo coeficiente de transmissão térmica, protegidos por portadas interiores de madeira de cor branca, como proteção solar na estação de verão	Perfis de alumínio dos caixilhos do logradouro e do anexo
				Vidros dos caixilhos exteriores
				Guardas de ferro de janelas
				Isolamentos térmicos e acústicos

Tabela 8: Materiais sustentáveis utilizados no caso de estudo

Consultando as quantidades de materiais e componentes presentes no projeto da construção, foi possível determinar as toneladas aproximadas de materiais sustentáveis e recicláveis utilizados na construção.

A tabela 9 contém os materiais com características sustentáveis utilizados, assim como as respectivas percentagens:

<b>Tipo de material</b>	<b>Material</b>	<b>Toneladas</b>	<b>Percentagem</b>
Sustentável	OSB	16	26.5
	Madeira	13	21.5
	Cortiça	0.4	0.7
	Painéis solares	0.6	1
	Iluminação LED	0.2	0.3
	Poliestireno extrudido	0.4	0.7
Reciclável	Aço estrutural	24	39.7
	Lã de rocha	0.6	1
	Vidros	1.8	3
	Fios de cobre	0.2	0.3
	Alumínio	1.2	2
	Gesso cartonado	2	3.3
		<b>Total = 60.4</b>	

Tabela 9: Quantidades de materiais sustentáveis usados na construção

Analisando a tabela 9, estima-se que as toneladas de materiais com características sustentáveis presentes edifício sejam de 60.4 (21,5% das toneladas totais do edifício).

Sabendo que as quantidades totais estimadas da construção do edifício são aproximadamente 280 toneladas, os materiais reutilizáveis representam a maior parte dos produtos de construção utilizados, com 36.7% das toneladas totais. O uso de materiais com características sustentáveis representa 21.5% das toneladas totais e o uso de materiais recicláveis representa 13% das toneladas totais da construção. A soma das toneladas de materiais sustentáveis, recicláveis e reutilizáveis corresponde a 71.2% das toneladas totais do edifício.

A proveniência dos materiais também foi levada em conta, isto é, houve uma preferência na utilização de materiais locais. A opção da proximidade vai de encontro aos três princípios da sustentabilidade: estimular a economia nacional e, como tal, a dinâmica socioeconómica; minimizar os impactes no meio ambiente, reduzindo o consumo de energia e as emissões durante o transporte.

De modo a exemplificar a energia consumida durante o transporte, a Tabela 10 quantifica a distância percorrida pelos materiais, desde o local de fabrico até ao local do caso de estudo. A distância foi calculada em linha reta entre os dois pontos.

Material	Distancia (km)	Freguesia
Granito	24	Castelões de Cepeda
Mármore	24	Castelões de Cepeda
Telhas	20	Mouriz
Grades ferro	22	Duas Igrejas
Mosaicos Hidráulicos/Azulejos	2	Santo Ildefonso
Vidros	19	Baltar
Portas em madeira	22	Sobrosa
Estrutura de madeira	22	Sobrosa
Janelas em madeira	61	Eira Vedra

Tabela 10: Distâncias percorridas pelos materiais até ao edifício

A distancia média que os materiais percorreram é de 24 km. É de realçar que apenas as janelas de madeira têm proveniência do concelho de Braga, todos os restantes materiais são provenientes do concelho do Porto.

### 3. Qualidade do ar interior

A qualidade do ar interior é garantida através do sistema de ventilação natural presente no edifício. A ventilação natural abrange todo o edifício, de forma a permitir o aproveitamento das diferenças de pressões devido à ação do vento entre as várias fachadas.

Existem vários sistemas de extração independentes, sendo um para a cozinha e outro para as instalações sanitárias individuais. A extração do ar é efetuada por condutas de ar, que se situam ao nível da parte superior das instalações, e que se prolongam até à atmosfera. O sistema de extração da cozinha é feito por um exaustor independente interligado ao tubo de descarga também independente da cozinha, devendo ser capaz de extrair 500 m<sup>3</sup>/h.

O conforto acústico também foi ponderado, existem atenuadores acústicos nas condutas com a finalidade de eliminar as transmissões de ruído por contacto.

Todos os compartimentos interiores têm admissão de ar pela folga, entre a porta e o pavimento, para permitirem a compensação do ar extraído, evitando assim subpressões no seu interior. A admissão de ar entre o exterior e interior dá-se pelas grelhas de ventilação permanentes autorreguláveis, proporcionando uma ventilação permanente e controlada (Figura 19).



Figura 19: Abertura de ventilação autorregulável

Os ventiladores eólicos em aço inox encontram-se na cobertura (Figura 20). Este tipo de dispositivo trabalha a partir de correntes de ar, que incidem sobre a cobertura, fazendo com que ele se movimente e promova a sucção da massa de ar quente gerada

no ambiente interno, proporcionando uma ventilação controlada e ininterrupta. Idealmente, o ar deverá ser insuflado nos compartimentos principais e extraído nos compartimentos de serviço, evitando assim a propagação de maus odores pelo interior da habitação.



Figura 20: Ventiladores eólicos em aço inox

Toda a habitação integra um plano de ventilação natural, de forma a cumprir os 0,5RPH (renovações horárias de ar) de entrada e 0,6RPH de saída. Apenas o ar da cozinha é extraído através de meios mecânicos.

#### 4. Conforto acústico do interior

Foram estudados em projeto um conjunto de isolamentos e materiais de modo a dotar os espaços de um excelente isolamento e conforto acústico.

Existem os seguintes elementos estruturais com tratamento acústico, de acordo com o previsto no projeto:

- (1) **Parede exterior (Rés-do-chão e 1º piso)** - Constituída por revestimento cerâmico com 1cm de espessura, alvenaria simples de granito com 40cm de espessura, reboco térmico projetado ISODUR com 3cm de espessura e acabamento interior em argamassa de cal hidráulica com 1,5cm de espessura.
- (2) **Parede exterior (2º e 3º piso)** - Constituída por revestimento cerâmico com 1cm de espessura, alvenaria simples de granito com 40 cm de espessura,

isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 4cm de espessura, placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura e acabamento interior com MDF pintado com 1,2cm de espessura

- (3) **Parede exterior – Empena lateral (Rés-do-chão)** - Constituída por alvenaria simples de granito com 30cm de espessura, reboco térmico projetado ISODUR com 3cm de espessura e acabamento interior em argamassa de cal hidráulica com 1,5cm de espessura.
- (4) **Parede exterior – Empena lateral (1º, 2º e 3º piso)** - Constituída por alvenaria simples de granito com 30cm de espessura, isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 4cm de espessura, placas de gesso cartonado com 1,2cm de espessura e acabamento interior em MDF pintado com 1,5cm de espessura
- (5) **Parede exterior – Empena lateral (1º, 2º e 3º piso)** - Constituída por bloco térmico de 15cm de espessura, isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 4cm de espessura, placas de gesso cartonado com 1,2cm de espessura e acabamento interior em contraplacado lacado com 1,6cm de espessura.
- (6) **Envidraçados exteriores verticais** - Janelas de madeira de perfil de 55cm com dupla vedação (Figura 21). Vidro duplo incolor 4mm + 5mm e caixa-de-ar de 6mm.

Os envidraçados exteriores devem garantir um Índice de Isolamento Sonoro igual ou superior a 28dB.



Figura 21: Janela exterior com dupla vedação

- (7) **Porta exterior** - em madeira, com tratamento acústico e bem vedada.

As figuras seguintes permitem localizar cada um dos elementos estruturais, referidos anteriormente, nas plantas do edifício em análise (existe uma cor e um número associado a cada elemento para uma melhor perceção).



Figura 22: Isolamentos acústicos - Planta do rés-do-chão

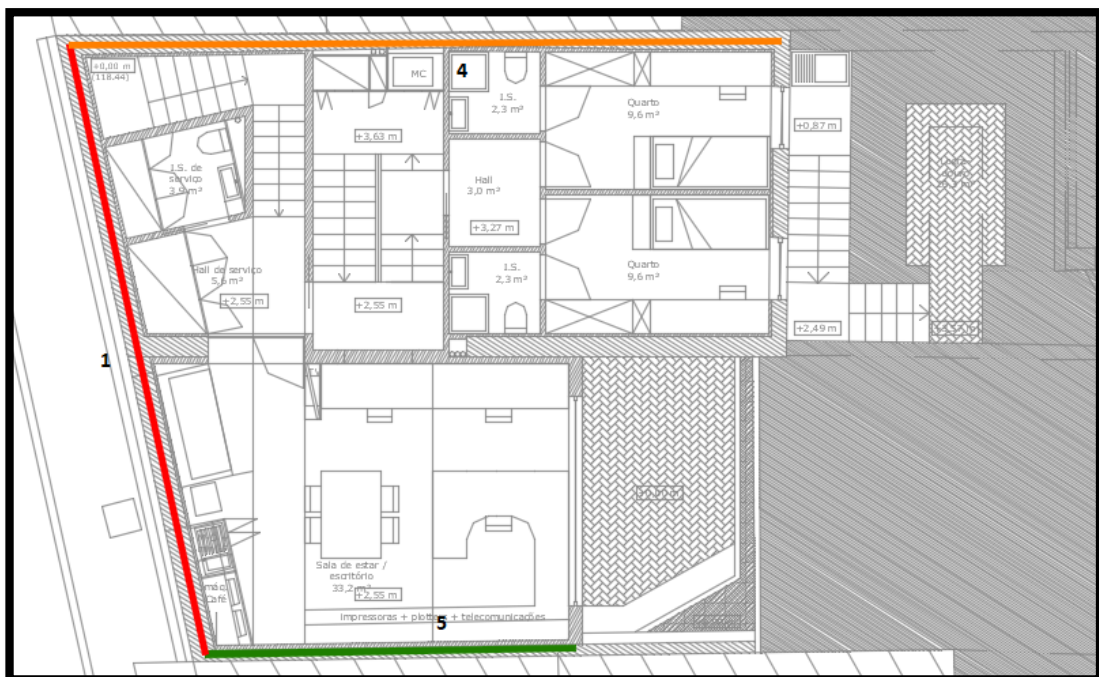


Figura 23: Isolamentos acústicos - Planta do 1º piso

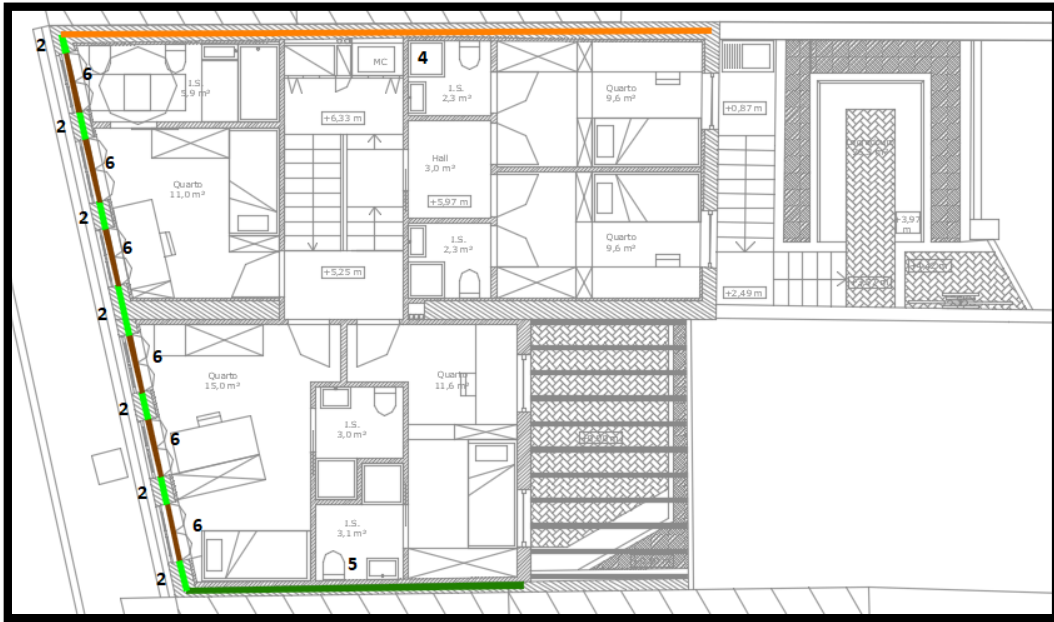


Figura 24: Isolamentos acústicos - Planta do 2º piso

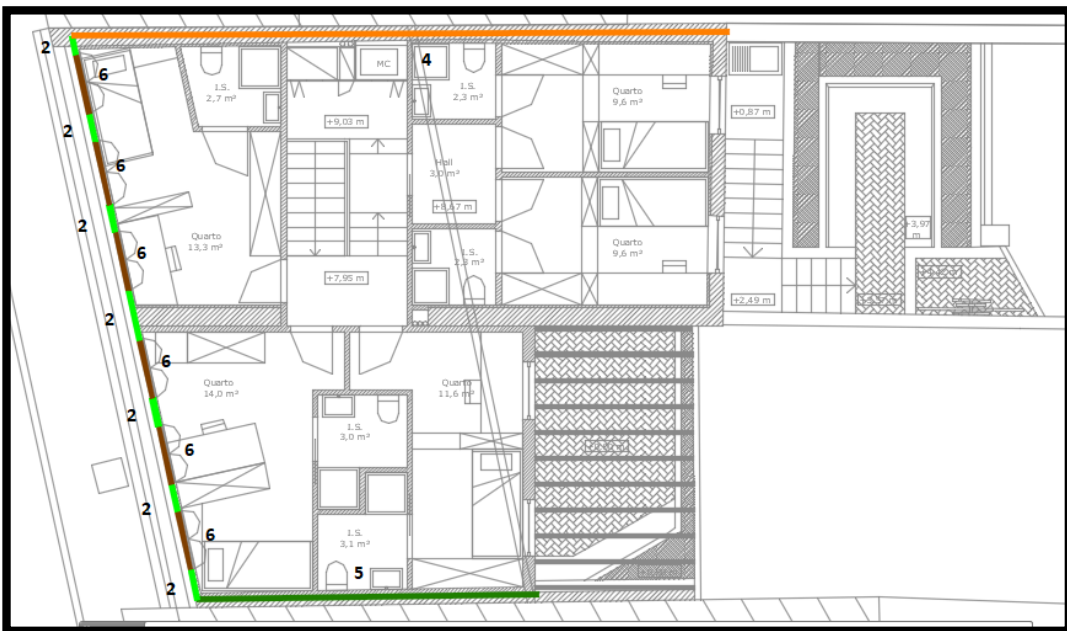


Figura 25: Isolamentos acústicos - Planta do 3º piso

A utilização de lã de rocha como isolamento nas paredes interiores proporciona um elevado conforto acústico em relação às envolventes interiores.

Além das envolventes verticais, também os elementos construtivos horizontais foram isolados, isto é, foram colocadas mantas acústicas nos pavimentos. Existem

também atenuadores acústicos nas condutas de ventilação com a finalidade de eliminar as transmissões de ruído por vibração.

## 5. Conforto térmico do interior

O edifício encontra-se isolado termicamente através dos seguintes elementos estruturais, de acordo com o previsto no projeto e descrito no certificado energético anexo a este trabalho.

- (1) **Parede exterior** - de cor clara constituída por revestimento cerâmico com 1cm de espessura, reboco com 1cm de espessura, alvenaria simples de granito com 40 cm de espessura, reboco térmico projetado ISODUR com 3 cm de espessura e acabamento interior em argamassa de cal hidráulico com 1,5cm de espessura.
- (2) **Parede exterior** - de cor clara constituída por revestimento cerâmico com 1cm de espessura, alvenaria simples de granito com 40cm de espessura, isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 4cm de espessura, com placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura e acabamento interior em MDF pintado com 1,2cm de espessura.
- (3) **Parede exterior** - de cor clara constituída por placas de ardósia com 3cm de espessura, placas de Viroc com 1,2cm de espessura, isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 4cm de espessura, com placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura e acabamento interior em MDF pintado com 1,2cm de espessura.
- (4) **Parede exterior** - de cor escura constituída por painel sandwich de fachada com 4cm de espessura, telas de impermeabilização com 0,5cm de espessura, parede simples de betão armado com 20cm de espessura, com placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura e revestimento interior em placas de contraplacado com 2cm de espessura.
- (5) **Parede exterior** - de cor clara constituída por isolamento térmico tipo “capotto” com placas poliestireno EPS de 5cm de espessura, argamassa de reboco de impermeabilização com 2cm de espessura, alvenaria simples de granito com 30 cm de espessura, com placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura e revestimento interior com placas de contraplacado com 2cm de espessura.



Figura 26: Isolamento térmico: "Capotto"

- (6) **Pavimento térreo** - constituído por manta geotêxtil com 0,3cm de espessura, caixa de brita com 10cm de espessura, massame de betão com 10cm de espessura, manta "Impactodan 10" com 1cm de espessura, 4cm de isolamento térmico em poliestireno extrudido XPS, betonilha de regularização com 5cm de espessura e revestimento interior em ardósia com 3cm de espessura.
- (7) **Cobertura inclinada exterior** - constituída por telha cerâmica tipo "Marselha" com 3cm de espessura assente sobre subtelha tipo "Onduline" em PVC com 0,3cm de espessura, isolamento térmico em poliestireno extrudido XPS com 8cm de espessura, laje inclinada em estrutura metálica com 15cm de espessura e acabamento inferior em forra de OSB com 2,2cm de espessura.
- (8) **Cobertura plana exterior** - de cor clara, constituída por godo com 5cm de espessura, telas de impermeabilização com 0,5cm de espessura, com isolamento térmico com placas de poliestireno extrudido XPS com 8cm de espessura, betonilha de regularização e pendente com 6cm de espessura, laje aligeirada de vigotas e abobadilhas cerâmicas com 15cm de espessura, com acabamento inferior em teto falso estanque com caixa-de-ar com 10cm de espessura e placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura.

A figura seguinte permite localizar cada um dos elementos estruturais, referidos anteriormente, no corte longitudinal do edifício em análise (existe uma cor associada a cada elemento para uma melhor perceção).

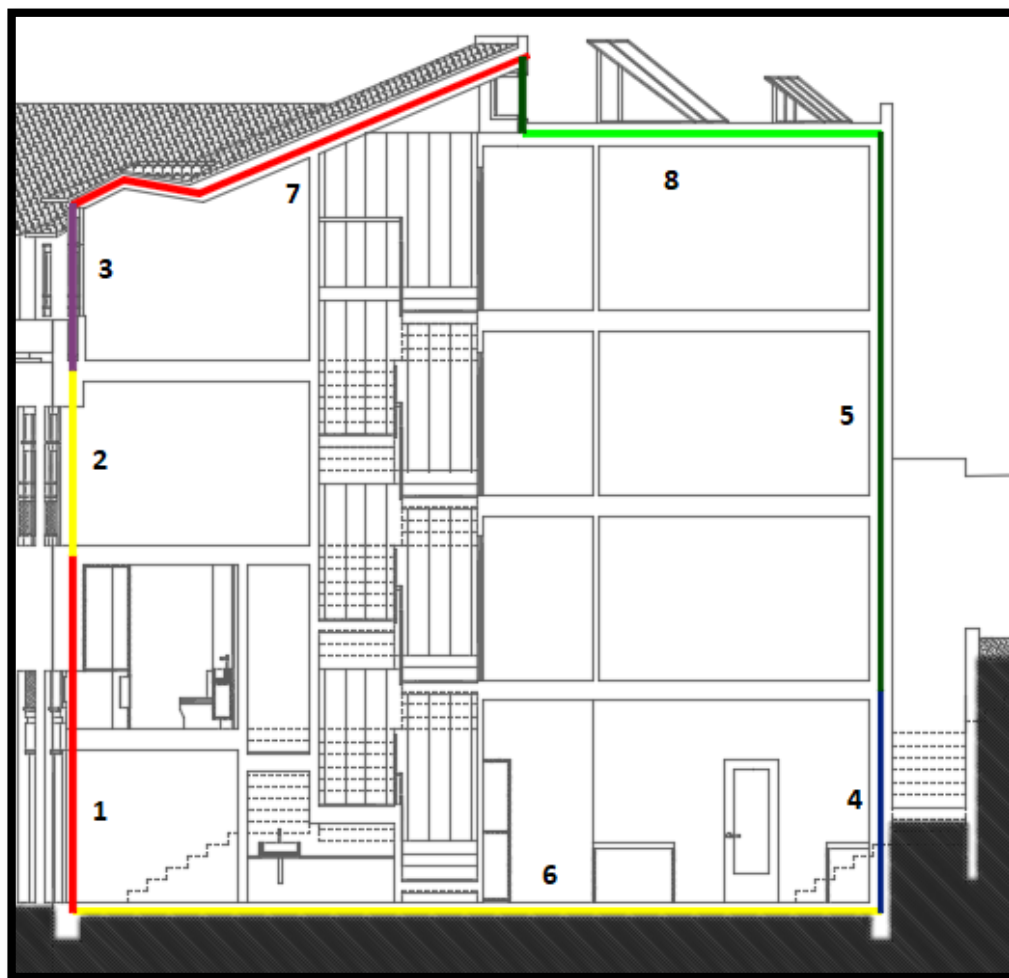


Figura 27: Isolamentos térmicos - corte longitudinal

Os envidraçados exteriores também estão isolados termicamente, com baixo coeficiente de transmissão térmica, protegidos por portadas interiores de madeira de cor branca, como proteção solar na estação de inverno.

### 5.1.2 Parâmetros Económicos

Os parâmetros de sustentabilidade económica do edifício estão relacionados com a elevada eficiência dos sistemas, o seu baixo consumo energético e elevada durabilidade, o que conduz a uma acentuada diminuição dos custos de exploração do edifício. São apresentadas essas características de acordo com os seguintes grupos:

1. **Utilização de lâmpadas de LED's** – A iluminação natural é garantida através dos vãos envidraçados, sendo complementada pela iluminação artificial, que é feita na

totalidade por lâmpadas de LED's. O tipo de iluminação foi escolhido de acordo com o espaço segundo os critérios de funcionalidade e eficiência e segundo as regras de iluminação.

A iluminação LED é muito eficiente e tem baixos custos de manutenção associados. Uma lâmpada LED utiliza menos 87% de energia para produzir a mesma luminosidade de uma lâmpada incandescente de 60 watts, ou seja, ilumina mais e consome menos.

Foi feito um levantamento do número de dispositivos LED's na moradia, o que conduziu a:

<b>Número de dispositivos LED</b>	<b>Potência total (w)</b>	<b>Potência por m<sup>2</sup> (w/m<sup>2</sup>)</b>
120	600	1.5

Tabela 11: Iluminação LED

A potência por m<sup>2</sup> de iluminação, 1.5 w/m<sup>2</sup>, encontra-se abaixo da recomendação da regulamentação atual para iluminação interior que é 4W/m<sup>2</sup> e muito abaixo daquilo em que consiste a utilização de lâmpadas incandescentes em habitações tradicionais, que é de 12 W/m<sup>2</sup>.

## 2. Auto produção de energia elétrica

Estão instalados na cobertura do edifício 6 painéis solares fotovoltaicos (figura 28) para produção de energia elétrica de autoconsumo, proporcionando uma potência máxima de 1500W. Este dispositivo solar permite consumir energia elétrica produzida na própria habitação e responder às necessidades energéticas diurnas dos utilizadores.

A eletricidade gerada na habitação contribui para a redução das faturas do consumo mensal de eletricidade.



Figura 28: Painel solar fotovoltaico

Para saber se o sistema solar fotovoltaico responde aos consumos de eletricidade diurnos dos utilizadores é necessário comparar os valores do rendimento máximo dos painéis com as necessidades diurnas dos utilizadores, relacionadas com as suas atividades de estudo ou de lazer.

Os equipamentos elétricos normalmente utilizados no período diurno são: routers, computadores pessoais dos utilizadores e lâmpadas LED, obtendo um total de 1355W/h. Como referido anteriormente, o rendimento máximo dos 6 painéis fotovoltaicos é 1500 W/h, ou seja, o consumo de energia diurna é coberto pelo sistema solar instalado ( $1500 \text{ W/h} \geq 1355 \text{ W/h}$ ). Como o sistema fotovoltaico permite produzir energia elétrica para autoconsumo, fica apenas necessário importar eletricidade para responder aos restantes consumos dos utilizadores.

Através da faturação da eletricidade do caso de estudo, quantificou-se os consumos mensais de julho de 2016 a agosto de 2017, ilustrado na figura 29. O edifício consome em média 1559 kWh mensalmente e 18713 kWh anualmente.

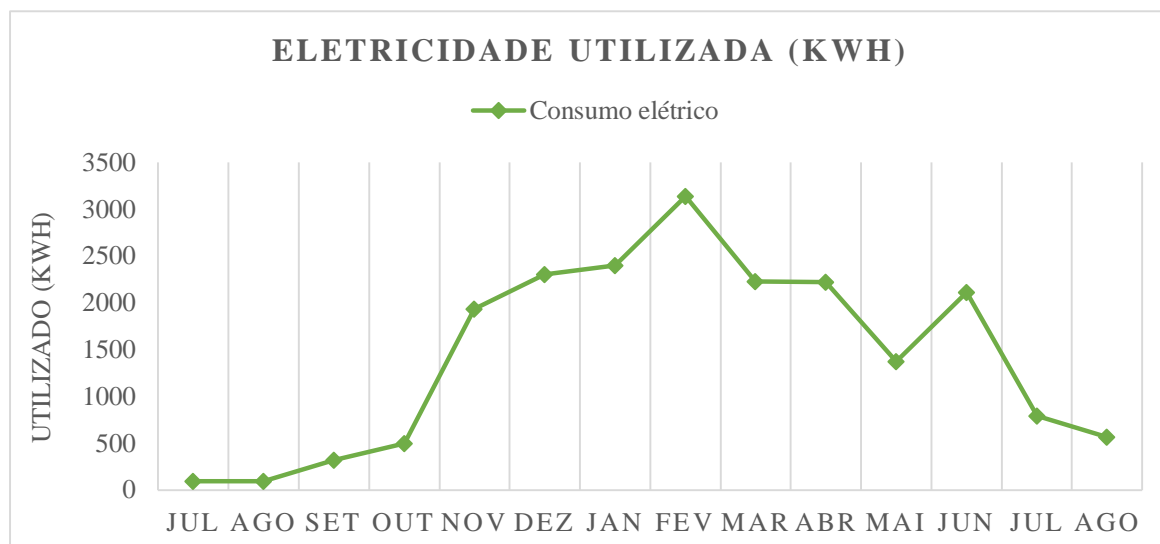


Figura 29: Consumos mensais de eletricidade

Recorrendo a ferramentas informáticas foi possível monitorizar o sistema fotovoltaico. Desde a instalação dos painéis (setembro de 2016), o sistema já permitiu gerar em média 456,26 kWh por mês.

Para uma melhor perceção dos dados relativos ao sistema fotovoltaico instalado no caso de estudo, serão comparados os valores de eletricidade gerada no edifício com a eletricidade importada, desde setembro de 2016 a agosto de 2017. A figura 30 ilustra a eletricidade importada da rede mensalmente comparando com a energia elétrica gerada.

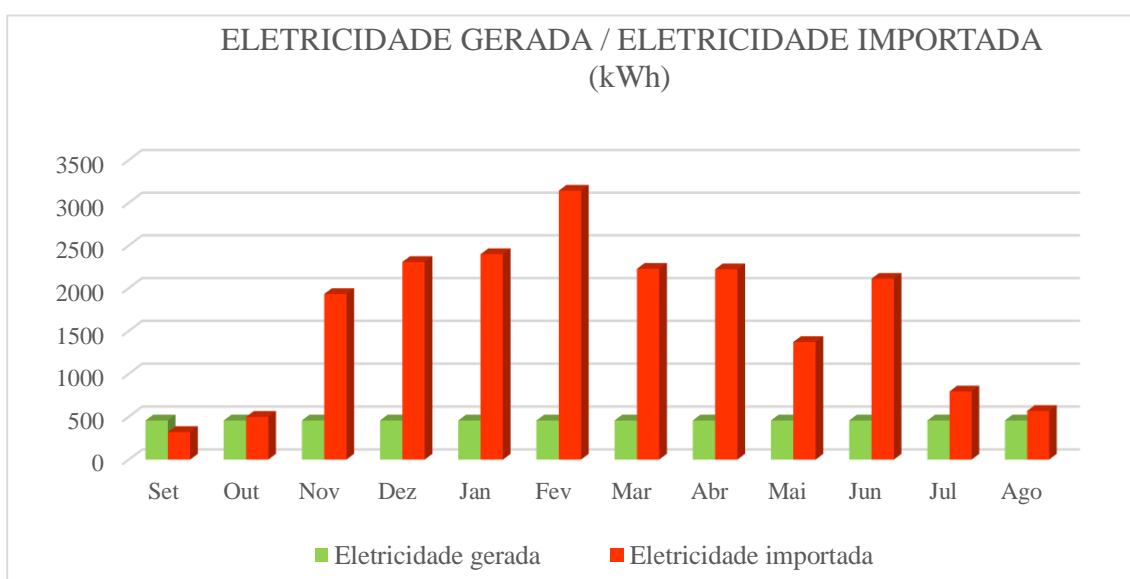


Figura 30: Eletricidade gerada/Eletricidade importada

É importante calcular o retorno financeiro do investimento dos painéis solares, só assim se saberá quando o investimento está pago e começa a advir o lucro. Sabendo que o custo do equipamento foi 3650€ + IVA e que a cada mês a eletricidade gerada no caso de estudo permite poupar em média 91,25€ a cada mês. São necessários 4 anos e 2 meses até obter o retorno financeiro do sistema fotovoltaico.

### **3. Produção de águas quentes sanitárias**

Para produção de águas quentes sanitárias, instalou-se um sistema solar de circulação forçada com quatro coletores planos com 10m<sup>2</sup> de área de absorção, montados na cobertura do edifício, orientados para sul, com um termoacumulador interior de 750 litros, com apoio através de um sistema tradicional de AQS constituído por uma caldeira mural de condensação alimentada a gás natural. O conjunto dos coletores solares produz 5.929,00 kW/h anuais, de acordo com os valores descritos no certificado energético da moradia.

A caldeira mural estanque, que além de aquecimento ambiente, efetua também apoio ao aquecimento de águas sanitárias, é alimentada a gás natural e possui potência útil nominal de 24 kW e eficiência de 107,6%.

Estes sistemas produzem o aquecimento da água contida no acumulador, num total de 750 litros, com recurso a energia solar, isto é, captam a radiação solar e fazem a transferência da radiação sobre a forma de energia térmica. Essa energia é depois utilizada para a produção de águas quentes sanitárias através do sistema de dupla serpentina contido no acumulador, e que funciona da seguinte maneira, como se pode ver na figura seguinte.

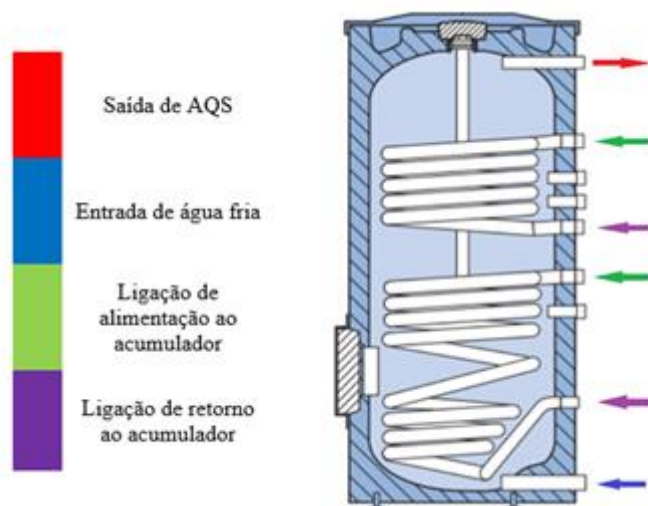


Figura 31: Corte do termoacumulador de 750 litros

A água fria entra pela parte inferior do acumulador e a saída das águas quentes sanitárias é pela parte superior, como está representado na figura 31.

O acumulador de 750 litros, ao conter duas serpentinas, possibilita a presença de dois circuitos de águas quente. A serpentina 1 recebe a água aquecida pelos coletores solares e transfere a energia para o volume total do acumulador. A serpentina 2 constitui o circuito fechado do aquecimento central, o qual é pré-aquecido no acumulador e depois completado o aquecimento na caldeira mural. O volume total de 750 litros de água constitui a água quente sanitária para consumo (banhos e higiene pessoal), que é pré-aquecida pelos coletores solares e completado o aquecimento na caldeira mural a gás. A acumulador possui isolamento térmico de 100mm de espessura, sendo esta indicadora da máxima eficiência de funcionamento deste equipamento.

É também utilizado isolamento térmico de espuma poliuretano, com 20mm de espessura, nas tubagens de água quente, com a finalidade de reduzir em cerca de 10% o consumo de energia para aquecimento de águas sanitárias, minimizando as perdas.

Existe uma bomba de circulação de água quente de forma a garantir, em todos os pisos, que a água quente saia da torneira mal esta seja aberta, evitando desperdícios de água.

A figura seguinte ilustra a distribuição de energia para aquecimento de águas quentes sanitárias no caso de estudo:

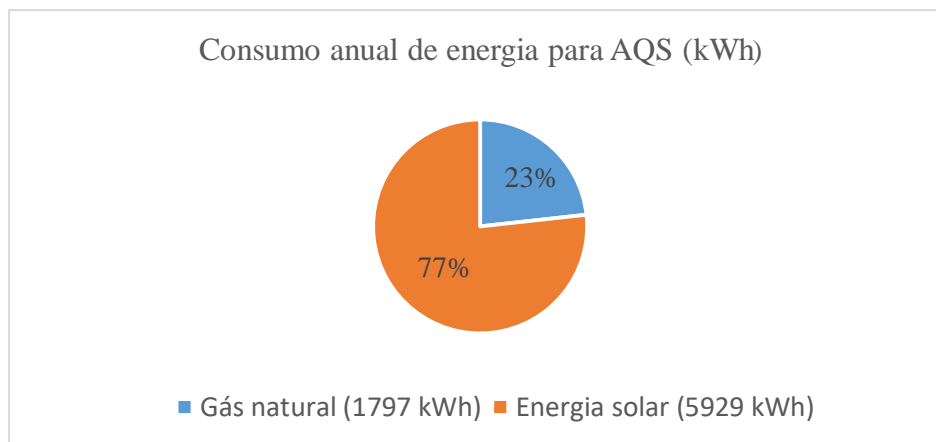


Figura 32: Distribuição de energia para AQS

O aquecimento das águas sanitárias é feito, preferencialmente, a partir de uma fonte renovável (77%), apenas na indisponibilidade do sistema solar térmico se recorre ao aquecimento das águas sanitárias através da caldeira a gás natural (23%).

#### 4. Baixos custos de manutenção

Devido à criteriosa seleção de materiais para a construção é expectável um baixo custo de manutenção. No caso de estudo são utilizados materiais, tintas e acabamentos que tem elevada durabilidade e, por isso, o edifício requer manutenção com menor frequência do que uma habitação tradicional.

O principal objetivo da atividade de manutenção em edifícios é garantir a sustentabilidade dos mesmos e prolongar a sua vida útil, tanto quanto possível, em condições de salubridade, durabilidade, estética e de segurança, mantendo as suas condições de utilização. Acima de tudo, as ações de manutenção possibilitam a valorização do imóvel.

A Tabela 12 demonstra as ações de manutenção necessárias para o bom funcionamento do edifício sustentável em análise.

<b>Ação de manutenção</b>	<b>Periodicidade Manutenção (Anos)</b>
Pintura ferro exterior	3
Pintura madeira exterior	3
Verniz nos pavimentos	10
Pintura de tetos e paredes	10
Coletor solar térmico	0.5
Sistema solar fotovoltaico	1
Troca de lâmpadas	5

Tabela 12: Ações da manutenção necessárias ao caso de estudo

A construção sustentável, como é o caso de estudo, ao englobar materiais duráveis, ao adotar soluções de fácil reparação/substituição, ao instalar sistemas eficientes, permite que ao longo da vida útil do edifício as ações de manutenção sejam mínimas, apenas as necessárias para o normal funcionamento do edifício, reduzindo assim os custos associados à manutenção do edificado. Este conceito será quantificado no capítulo seguinte.

## 5. Isolamentos térmicos eficientes

Tendo sido as envolventes exteriores e interiores na construção protegidas com isolamentos térmicos de elevada eficiência, tal resulta na diminuição das necessidades de aquecimento ambiente de 27,5% em relação ao limite regulamentar (necessidades previstas = 34,6 kWh/m<sup>2</sup> para um limite de 47,7 kWh/m<sup>2</sup>), de acordo com a informação descrita no Certificado Energético da construção, com a consequente diminuição do consumo de energia elétrica ou fóssil.

Esta solução funciona através da maximização do isolamento térmico das áreas úteis, reduzindo assim ainda mais as necessidades energéticas para a climatização dos espaços, evitando assim perdas de energia e diminuindo os custos de funcionamento e as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Um investimento, na construção, na colocação de espessos isolamentos térmicos nas envolventes do edifício possibilita a diminuição do período de retorno do investimento.

Como já foi referido anteriormente, o aquecimento do ambiente é garantido através de caldeira de aquecimento central da marca “BaxiRoca Platinum Plus” com eficiência de 1.076, alimentada a gás natural, com distribuição por água quente a todos os radiadores instalados nas zonas úteis da habitação. As necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento do caso de estudo são 34,6 kWh/m<sup>2</sup>.ano, o que, tendo em conta que a área útil da moradia é de 340,09m<sup>2</sup>, significa que as necessidades anuais de energia são de 34,6 x 340,09 = 11.767 kWh anuais em gás natural. O custo do aquecimento ambiente será quantificado no capítulo seguinte.

### 5.1.3. Parâmetros Sociais

Um edifício é o primeiro passo na direção da qualidade de vida de um residente, pois uma boa habitação torna a nossa vida mais feliz e agradável.

Os parâmetros sociais e culturais da sustentabilidade podem traduzir-se no conforto e na saúde dos utilizadores.

O caso de estudo apresenta os seguintes parâmetros sociais que foram considerados na fase de projeto com o objetivo de melhorar a vida dos utilizadores do edifício:

1. **A conceção dos espaços interiores** – amplos, revestidos a materiais de origem natural - com utilização pensada no grupo de utilizadores, que proporcionam um elevado convívio social e permite receber amigos nestes espaços aconchegantes (Figura 33).



Figura 33: Espaços comuns pensados nos utilizadores

- 2. A conceção dos espaços exteriores** - pátio de inverno e logradouro de verão - espaços refrescantes que permitem o convívio entre os utilizadores e incentiva o contacto com a natureza. O pátio de inverno num edifício tem o poder de amenizar a temperatura ambiente, além de trazer conforto visual. A vegetação no exterior de um edifício, além de funcionar como isolamento acústico, também pode alterar significativamente a temperatura das paredes e conseqüentemente, do interior do edifício.

Estes espaços exteriores incentiva os utilizadores ter contacto com espaços verde e o meio ambiente.

- 3. A utilização das diferentes cores nos acabamentos dos quartos** – proporciona um acréscimo de conforto e interação, que permite explorar as nossas ideias ou desenvolver uma atividade que agrade ao utilizador (Figura 34).



Figura 34: Utilização de diferentes cores nos acabamentos interiores

- 4. A utilização de materiais de construção diferenciados conforme se trate da reabilitação ou da ampliação** – Dá ênfase e relevância à construção reabilitada. Os vários materiais e técnicas construtivas utilizados aumentam o valor arquitetónico do edifício.
- 5. A conceção da fachada** – proporciona uma relevância à construção muito superior às construções vizinhas, o que poderá tornar o edifício num ponto de atração.

## **5.2. Resultados obtidos**

Após a recolha de informação sobre o caso de estudo, recorreu-se à metodologia utilizada por Coimbra (2017). Pretendeu-se com esta análise confrontar os resultados obtidos (consumos energéticos, custos de operação do edifício e emissões de CO<sub>2</sub>), com diferentes formas de reabilitar um edifício.

### **5.2.1. Ganhos energéticos anuais devido à eficiência dos equipamentos**

Considerando os dados abordados anteriormente e sabendo que a reabilitação do caso de estudo se centrou em sistemas ou equipamentos energeticamente eficientes e de baixo impacto ambiental associado, é importante analisar os consumos de energia em relação às três áreas: [5]

- a) Energia consumida em aquecimento
- b) Energia consumida para aquecimento de águas sanitárias, incluindo o uso da energia solar
- c) Energia consumida para iluminação interior através dos painéis solares fotovoltaicos

O objetivo desta análise é demonstrar, através de comparação de diferentes cenários, a diminuição do consumo de energia após a reabilitação do edifício, para cada uma das três situações descritas acima. Foram calculados, através da “Folha de Cálculo de Avaliação do Comportamento Térmico e do Desempenho Energético de Edifícios, de acordo com o REH (Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto)”, dois cenários virtuais de edifícios similares ao caso de estudo, de forma a comparar resultados e comprovar a sustentabilidade do caso de estudo, que são os seguintes: [5]

1. Reabilitação padrão - com isolamento térmico e equipamentos com eficiências padrão, definidos pelo REH, 2013.
2. Reabilitação tradicional - sem isolamento térmico nem equipamentos eficientes, como é comum na reabilitação tradicional.

### 5.2.1.1. Energia consumida em aquecimento

Para a análise da energia consumida em aquecimento, é necessário descrever quais as bases de cálculo dos dois cenários virtuais descritos para comparação com o caso de estudo. Os critérios utilizados na folha de cálculo foram os seguintes:

1. Reabilitação padrão:
  - a. Envolventes das frações com os valores máximos admissíveis no DL 118/2013;
  - b. Utilização de caldeira mural com a eficiência standard descrita no Regulamento, igual a 89%.
2. Construção existente:
  - a. Envolventes dos edifícios sem isolamentos térmicos e com os valores prevista na norma técnica ITE 54, LNEC;
  - b. Utilização de caldeira mural com a eficiência standard de caldeira usada, igual a 87%.

Como já apresentado no capítulo 5.1, os valores de cálculo para o caso de estudo são baseados nos isolamentos térmicos existentes e na caldeira de condensação a gás natural, com eficiência de 107,6%.

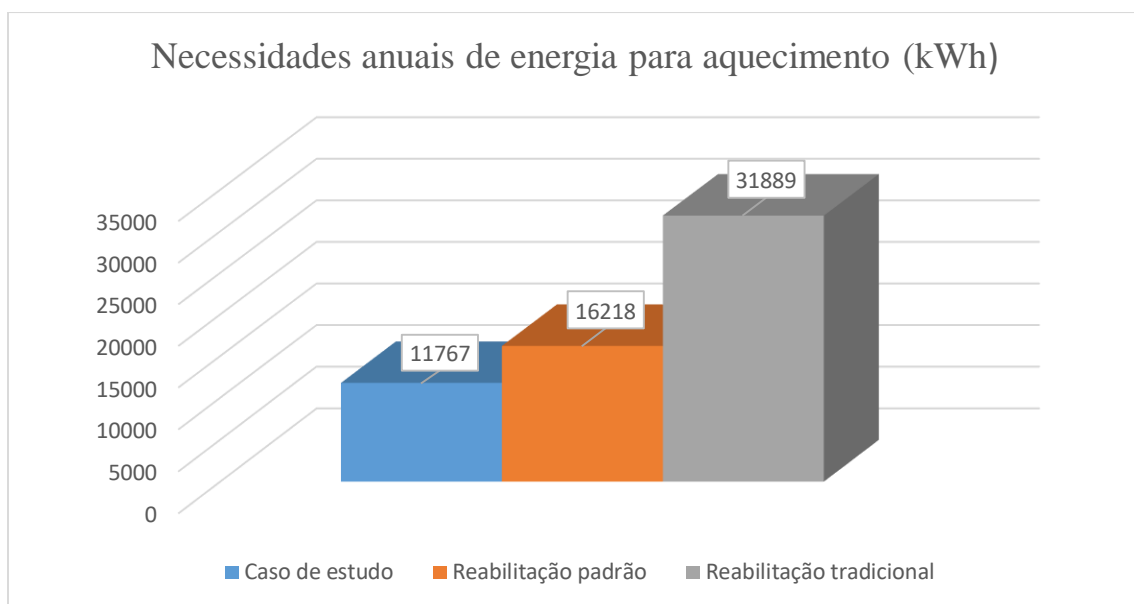


Figura 35: Necessidades anuais de energia para aquecimento [5]

Através da figura 35 é possível observar que o caso de estudo tem menos 63% de necessidades de energia de aquecimento do que um edifício tradicional e menos 28% que uma reabilitação padrão.

Os dados seguintes, integrados na figura 36, comparam o consumo anual de gás natural nos três cenários de reabilitação, resultante da conjugação das necessidades com as eficiências dos sistemas considerados em cada caso.

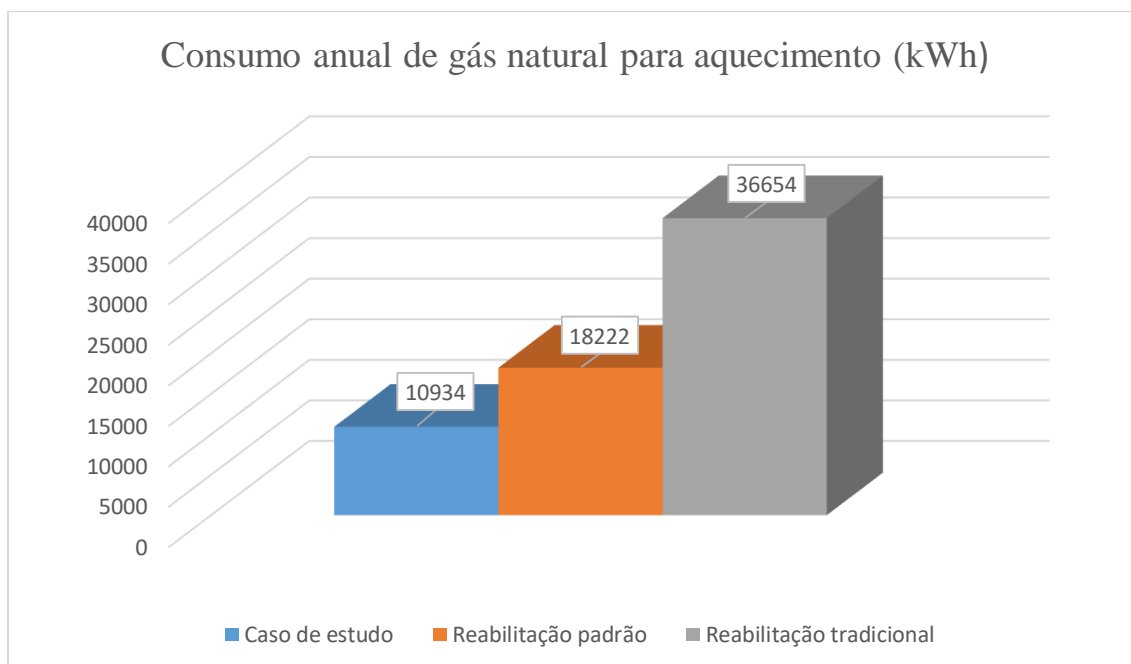


Figura 36: Consumo anual de gás natural para aquecimento [5]

### 5.2.1.2. Energia consumida para aquecimento de águas sanitárias

Considerando o número de utilizadores do caso de estudo e a média de consumos de água quente, que é 560 litros por dia, foi calculada a energia consumida para aquecimento de águas sanitárias, através do mesmo tipo de comparação apresentada no capítulo 5.2.1.1.

Os critérios utilizados na folha de cálculo foram os seguintes:

1. Reabilitação padrão:
  - a. Considera-se painéis solares de acordo com o critério do coletor-padrão;
  - b. Utilização de caldeira mural com a eficiência standard descrita no Regulamento, igual a 89%.
2. Construção existente:
  - a. Não se consideração a produção de energia solar térmica;

b. Utilização de sistema de aquecimento de águas sanitárias através de um termoacumulador elétrico com eficiência de 86%.

Em relação ao caso de estudo, os dados são calculados de acordo com o equipamento instalado – quatro painéis solares com 10,0 m<sup>2</sup> de área de absorção e uma caldeira de condensação de gás natural com uma eficiência de 107,6%.

A figura 37 descreve os consumos anuais para aquecimento de águas sanitárias, para os 3 cenários em análise:

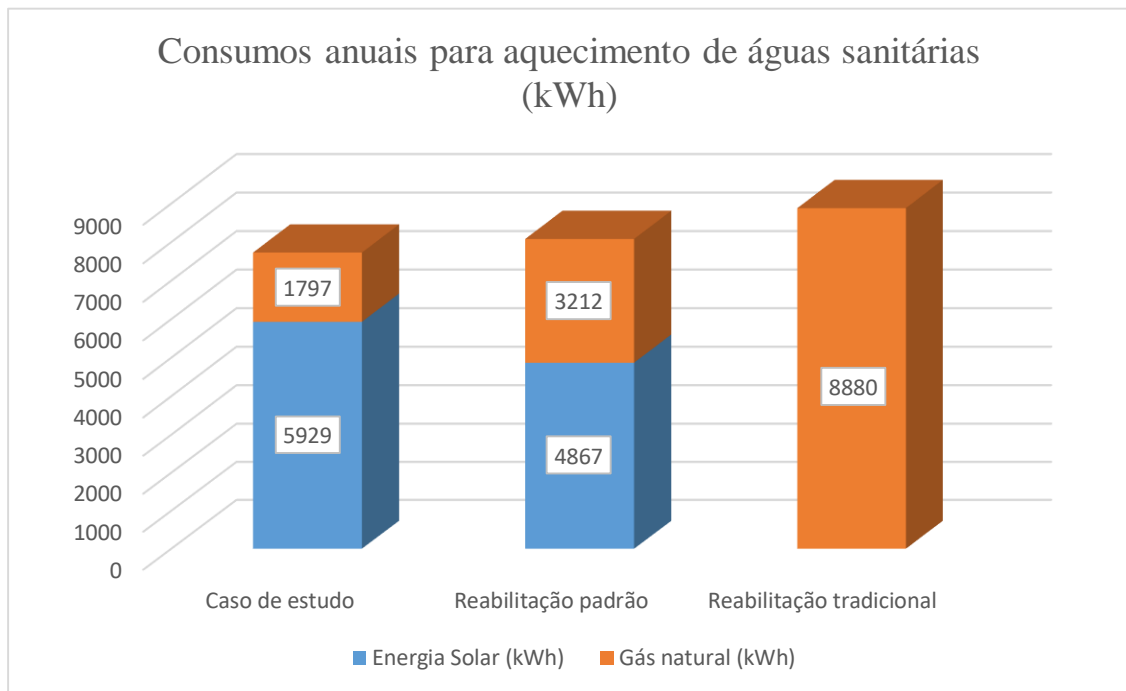


Figura 37: Consumos anuais para aquecimento de águas sanitárias [5]

Analisando os dados da figura 37 é possível contabilizar que o caso de estudo consome menos 80% de energia não renovável para aquecimento de águas sanitárias do que a construção tradicional e menos 44% que a reabilitação padrão. Estes valores devem-se à componente da energia solar no aquecimento de águas sanitárias, integrado na figura 37, e a eficiência dos equipamentos instalados no caso de estudo.

### 5.2.1.3. Energia consumida em eletricidade

Para a simulação da reabilitação tradicional, considerou-se que seria instalado um sistema de iluminação com lâmpadas tradicionais com potência de 12 W / m<sup>2</sup>. A reabilitação padrão utilizaria um sistema de iluminação eficiente baseado em lâmpadas fluocompactas com um consumo horário de 4 W/m<sup>2</sup>. Os valores para o caso de estudo foram obtidos de acordo com os equipamentos instalados no edifício, com a potência média de iluminação de 1,5 w/m<sup>2</sup>.

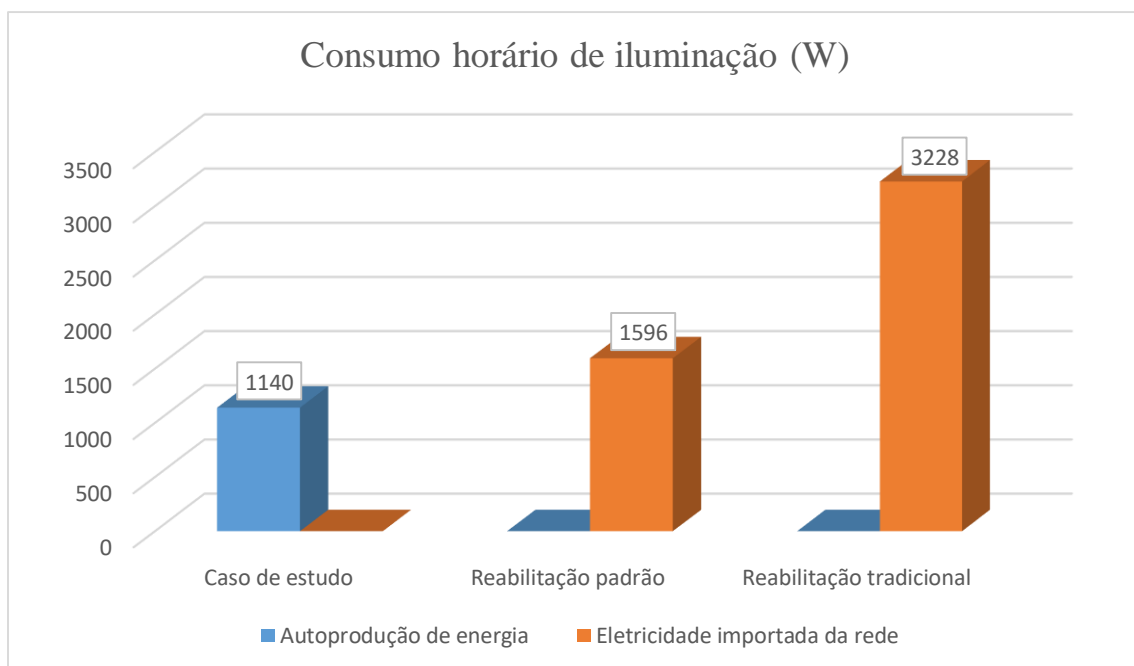


Figura 38: Consumo horário de iluminação [5]

Observando a figura 38, o caso de estudo consome menos 65% energia que a reabilitação tradicional e menos 29% que a reabilitação padrão.

### 5.2.2. Emissões de CO<sub>2</sub> resultantes do aquecimento, AQS e iluminação

Mantendo os mesmo três cenários como forma de comparação, serão agora analisadas as emissões de CO<sub>2</sub> consequentes do aquecimento, águas quentes sanitárias e iluminação, apresentado na figura 39.

Ao reduzir os consumos de energia dos edifícios, reduz-se as emissões de CO<sub>2</sub> para atmosfera.

Os dados apresentados para as emissões resultantes do aquecimento e água quente sanitária correspondem ao consumo em kWh, contido na figura 36 e 37, para cada consumo anual da caldeira alimentada a gás natural, multiplicado por um fator de 0,202 kgCO<sub>2</sub>/kWh, de acordo com as disposições legais (DGEG, 2013). [4]

As emissões de CO<sub>2</sub> apresentadas para a reabilitação tradicional e padrão de consumo de iluminação são multiplicadas por um fator de 0,144 kgCO<sub>2</sub>/kWh de acordo as disposições legais, devido às lâmpadas serem alimentadas por eletricidade. Uma vez que a unidade de consumo de iluminação é por hora, os cálculos foram efetuados para um consumo médio diário de 12 horas de iluminação durante o ano.

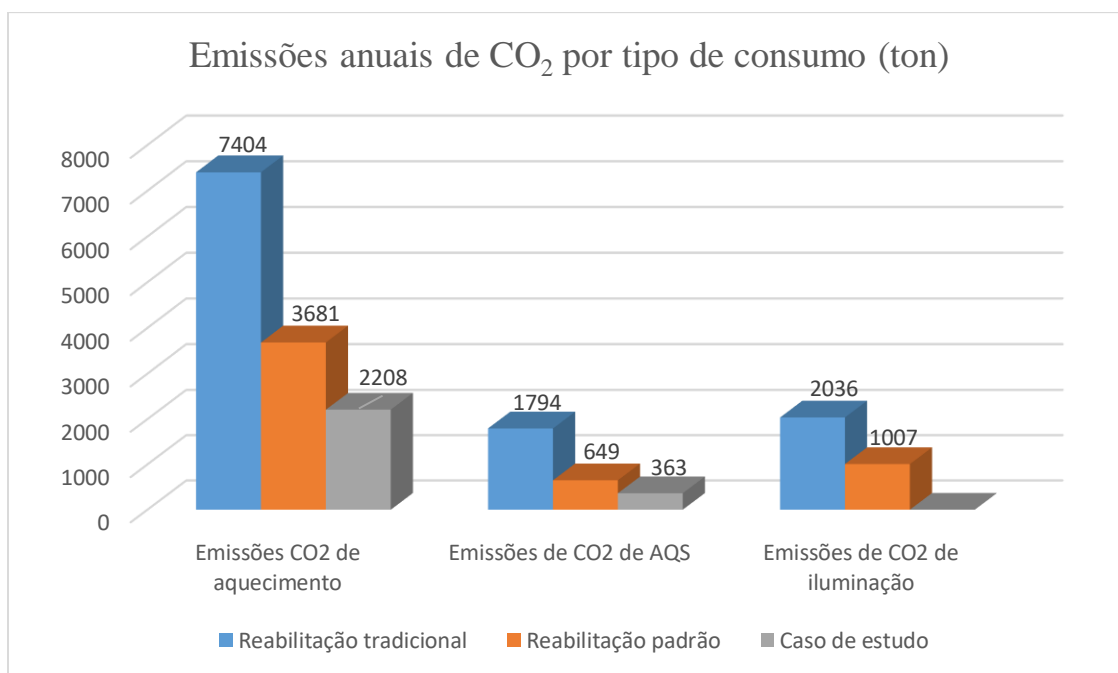


Figura 39: Emissões anuais de CO<sub>2</sub> por tipo de consumo [5]

Na figura 39, as emissões anuais CO<sub>2</sub> para iluminação do caso de estudo são nulas. Tal facto deve-se a que os painéis solares fotovoltaicos cobrem as necessidades energéticas diurnas de iluminação interior ( $1500\text{w/h} \geq 1355\text{w/h}$ ), resultando em emissões de CO<sub>2</sub> nulas neste tipo de consumo.

Por fim, somando as diferentes emissões de CO<sub>2</sub> obtém-se os resultados totais de emissões para o aquecimento, água quente sanitária e iluminação para cada tipo de cenário de reabilitação, apresentado na figura 40.

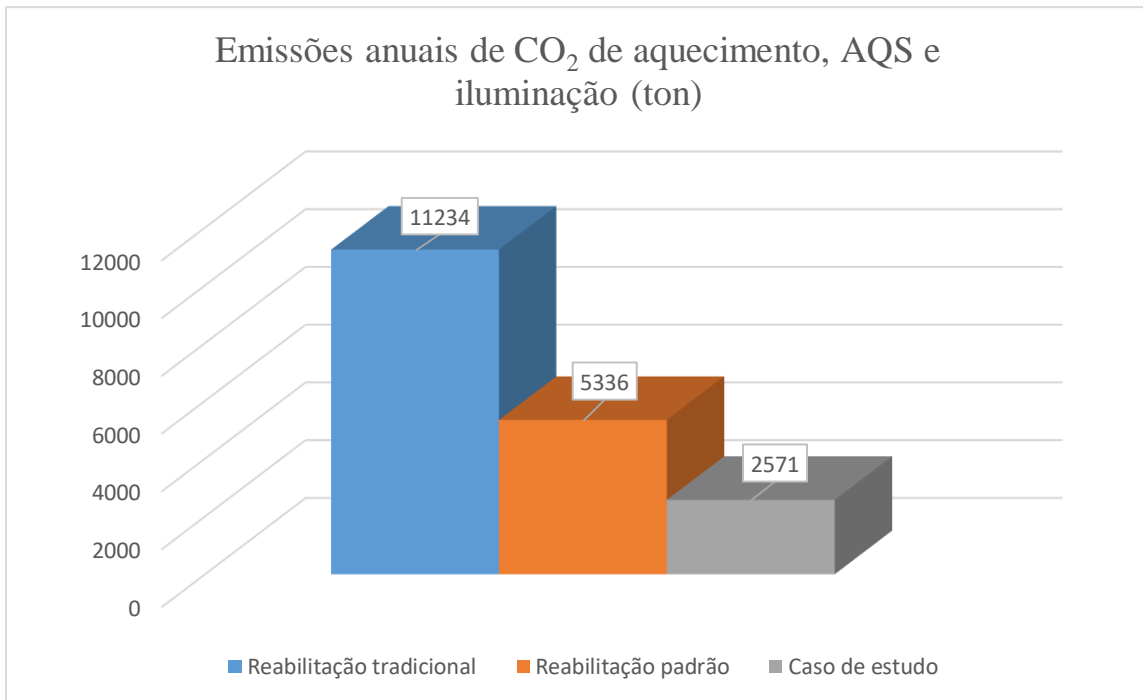


Figura 40: Emissões anuais de CO<sub>2</sub> de aquecimento, AQS e iluminação [5]

Analisando os resultados obtidos para os três cenários de reabilitação do mesmo edifício, a construção sustentável do caso de estudo emite menos 77% de CO<sub>2</sub> do que a reabilitação tradicional e menos 51% que a reabilitação padrão, o que contribui para a sustentabilidade da reabilitação do edifício em análise.

### 5.2.3. Custos anuais de AQS, aquecimento e manutenção

#### 5.2.3.1. Custo anual das águas quentes sanitárias

Através da energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de águas quentes sanitárias e que, de acordo com o descrito no Certificado Energético, totaliza 5.929 kWh anuais, para um total de necessidades energéticas de AQS de 7.726 kWh, serão necessários 1.797 kWh anuais utilizando como energia o gás natural. Tendo em conta em o kWh de gás natural custa 0,0537€ + IVA (Fonte: tarifário GalpOn) e que a

eficiência da caldeira é de 1,076, o custo anual de gás natural para complemento de AQS é de:

$1797 \text{ kWh} / 1,076 \text{ (eficiência da caldeira)} \times 0,0537\text{€} / \text{kWh} \times 1,23 \text{ (IVA)} = \underline{110,30\text{€ anuais}}$ .

Tal como no capítulo anterior, foram criados 2 cenários de reabilitação para o mesmo edifício, reabilitação padrão e tradicional, com a finalidade de comparar os custos anuais de aquecimento de águas sanitárias. No caso de estudo existem isolamentos térmicos e equipamentos eficientes, na reabilitação padrão existem isolamentos térmicos e equipamentos padrão (dados fornecidos pelo REH, 2013), enquanto que na reabilitação tradicional não existe isolamento térmico nem equipamentos eficientes.

A tabela 13 seguinte contém os custos anuais de águas quentes sanitárias para os vários tipos de reabilitação:

	<b>Caso de estudo</b>	<b>Padrão</b>	<b>Tradicional</b>
Equipamento	Caldeira (eficiência de 1,076)	Caldeira (eficiência de 0,870)	Cilindro (eficiência de 0,900)
Fonte de energia	Gás natural	Gás natural	Eletricidade
Custo anual	110,30€	394,34 €	1716,89€

Tabela 13: Custos anuais de águas quentes sanitárias

Na tabela 13 é possível observar que o custo do aquecimento das águas sanitárias para o caso de estudo é 357% menor que a reabilitação padrão e 1556% menor que a construção tradicional.

### 5.2.3.2. Custo anual do aquecimento do ambiente

Recorrendo às necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (disponível no certificado energético), ao custo da energia e eficiência dos equipamentos, quantificou-se os custos para aquecimento do caso de estudo:

$11.767 \text{ kWh} / 1,076 \text{ (eficiência da caldeira)} \times 0,0537\text{€} / \text{kWh} \times 1,23 \text{ (IVA)} = 722,30\text{€ anuais}$ .

Como no capítulo anterior, recorreu-se aos cenários de reabilitação criados de forma a comparar os custos anuais de aquecimento do ambiente.

A tabela 14 apresenta os custos anuais de aquecimento do ambiente, para os 3 cenários de reabilitação:

	<b>Caso de estudo</b>	<b>Padrão</b>	<b>Tradicional</b>
Equipamento	Caldeira (eficiência 1,076)	Caldeira (eficiência 0,870)	Aquecimento elétrico
Fonte de energia	Gás natural	Gás natural	Eletricidade
Custo anual	722,30€	2237,56€	6801,80€

Tabela 14: Custos anuais de aquecimento do ambiente

O custo do aquecimento do ambiente no caso de estudo é 309% menor que o aquecimento na reabilitação padrão e 941% menor que a reabilitação tradicional.

### 5.2.3.3. Custo anual de iluminação

Tal como na simulação efetuada no capítulo 5.2.1.3., através das potências por m<sup>2</sup> de iluminação e da área útil do edifício, foram quantificados os custos anuais de iluminação para cada cenário, tendo em conta que o kWh de eletricidade custa 0,135€ + IVA (Fonte: tarifário EDP).

Os custos anuais de iluminação foram calculados através da seguinte fórmula:

$$(W/m^2 \times \text{área útil} / 1000 \times \text{custo do kWh} + \text{IVA}) \times 12 \text{ horas} \times 365 \text{ dias} = \text{€/ano}$$

A tabela seguinte contém os custos anuais de iluminação para cada tipo de reabilitação:

	<b>Caso de estudo</b>	<b>Padrão</b>	<b>Tradicional</b>
Fonte energética	Auto produção energia	Eletricidade importada	Eletricidade importada
Potência por m <sup>2</sup>	1,5	4	12
Custo anual	0€	1160,77€	3482,31€

Tabela 15: Custo anual de iluminação

É de realçar que o custo anual de iluminação para o caso de estudo (iluminação diurna e equipamentos de trabalho) é nulo, tal deve-se à autoprodução de energia elétrica no edifício, que responde na totalidade às necessidades energéticas durante o dia, pelo que não é necessário importar eletricidade da rede, permitindo poupanças imediatas.

#### 5.2.3.4. Custo anual da manutenção

Em seguida, serão comparadas informações sobre as ações de manutenção do caso de estudo, um edifício sustentável, com ações de manutenção de um edifício de construção tradicional. Os dados foram obtidos através da ferramenta informática *Arquimedes*. Como as diferentes ações de manutenção possuem diferentes periodicidades, os custos foram reduzidos para base anual.

A Tabela 15 demonstra os custos associados às ações de manutenção necessárias para o bom funcionamento do edifício sustentável em análise.

Ação de manutenção	Periodicidade Manutenção (Anos)	Custo da ação (€/ano)
Pintura ferro exterior	3	450,13
Pintura madeira exterior	3	1028,43
Verniz nos pavimentos	10	167,83
Pintura de tetos e paredes	10	116,37
Coletor solar térmico	0.5	358,84
Sistema solar fotovoltaico	1	160,28
Troca de lâmpadas	5	159,60

Tabela 16: Ações da manutenção necessárias ao caso de estudo

Através da tabela anterior foi possível quantificar o custo anual de operação do caso de estudo, que é de 2.441,48 €/ano.

A Tabela 16 contém os custos associados às ações de manutenção para o bom funcionamento do edifício, caso fosse construído através de métodos tradicionais. [19]

<b>Ação de manutenção</b>	<b>Periodicidade Manutenção (Anos)</b>	<b>Custo da ação (€/ano)</b>
Pintura ferro exterior	3	450,13
Pintura madeira exterior	3	1467,43
Pintura madeira interior	3	559,42
Pintura de tetos e paredes	10	159,47
Pintura de fachadas	5	303,49
Cobertura	12	248,46
Troca de lâmpadas incandescentes	1	420,00
Caixilharias	5	233,78

Tabela 17: Ações de manutenção necessárias num edifício tradicional

Caso o edifício em estudo fosse construído através de métodos tradicionais, teria um custo anual de operação de 3.852,18 €/ano.

Assumindo que a vida útil do caso de estudo fosse de 40 anos, o custo de operação do edifício sustentável teria sido de 97.659,20€, enquanto que se o edifício fosse construído através de métodos tradicionais, o seu custo de operação teria sido 154.087,20€.



## **Capítulo VI – Conclusões**

### **6.1. Tema**

Com a presente dissertação pretendeu-se destacar a importância da Reabilitação Sustentável no panorama do setor da construção civil em Portugal. Ao sensibilizar todos os intervenientes no ato de construir, para a obtenção de uma construção refletida e sustentável, incentiva-se o desenvolvimento sustentável, permitindo num futuro mais próximo melhorar a qualidade de vida, resolvendo problemas atuais como o consumo desenfreado de combustíveis fósseis e recursos naturais, as incontornáveis alterações climáticas associadas a estes factos e os altos níveis de poluição ambiental.

Através de um estudo de caso prático, analisou-se os diversos parâmetros que influenciam a sustentabilidade de um edifício, como por exemplo os materiais utilizados e a sua correta gestão, a utilização de energias limpas e renováveis, a escolha por sistemas/materiais eficientes e com mínimas necessidades de ações de manutenção, isolamentos eficientes. Esta análise tinha como objetivo comprovar, através do caso de estudo, que a implementação de medidas sustentáveis numa obra de construção civil pode conduzir a proveitos ambientais, económicos e sociais.

### **6.2. Resposta aos objetivos**

Neste capítulo são enumerados e apresentadas as conclusões retiradas da elaboração do presente trabalho. O objetivo principal foi avaliar a repercussão que a construção sustentável tem na sustentabilidade ambiental, económica e social do património edificado. Além disso, para uma melhor compreensão de todo o processo construtivo, foi abordado um caso de estudo, para aplicar avaliar a sustentabilidade do mesmo.

As principais conclusões retiradas deste trabalho são as seguintes:

- Uma correta gestão do uso dos produtos da desconstrução previne o uso de novos materiais, reduzindo assim a energia incorporada na reabilitação do edifício. No caso de estudo, após o final do ciclo de vida, prevê-se a desconstrução de 163,2 toneladas, sendo que 63% corresponde a materiais reutilizáveis e 22% de materiais recicláveis;

- Os materiais com características sustentáveis constituem 21,5% das toneladas totais da reabilitação. Somando a este valor a percentagem de materiais reutilizáveis após a desconstrução, 36,7%, mostra que a maioria dos materiais utilizados na reabilitação do edifício são ambientalmente favoráveis;
- A seleção adequada dos materiais permite reduzir a energia incorporada nos materiais, associada à transportação dos mesmos. Os materiais utilizados na reabilitação do edifício, percorreram em média 24km, desde o local de fabrico até ao caso de estudo;
- A utilização do sistema solar fotovoltaico para produção de energia de autoconsumo, responde na totalidade às necessidades diurnas dos utilizadores. O rendimento máximo dos painéis solares (1500W) permite assegurar os consumos diurnos de energia (1355W). Mensalmente, dos 1500W disponíveis são aproveitados para autoconsumo 456,26 kWh, permitindo um retorno financeiro em cerca 4 anos e 2 meses;
- A eficiência dos equipamentos e corretos isolamentos resulta em menores custos associados à operação do edifício. O caso de estudo tem menos 309% de custos associados ao aquecimento do ambiente, comparado com a reabilitação padrão e menos 941% comparado com a construção tradicional. Em relação às AQS, o caso de estudo tem custos anuais 357% menores em comparação com a reabilitação padrão e 1556% menores em comparação com a construção tradicional;
- Com a preferência pelo aquecimento de águas sanitárias através de energia solar (77%), apenas 23% das AQS são alimentadas a gás natural, resulta em custos reduzidos, o que se deve ao facto de a energia solar ser gratuita;
- Considerando os consumos de energia da rede pública – eletricidade e gás natural – para aquecimento, águas quentes sanitárias e iluminação, a reabilitação através de métodos sustentáveis emite menos 77% de CO<sub>2</sub> quando comparado com a construção tradicional e 51% menos que a reabilitação padrão.
- A opção pelos materiais duráveis resulta em menores custos de manutenção comparando com uma reabilitação tradicional. Anualmente a manutenção do caso de estudo custa 2.441,48€, em contraste com os 3.852,18€/ano da manutenção tradicional.

Embora seja necessário um maior investimento, comparando com a construção tradicional, a construção sustentável gera custos operacionais inferiores, levando não

apenas ao rápido retorno financeiro do investimento inicial, como economia e eficiência durante toda a vida útil de um edifício sustentável. O desafio consiste em analisar os custos numa perspetiva equilibrada ao longo do ciclo de vida, e não pensa apenas no custo do investimento inicial.

A melhor forma de determinar a rentabilidade económica do processo de reabilitação sustentável é de calcular o período de retorno do investimento. Esse cálculo consiste na determinação dos custos a mais decorrentes da introdução das características de sustentabilidade na reabilitação, assim como das poupanças anuais em energia e em manutenção. Com estes dados é possível determinar qual o número de anos necessários para as poupanças serem equivalentes ao investimento, tendo em conta que, a partir desse ponto, todas as poupanças revertem exclusivamente a favor dos utentes da habitação.

De seguida apresenta-se a tabela 18 que resume as poupanças descritas no capítulo 5.2., cujos dados se encontram descritos no certificado energético da habitação, e que se sintetizam nos seguintes conceitos:

1) Energia consumida em aquecimento

O investimento para redução em energia de aquecimento traduz-se na colocação de isolamentos térmicos muito eficientes nas envolventes da construção. A soma das áreas das envolventes, conforme consta do certificado energético, é de 566,80 m<sup>2</sup>. Considera-se a mais valia em eficiência em relação a uma reabilitação de acordo com as espessuras mínimas isolamento térmicos se traduz num custo a mais de 3,00€ / m<sup>2</sup>, enquanto que a mais valia de eficiência em relação a uma construção tradicional se traduz num custo a mais de 9,00€ / m<sup>2</sup>;

O investimento para redução em energia de aquecimento traduz-se na colocação de vidros duplos muito eficientes nas caixilharias da habitação. A soma das áreas das caixilharias conforme consta do certificado energético, é de 59,30 m<sup>2</sup>. Considera-se a mais valia em eficiência em relação a uma reabilitação de acordo com as espessuras mínimas regulamentares do vidro duplo não tem custos, pois o vidro duplo com caixa-de-ar de 16mm possui o mesmo custo de um vidro duplo com 6 mm de caixa-de-ar, enquanto que a mais valia de eficiência do vidro duplo em relação a um vidro simples da construção tradicional se traduz num custo a mais de 35,00€ / m<sup>2</sup>;

Esse investimento também se traduz na aquisição de uma caldeira de condensação, já descrita anteriormente. Considera-se a mais valia em eficiência em relação a uma caldeira

de acordo com os requisitos mínimos se traduz num custo a mais de 800,00€, enquanto que a mais valia de eficiência em relação a uma caldeira usada se traduz num custo a mais de 1.700,00€.

### 2) Energia consumida para aquecimento de águas sanitárias

O investimento para captação de energia solar para AQS traduz na aquisição de coletores de elevado rendimento, assim como de acumulador de elevada capacidade, com isolamento térmico de 100 mm e dupla serpentina. Considera-se que a mais valia em custo para uma reabilitação com os requisitos mínimos é de 1.420,00€ e a mais valia de custo para uma construção tradicional é de 6.500,00€.

### 3) Energia consumida em eletricidade

O investimento para a instalação do sistema solar fotovoltaico foi de 4.500,00€, pelo que este custo constitui a mais valia tanto em relação à reabilitação com os requisitos mínimos, como em relação à construção tradicional, dado que nenhuma delas prevê a autoprodução de energia elétrica.

Os valores de custo apresentados foram retirados dos documentos da empreitada de construção.

Com os cálculos apresentados, é possível apresentar, na Tabela 18, por tipo de consumo, o valor global do investimento a mais tanto em relação à reabilitação com requisitos mínimos como em relação à construção tradicional. Na coluna seguinte apresenta-se a diminuição do consumo anual para cada uma das situações e, na última coluna, o número de anos até a poupança igualar o investimento.

	Reabilitação padrão			Reabilitação tradicional		
	MVE (€)	DCA (€)	RF (anos)	MVE (€)	DCA (€)	RF (anos)
<b>Aquecimento ambiente</b>	2.500,40	1.515,26	1,6	8.876,70	6.079,50	1,5
<b>AQS</b>	1.420,00	284,00	5,0	6.500,00	1.606,5	4
<b>Iluminação</b>	4.500,00	1.160,77	3,9	4.500,00	3.482,31	1,3
	8.420,40	2.960,40	2,8	19.876,70	11.168,40	1,8

Tabela 18: Retornos financeiros dos investimentos

Legenda:

MVE – mais valia económica (€)

DCA – diminuição do custo anual (€)

RF – retorno financeiro (anos)

O retorno financeiro do investimento para a reabilitação sustentável do caso de estudo é de 2,8 anos, por comparação com a reabilitação com requisitos mínimos, e 1,8 anos por comparação com a reabilitação tradicional.

Os resultados demonstram que o período de retorno é baixo, e proporciona uma forte redução de consumos, assim como de emissões, durante o período de vida da construção.

### **6.3. Limitações do estudo**

Este trabalho pretendeu contribuir para uma melhor compreensão das dificuldades inerentes à construção sustentável. Pretendeu-se dar uma visão global do setor e de todo o processo da construção de um edifício sustentável, compreendendo a diversidade das condicionantes que a sustentabilidade de um edifício implica.

Dado tratar-se de um estudo de caso, as conclusões apresentadas representam apenas a realidade da construção especificamente estudada, sendo impossível, estender ou generalizar para toda a construção sustentável. Ou seja, as presentes conclusões aplicam-se exclusivamente ao edifício estudado, sendo que, para outro edifício, outros resultados surgirão.

### **6.4. Orientações para futuras investigações**

Com a redução dos recursos naturais disponíveis, a exigida durabilidade do parque edificado em paralelo com a necessidade de uma maior eficiência energética e a incontornável necessidade de desenvolver novas formas e modelos construtivos sustentáveis, torna-se fundamental seguir o caminho das políticas do desenvolvimento sustentável.

Atualmente ainda existe um longo caminho a percorrer para contribuir para a melhoria da sustentabilidade na indústria da construção civil em Portugal.

Tendo em consideração as atuais preocupações ambientais e económicas, considera-se pertinente que futuras investigações abordem os seguintes temas:

- Contabilizar os benefícios do aproveitamento da água da chuva;
- As energias renováveis aliadas à construção sustentável;
- Cálculo do retorno financeiro do investimento inicial, de um edifício sustentável, através do recurso a energias renováveis.
- Criação de metodologia para a avaliação da sustentabilidade de edifícios habitacionais.

## Referencias bibliográficas

- [1] Amado, M., Pinto, A., Alcaface, A., Ramalhe, I. (2015). *Construção Sustentável Conceito e Prática*. Caleidoscópio, Lisboa. ISBN 978-989-658-324-8.
- [2] Andrade, A. (2013). *Integração da análise ciclo de vida nas práticas de projetos de edifícios*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto
- [3] APA. (2014). *Resíduos de construção e demolição*. Lisboa. APA – Agencia Portuguesa do Ambiente.
- [4] Augusto, C. (2011). *A metodologia da avaliação do ciclo de vida na definição de critérios de sustentabilidade em edifícios*. Universidade Lusíada. ISBN 978-989-640-086-6.
- [5] Coimbra, J. (2017). *Enginnering students perceptions of sustainability in the rehabilitation of buildings: a case study*. Universidade Fernando Pessoa, Porto.
- [6] DGEG. (2013) Direção-Geral da Energia e Geologia, Despacho nº 15793-D / 2013 de 3 de dezembro. Portugal.
- [7] Dias, M., Gontijo, L. (2011). *Método permatus para a seleção de materiais*. Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção e Consolidação do Brasil no Cenário Economico Mundial. Belo Horizonte, Brasil.
- [8] Fernandes, A. (2015). *Lean Construction e Construção Sustentável – Um estudo de caso*. Universidade Fernando Pessoa. Porto.
- [9] Instituto Nacional de Estatística. (2016). *Estatísticas da Construção e Habitação 2015*. ISBN 978-989-25-0357-8.
- [10] Mateus, R. (2004). *Novas Tecnologias Construtivas com vista à Sustentabilidade da Construção*. Universidade do Minho.
- [11] Mateus, R., Bragança, L. (2004). *Avaliação da Sustentabilidade da Construção: desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas*. Congresso sobre construção sustentável. Leça da Palmeira, Ordem dos Engenheiros.

- [12] Nour, A. (2003). *Manutenção de edifícios – diretrizes para elaboração de um sistema de manutenção de edifícios comerciais e residenciais*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- [13] Pereira, C. (2015). *Variação de custos e prazos em reabilitação de edifício de habitação no centro histórico do Porto*. Universidade Fernando Pessoa, Porto.
- [14] Pinheiro, M. (2006). *Ambiente e Construção sustentável*. Amadora. Instituto do Ambiente. ISBN 972-8577-32-X.
- [15] REH (2013). Regulamento dos Edifícios de Habitação. Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto. Portugal.
- [16] Soares, E. (2003). *Metodologia científica: Lógica, epistemologia e normas*. Editora Atlas. ISBN 9788522433773.
- [17] Sobrinho, C. (2008). *Desenvolvimento sustentável: uma análise a partir do Relatório Brundtland*. Campus de Marília. São Paulo, Brasil.
- [18] Torgal, F., Jalali, S. (2007). *Construção Sustentável – o caso dos materiais de construção*. Congresso da Construção. Universidade de Coimbra. Coimbra.
- [19] Torgal, F., Jalali, S. (2010). *Toxicidade de materiais de construção: uma questão incontornável na construção sustentável*. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- [20] Venâncio, H. (2010). *Minha casa sustentável – Guia para uma construção residencial responsável*. Gráfica e Editora GSA. Vila Velha, Brasil.

## **Anexo I - Plantas e alçado do caso de estudo**

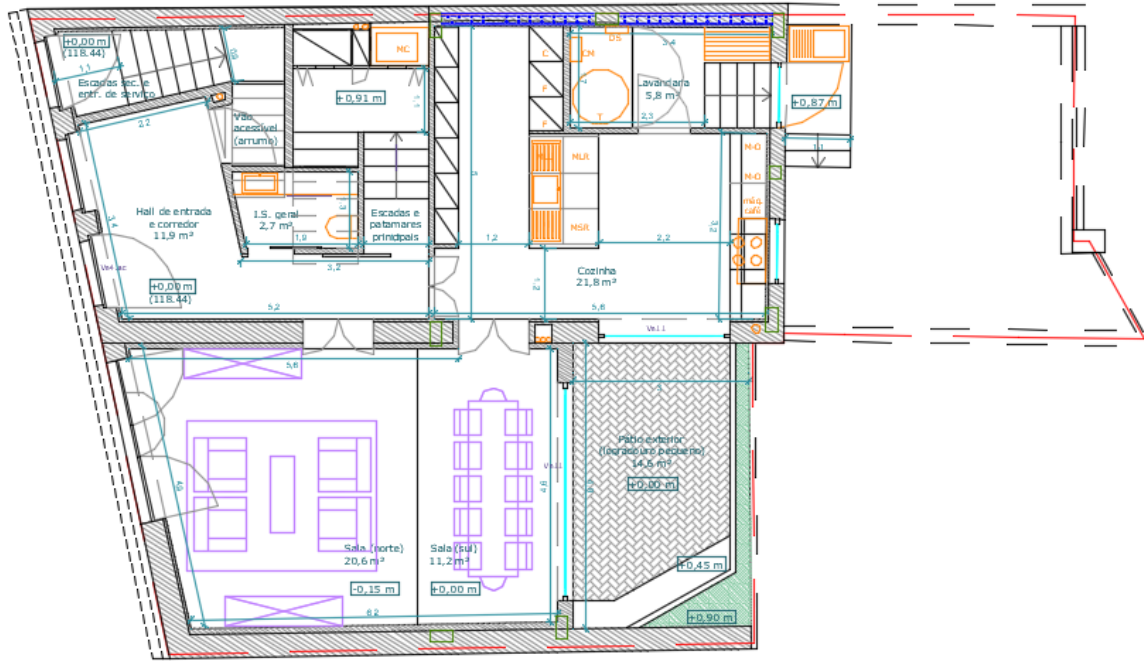


Figura 1 - Planta de Rés-do-chão

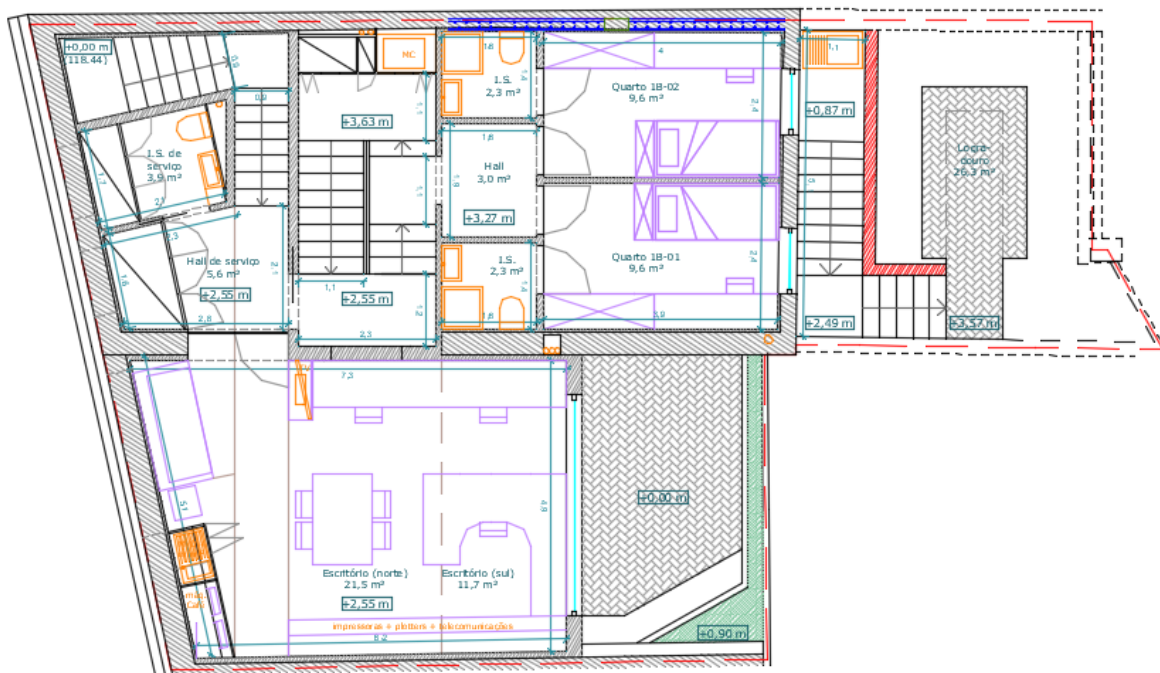


Figura 2 - Planta do 1º piso



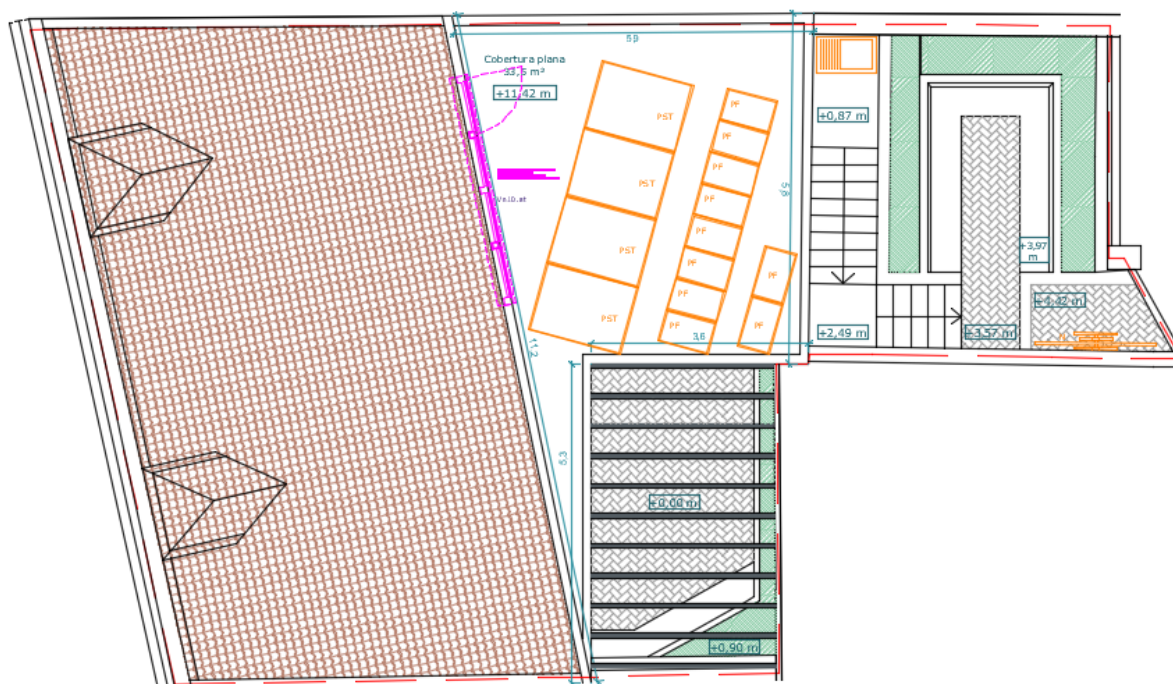


Figura 5 - Planta da cobertura



Figura 6 - Alçado principal

## **Anexo II – Certificado energético**



**IDENTIFICAÇÃO POSTAL**

Morada R IGREJA DE PARANHOS, 56-62  
Localidade PORTO  
Freguesia PARANHOS  
Concelho PORTO  
GPS 41.170165, -8.607168

**IDENTIFICAÇÃO PREDIAL/FISCAL**

Conservatória do Registo Predial de PORTO  
Nº de Inscrição na Conservatória 1678  
Artigo Matricial nº 2448  
Fração Autónoma

**INFORMAÇÃO ADICIONAL**

Área útil de Pavimento 340,09 m²

Este certificado apresenta a classificação energética deste edifício ou fração. Esta classificação é calculada comparando o desempenho energético deste edifício nas condições atuais, com o desempenho que este obteria nas condições mínimas (com base em valores de referência ou requisitos aplicáveis para o ano assinalado) a que estão obrigados os edifícios novos. Saiba mais no site da ADENE em [www.adene.pt](http://www.adene.pt)

**INDICADORES DE DESEMPENHO**

Determinam a classe energética do edifício e a eficiência na utilização de energia, incluindo o contributo de fontes renováveis. São apresentados comparativamente a um valor de referência e calculados em condições padrão.

	<b>Aquecimento Ambiente</b>
Referência:	51 kWh/m².ano
Edifício:	30 kWh/m².ano
Renovável	2,1 %

**44% MAIS eficiente**  
que a referência

	<b>Arrefecimento Ambiente</b>
Referência:	3,3 kWh/m².ano
Edifício:	4,0 kWh/m².ano
Renovável	5,0 %

**16% MENOS eficiente**  
que a referência

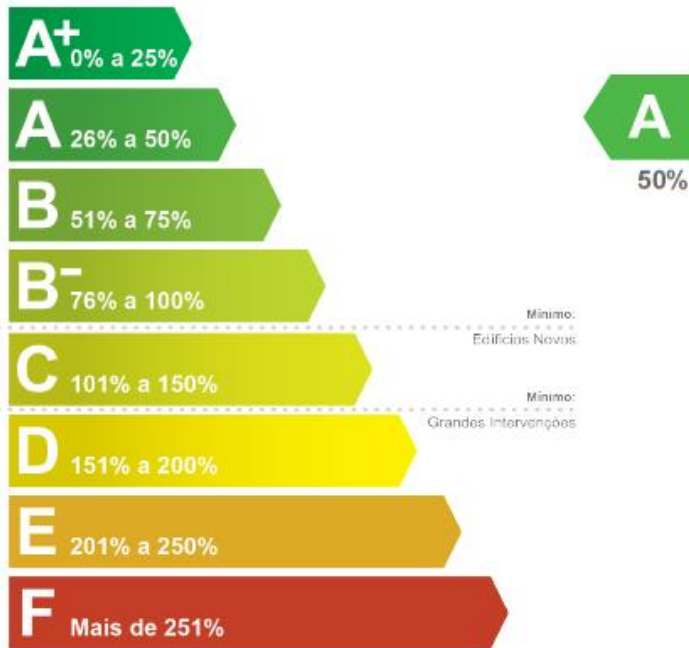
	<b>Água Quente Sanitária</b>
Referência:	26 kWh/m².ano
Edifício:	22 kWh/m².ano
Renovável	78 %

**81% MAIS eficiente**  
que a referência

**CLASSE ENERGÉTICA**

Mais eficiente

Julho 2006 **Dezembro 2013** Jan. 2016



**ENERGIA RENOVÁVEL**

Contributo de energia renovável no consumo de energia deste edifício.



**EMISSIONES DE CO<sub>2</sub>**

Emissões de CO<sub>2</sub> estimadas devido ao consumo de energia.





## Certificado Energético

Edifício de Habitação  
SCE139921025



### DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRAÇÃO

Grande reabilitação de Edifício habitacional localizado no interior de uma zona urbana do concelho do Porto (região NUTS III – Grande Porto, região A, rugosidade I), a uma altitude de 134m, com uma distância ao mar superior a 5,0km. A moradia está inserida numa zona sem obstáculos de sombreamento significativos e tem como fachadas exteriores voltadas a Noroeste (fachada principal), Sudeste, Este e Oeste. A moradia, de tipologia T12, é constituída por quatro pisos, sendo o piso do r/chão constituído por hall de entrada, hall de serviço, wc de serviço, cozinha, lavandaria e sala de refeições, no piso do 1º andar por hall de serviço, sala de estar, hall, dois quartos e dois wc's, no piso do 2º andar por hall, cinco quartos e cinco wc's e no 3º andar por hall, cinco quartos e cinco wc's, num total de 340,09m² de área útil. Como envolvente vertical exterior possui paredes exteriores em contato com exterior e como envolventes horizontais exteriores possui cobertura exterior inclinada em contato com exterior e cobertura exterior plana em contato com exterior. Como envolvente horizontal interior possui pavimento interior em contato com ENU – lavandaria e como envolvente vertical interior possui parede interior em contato com ENU – lavandaria e edifício adjacente. Apresenta inércia térmica forte e a ventilação processa-se de forma natural. Como sistema de aquecimento ambiente possui aquecimento central em toda a fração com apoio de uma caldeira mural a gás propano. Para arrefecimento ambiente não se encontram instalados quaisquer equipamentos. No compartimento sala de estar existe ainda um sistema de ar condicionado inverter com COP 3,61 e EER 3,60. Para produção de águas quentes sanitárias, recorre-se à caldeira mural com eficiência de 107,6%, com acumulação de 750 litros e de apoio aos quatro coletores solares instalados na cobertura plana do edifício de marca Baxi-roca Sol 250.

### COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DA HABITAÇÃO

Descreve e classifica o comportamento térmico dos elementos construtivos mais representativos desta habitação. Uma classificação de 5 estrelas, expressa a referência adequada para esses elementos, tendo em conta, entre outros factores, as condições climáticas onde o edifício se localiza.

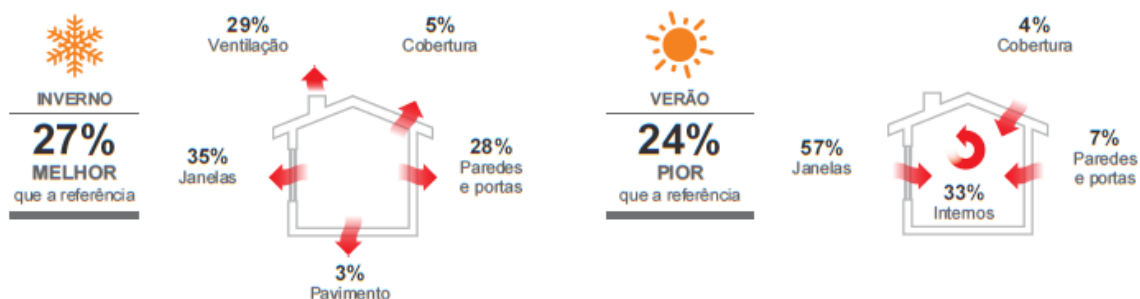
Tipo	* Descrição das Principais Soluções	* Classificação
PAREDES	Parede simples com isolamento térmico pelo exterior	★★★★☆
	Parede simples com isolamento térmico pelo interior	★★★★☆
COBERTURAS	Cobertura inclinada com isolamento nas vertentes inclinadas	★★★★★
	Cobertura horizontal com isolamento térmico pelo exterior	★★★★★
PAVIMENTOS	Pavimento em contacto com o solo com isolamento térmico	★★★★★
	Pavimento sem isolamento térmico	★★★★★
JANELAS	Janela Simples com Caixilharia metálica sem corte térmico com vidro duplo e com proteção solar pelo interior	★★★★☆
	Janela Simples com Caixilharia de madeira com vidro duplo e com proteção solar pelo interior	★★★★★

A classificação de janelas, inclui o contributo de eventuais dispositivos de oclusão noturna.

Pior:☆☆☆☆☆  
Melhor:★★★★★

### PERDAS E GANHOS DE CALOR DA HABITAÇÃO

Os elementos construtivos contribuem para o consumo de energia associado à climatização e para o conforto na habitação. A informação apresentada, indica o contributo desses elementos, bem como, os locais onde ocorrem perdas e ganhos de calor.



Entidade Gestora



Entidade Fiscalizadora





## Certificado Energético

Edifício de Habitação  
SCE139921025



### PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA

Não foram identificadas medidas de melhoria.

Pese embora se tenha identificado potencial de melhoria, não são propostas quaisquer medidas de melhoria, por via da existência de constrangimentos de natureza técnica ou funcional decorrentes da sua implementação

### CONJUNTO DE MEDIDAS DE MELHORIA

Não foram identificadas medidas de melhoria.

### RECOMENDAÇÕES SOBRE SISTEMAS TÉCNICOS

Os sistemas técnicos dos edifícios de habitação, com especial relevância para os equipamentos responsáveis pela produção de águas quentes sanitárias, aquecimento e arrefecimento são determinantes no consumo de energia. Face a essa importância é essencial que sejam promovidas, com regularidade, ações que assegurem o correto funcionamento desses equipamentos, especialmente em sistemas com caldeiras que produzam água quente sanitária e/ou aquecimento, bem como sistemas de ar condicionado. Neste sentido, é recomendável que sejam realizadas ações de manutenção e inspeção regulares a esses sistemas, por técnicos qualificados. Estas ações contribuem para manter os sistemas regulados de acordo com as suas especificações, garantir a segurança e o funcionamento otimizado do ponto de vista energético e ambiental.

Nas situações de aquisição de novos equipamentos ou de substituição dos atuais, deverá obter, através de um técnico qualificado, informação sobre o dimensionamento e características adequadas em função das necessidades. A escolha correta de um equipamento permitirá otimizar os custos energéticos e de manutenção durante a vida útil do mesmo.

Estas recomendações foram produzidas pela ADENE - Agência para a energia. Caso necessite de obter mais informações sobre como melhorar o desempenho dos seus equipamentos, contacte esta agência ou um técnico qualificado.

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direcção Geral  
de Energia e Geologia

3 de 10



Certificação Energética  
e Ar Interior  
EDIFÍCIOS

**Certificado Energético**  
Edifício de Habitação  
SCE139921025



#### DEFINIÇÕES

**Energia Renovável** - Energia proveniente de recursos naturais renováveis como o sol, vento, água, biomassa, geotermia entre outras, cuja utilização para suprimento dos diversos usos no edifício contribui para a redução do consumo de energia fóssil deste.

**Emissões CO<sub>2</sub>** - Indicador que traduz a quantidade de gases de efeito de estufa libertados para a atmosfera em resultado do consumo de energia nos diversos usos considerados no edifício.

**Valores de Referência** - Valores que expressam o desempenho energético dos elementos construtivos ou sistemas técnicos e que conduzem ao cenário de referência determinado para efeito de comparação com o edifício real.

**Condições Padrão** - Condições consideradas na avaliação do desempenho energético do edifício, admitindo-se para este efeito, uma temperatura interior de 18°C na estação de aquecimento e 25°C na estação de arrefecimento, bem como o aquecimento de uma determinada quantidade de água quente sanitária, em função da tipologia da habitação.

#### INFORMAÇÃO ADICIONAL

Tipo de Certificado Grande Intervenção

Nome do PQ JOSÉ PAULO TAVARES COIMBRA

Número do PQ PQ00450

Data de Emissão 16/01/2017

Nº do Documento Anterior SCE0000115431419

Morada Alternativa R IGREJA DE PARANHOS, 56-62,



Distribuição de classes energéticas relativas aos certificados emitidos no período compreendido entre dez-2013 a ago-2017 e respeitantes aos edifícios de tipologia habitação.

#### NOTAS E OBSERVAÇÕES

A classe energética foi determinada com base na comparação do desempenho energético do edifício nas condições em que este se encontra, face ao desempenho que o mesmo teria com uma envolvente e sistemas técnicos de referência. Considera-se que os edifícios devem garantir as condições de conforto dos ocupantes, pelo que, caso não existam sistemas de climatização no edifício/fração, assume-se a sua existência por forma a permitir comparações objetivas entre edifícios.

Os consumos efetivos do edifício/fração podem divergir dos consumos previstos neste certificado, pois dependem da ocupação e padrões de comportamento dos utilizadores.

Foi fornecida a Certidão da Conservatória de Registo Predial e a Cademeta Predial, tendo sido determinada a idade da construção por estes documentos e pela observação da construção, em face da vistoria. Os valores utilizados para os coeficientes de transmissão térmica foram retirados do ITE50 e dos dados técnicos dos equipamentos. Os valores de eficiência foram retirados do DL 118/2013 e dos dados técnicos dos equipamentos.

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direção Geral  
de Energia e Geologia

4 de 10



## Certificado Energético

Edifício de Habitação  
SCE139921025



Esta secção do certificado energético apresenta, em detalhe, os elementos considerados pelo Perito Qualificado no processo de certificação do edifício/fração. Esta informação encontra-se desagregada entre os principais indicadores energéticos e dados climáticos relativos ao local do edifício, bem como as soluções construtivas e sistemas técnicos identificados em projeto e/ou durante a visita ao imóvel. As soluções construtivas e sistemas técnicos encontram-se caracterizados tendo por base a melhor informação recolhida pelo Perito Qualificado e apresentam uma indicação dos valores referenciais ou limites admissíveis (quando aplicáveis).

RESUMO DOS PRINCIPAIS INDICADORES			DADOS CLIMÁTICOS	
Sigla	Descrição	Valor / Referência	Descrição	Valor
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	34,6 / 47,7	Altitude	134 m
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	11,3 / 9,1	Graus-dia (18° C)	1314
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	7.726,0 / 7.726,0	Temperatura média exterior (I / V)	9,6 / 20,9 °C
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,0	Zona Climática de inverno	I2
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	6.936,0 / 4.867,0*	Zona Climática de verão	V2
Eren, ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)	0,0	Duração da estação de aquecimento	6,3 meses
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	43,8 / 88,2	Duração da estação de arrefecimento	4,0 meses

\* respeitante à contribuição mínima a que estão sujeitos os edifícios novos ou grandes intervenções, quando aplicável

### PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m <sup>2</sup> ]	Coeficiente de Transmissão Térmica* [W/m <sup>2</sup> .°C]		
		Solução	Referência	Máximo
<p><b>Paredes</b></p> <p>Parede exterior em alvenaria simples, constituída por (do exterior para o interior), painel sandwich de cor escura com 4,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,021W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica de 42kg/m<sup>3</sup>; telas de impermeabilização com 0,5cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,23W/m.°C e massa volúmica de 1050kg/m<sup>3</sup>; parede simples de betão amado com 20,0cm de espessura, com resistência térmica de 2,50m<sup>2</sup>.°C/W e massa volúmica de 2500kg/m<sup>3</sup>; placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica aparente seca de 900kg/m<sup>3</sup> e revestimento interior em placas de contraplacado com 2,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,13W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica de 500kg/m<sup>3</sup>.</p>	<p>14 21</p>	0,42 ★★★★☆	0,40	1,60
<p>Parede interior para a lavandaria constituída por (do interior útil para o ENU) parede simples de betão com 12,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 2,50W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica de 2500kg/m<sup>3</sup>; isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 4cm de espessura, com resistência térmica de 0,037m<sup>2</sup>.°C/W e massa volúmica de 32kg/m<sup>3</sup>; revestimento interior em painéis de MDF com 1,2cm de espessura com massa volúmica de 800 kg/m<sup>3</sup> e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,18 W/m<sup>2</sup>.°C.</p>	12,5	0,49 ★★★★☆	0,80	2,00
<p>Parede de empena lateral em alvenaria simples de granito, constituída por (do exterior para o interior), alvenaria simples de granito com 30,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 2,80W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica de 2600kg/m<sup>3</sup>; reboco térmico ISODUR com 3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,09W/m.°C e massa volúmica de 350kg/m<sup>3</sup>; e revestimento interior em argamassa de cal hidráulica com 1,5cm de espessura, com condutibilidade térmica de 1,30W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica de 1900kg/m<sup>3</sup>.</p>	37,6	1,40 ★☆☆☆☆	0,80	2,00

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Parede exterior em alvenaria simples de cor clara, constituída por (do exterior para o interior), argamassa de reboco de impermeabilização com 1,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 1,30W/m2.°C e massa volúmica de 1900kg/m3; isolamento térmico tipo "capotto" com placas de poliestireno EPS com 6,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,040W/m.°C; alvenaria simples de granito com 30,0cm de espessura, com resistência térmica de 2,80m2.°C/W e massa volúmica de 2600kg/m3; placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25W/m2.°C e massa volúmica aparente seca de 900kg/m3 e revestimento interior em placas de contraplacado com 2,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,13W/m2.°C e massa volúmica de 500kg/m3.



0,47      0,40      -  
★★★★☆

Parede exterior simples de cor clara, constituída por (do exterior para o interior), reboco com 1,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 1,30W/m2.°C e massa volúmica de 1900kg/m3; isolamento térmico com placas de poliestireno EPS com 5,0cm de espessura, com resistência térmica de 0,04m2.°C/W e massa volúmica de 32kg/m3; bloco térmico com 15,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,26W/m.°C e massa volúmica de 925kg/m3; placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25W/m2.°C e massa volúmica aparente seca de 900kg/m3; e revestimento interior em placas de contraplacado com 2,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,13W/m2.°C e massa volúmica de 500kg/m3.



0,45      0,40      -  
★★★★☆

Parede exterior em alvenaria simples, constituída por (do exterior para o interior), revestimento cerâmico com 1,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 1,30 W/m2.°C e massa volúmica de 2300kg/m3; reboco com 1,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 1,30W/m2.°C e massa volúmica de 1900kg/m3; alvenaria simples de granito com 40cm de espessura com condutibilidade térmica de 2,80 W/m.°C e massa volúmica de 2600kg/m3; reboco térmico projetado ISODUR com 3,0cm de espessura, com resistência térmica de 0,09 m2.°C/W e massa volúmica de 350kg/m3 e acabamento interior em argamassa de cal hidráulica com 1,5cm de espessura, com massa volúmica de 1900 kg/m3 e condutibilidade térmica de 1,30 W/m2.°C.



1,49      0,40      1,60  
★☆☆☆☆

Parede exterior em alvenaria simples de cor clara, constituída por (do exterior para o interior), revestimento cerâmico com 1,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 1,30W/m2.°C e massa volúmica de 2300kg/m3; reboco com 1,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 1,30W/m2.°C e massa volúmica de 1900kg/m3; alvenaria simples de granito com 40,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 2,80W/m.°C e massa volúmica de 2600kg/m3; isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 4,0cm de espessura, com resistência térmica de 0,037m2.°C/W e massa volúmica de 32kg/m3; placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25W/m2.°C e massa volúmica aparente seca de 900kg/m3; placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25W/m2.°C e massa volúmica aparente seca de 900kg/m3 e revestimento interior em MDF pintado com 1,2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,18W/m2.°C e massa volúmica de 800kg/m3.



0,63      0,40      1,60  
★★★★☆

Parede exterior simples de cor clara, constituída por (do exterior para o interior), ardósia com 3,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 2,20W/m2.°C e massa volúmica de 2400kg/m3; placas de Viroc com 1,2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,22W/m.°C e massa volúmica de 1400kg/m3; isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 4,0cm de espessura, com resistência térmica de 0,037m2.°C/W e massa volúmica de 32kg/m3; placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25W/m2.°C e massa volúmica aparente seca de 900kg/m3 e revestimento interior em MDF pintado com 1,2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,18W/m2.°C e massa volúmica de 800kg/m3.



0,64      0,40      1,60  
★★★★☆

Parede de empena lateral em alvenaria simples, constituída por (do exterior para o interior), bloco térmico com 15,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,26W/m2.°C e massa volúmica de 925kg/m3; isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 4cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,037W/m.°C e massa volúmica de 32kg/m3; placa de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25W/m.°C e massa volúmica de 900kg/m3 e revestimento interior em MDF pintado com 1,2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,18W/m2.°C e massa volúmica aparente seca de 800kg/m3.

30,3

0,49      0,80      2,00  
★★★★☆

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direcção Geral  
de Energia e Geologia

6 de 10

Parede de empena lateral em alvenaria simples, constituída por (do exterior para o interior), bloco térmico com 15,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,26W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica de 925kg/m<sup>3</sup>; isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 4cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,037W/m.°C e massa volúmica de 32kg/m<sup>3</sup>; placa de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25W/m.°C e massa volúmica de 900kg/m<sup>3</sup> e revestimento interior em contraplacado lacado com 2,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,13W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica aparente seca de 500kg/m<sup>3</sup>.

15,7      0,47      0,80      2,00  
★★★★☆

Parede de empena lateral de alvenaria simples de granito, constituída por (do exterior para o interior), alvenaria em granito com 30,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 2,80W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica de 2600kg/m<sup>3</sup>; isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 4cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,037W/m.°C e massa volúmica de 32kg/m<sup>3</sup>; placa de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25W/m.°C e massa volúmica de 900kg/m<sup>3</sup> e revestimento interior em MDF pintado com 1,2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,18W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica aparente seca de 800kg/m<sup>3</sup>.

46,5      0,64      0,80      2,00  
★★★★☆

Parede de empena lateral de alvenaria simples de granito, constituída por (do exterior para o interior), alvenaria em granito com 30,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 2,80W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica de 2600kg/m<sup>3</sup>; isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 4cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,037W/m.°C e massa volúmica de 32kg/m<sup>3</sup>; placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica aparente seca de 900kg/m<sup>3</sup>; e revestimento interior em placas de contraplacado com 2,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,13W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica aparente seca de 500kg/m<sup>3</sup>.

42,1      0,60      0,80      2,00  
★★★★☆

#### Coberturas

Cobertura exterior inclinada, constituída por (do espaço exterior para o espaço útil), telha cerâmica tipo "Marselha" com 3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,50W/m.°C e massa volúmica de 1300 kg/m<sup>3</sup>, subtelha tipo "Onduline" em PVC com 0,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,17W/m.°C, com massa volúmica de 1390 kg/m<sup>3</sup>; isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 8cm de espessura, com coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037W/m.°C e massa volúmica de 32kg/m<sup>3</sup>; laje inclinada em estrutura metálica com 15cm de espessura, com resistência térmica em fluxo ascendente de 0,13m<sup>2</sup>.°C/W, com massa volúmica de 2500kg/m<sup>3</sup> e acabamento final com forra de OSB com 2,2cm de espessura, com massa volúmica de 650kg/m<sup>3</sup> e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,18 W/m.°C.

78,7      0,35      0,35      1,00  
★★★★★

Cobertura exterior plana de cor clara, constituída por godo com 5cm de espessura média, condutibilidade térmica de 1,50W/m.°C e massa volúmica de 1700kg/m<sup>3</sup>, filme geotêxtil com 0,3cm de espessura, condutibilidade térmica de 0,22W/m.°C e massa volúmica de 910kg/m<sup>3</sup>; telas de impermeabilização com 0,5cm, condutibilidade térmica de 0,23W/m.°C e massa volúmica de 1050kg/m<sup>3</sup>, isolamento térmico com placas de poliestireno XPS com 8cm, condutibilidade térmica de 0,037W/m.°C e massa volúmica de 32kg/m<sup>3</sup>; betonilha de regularização com pendente com 6cm, condutibilidade térmica de 1,30W/m.°C e massa volúmica de 1900kg/m<sup>3</sup>, laje aligeirada de vigotas e abobadilhas cerâmicas com 15cm, resistência térmica em fluxo ascendente de 0,13m<sup>2</sup>.°C/W, com massa volúmica de 2500kg/m<sup>3</sup> e acabamento com tecto falso estanque com caixa-de-ar com 15cm, com resistência térmica de 0,18 W/m.°C e placas de gesso cartonado com 1,3cm, massa volúmica de 900kg/m<sup>3</sup> e condutibilidade térmica de 0,25 W/m.°C.

30,5      0,36      0,35      -  
★★★★★

#### Pavimentos

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direcção Geral  
de Energia e Geologia

7 de 10



Certificação Energética  
e Ar Interior  
EDIFÍCIOS

**Certificado Energético**  
Edifício de Habitação  
SCE139921025



Pavimento térreo constituído por manta geotêxtil com 0,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,22W/m.°C e massa volúmica de 910kg/m<sup>3</sup>; caixa de brita com 10cm de espessura, com condutibilidade térmica de 2,00W/m.°C e massa volúmica de 1900kg/m<sup>3</sup>; massame de betão com 10cm de espessura, com condutibilidade térmica de 2,00W/m.°C e massa volúmica de 250kg/m<sup>3</sup>; manta "impactodan" com 0,1cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,04W/m.°C e massa volúmica de 25kg/m<sup>3</sup>; 4cm de isolamento térmico em poliestireno extrudido (XPS) com condutibilidade térmica de 0,037 W/m.°C e massa volúmica de 32kg/m<sup>3</sup>; betonilha de regularização com 5cm de espessura com condutibilidade térmica de 1,30W/m.°C e massa volúmica de 1900kg/m<sup>3</sup> e revestimento interior em ardósia com 3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 2,20W/m.°C e massa volúmica de 2400kg/m<sup>3</sup>.

59,1      0,31      0,50      -  
\*\*\*\*\*

Pavimento interior sob espaço não útil (pavimento do piso da moradia, sobre ENU – lavandaria) constituído por (do espaço útil para o espaço não útil), pavimento em PVC com 0,2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,17W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica de 1390 kg/m<sup>3</sup>, forra de OSB com 2,2cm de espessura, com massa volúmica de 650kg/m<sup>3</sup>; manta "Impactodan" com 1,0cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,040W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica de 25kg/m<sup>3</sup>; sobre laje em estrutura de madeira com 15,0cm de espessura, com acabamento inferior em tecto falso estanque com caixa-de-ar com 10cm de espessura com isolamento térmico de lã de mineral com véu negro com 6cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,040W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica de 70kg/m<sup>3</sup> sobre placas de gesso cartonado com 1,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,25W/m<sup>2</sup>.°C e massa volúmica de 900kg/m<sup>3</sup>.

6,0      0,31      0,70      1,30  
\*\*\*\*\*

Pavimento térreo constituído por manta geotêxtil com 0,3cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,22W/m.°C e massa volúmica de 910kg/m<sup>3</sup>; caixa de brita com 10cm de espessura, com condutibilidade térmica de 2,00W/m.°C e massa volúmica de 1900kg/m<sup>3</sup>; massame de betão com 10cm de espessura, com condutibilidade térmica de 2,00W/m.°C e massa volúmica de 250kg/m<sup>3</sup>; manta "impactodan" com 0,1cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,04W/m.°C e massa volúmica de 25kg/m<sup>3</sup>; caixa-de-ar com 10cm de espessura totalmente preenchida com isolamento térmico de cortiça granulada, com condutibilidade térmica de 0,04 W/m.°C e massa volúmica de 70kg/m<sup>3</sup>; e revestimento interior em soalho de madeira com 2cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,23W/m.°C e massa volúmica de 800kg/m<sup>3</sup>.

21,8      0,29      0,50      -  
\*\*\*\*\*

\* Menores valores representam soluções mais eficientes.

**VÃOS ENVIDRAÇADOS**

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m <sup>2</sup> ]	Coef. de Transmissão Térmica*[W/m <sup>2</sup> .°C]		Fator Solar	
		Solução	Referência	Vidro	Global
Vãos simples fixos, inseridos na fachada orientada a Noroeste, em caixilharia simples de madeira, com classe 2 de permeabilidade ao ar, com vidro simples incolor de 4mm (g, vi= 0,85), sem protecção solar (g, T= 0,85 e g TP =0,63), com coeficiente de transmissão térmica (Uwdn) igual a 5,10 W/m <sup>2</sup> .°C.	5,3 	5,10 	2,60	0,85	0,70
Vãos simples de abrir, inseridos na fachada orientada a Noroeste, em caixilharia simples de madeira, com classe 2 de permeabilidade ao ar, com vidro duplo incolor de 4mm + incolor de 6mm e caixa-de-ar de 6mm (g, vi= 0,75), com protecção solar em portadas interiores de cor clara (g, T= 0,35 e gTP =0,63), com coeficiente de transmissão térmica (Uwdn) igual a 2,40 W/m <sup>2</sup> .°C. Portadas interiores de madeira de cor clara.	21 	2,40 *****	2,60	0,75	0,35
Vãos simples de abrir e fixos, inseridos nas fachadas orientadas a Sul e Oeste, em caixilharia simples metálica, sem classe de permeabilidade ao ar, sem corte térmico, com vidro simples incolor de 4mm (g, vi= 0,85), com protecção solar em cortinas opacas interiores de cor clara (g, T= 0,33 e g TP =0,63), com coeficiente de transmissão térmica (Uwdn) igual a 6,10 W/m <sup>2</sup> .°C. Cortinas interiores opacas de cor clara.	4,0 14 	6,10 	2,60	0,85	0,33

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direcção Geral  
de Energia e Geologia

8 de 10


Vãos simples de abrir e fixos, inseridos na fachada orientada a Sul, em caixilharia simples de alumínio, com classe 2 de permeabilidade ao ar, com corte térmico, com vidro duplo incolor de 4mm + incolor de 6mm e caixa-de-ar de 6mm (g, vi= 0,75), com proteção solar em cortinas opacas interiores de cor clara (g, T= 0,37 e g TP =0,63), com coeficiente de transmissão térmica (Uwdn) igual a 2,90 W/m<sup>2</sup>.°C  
Cortinas interiores opacas de cor clara.





2,90      2,60      0,75      0,37  
\*\*\*\*\*

\* Menores valores representam soluções mais eficientes.



**SISTEMAS TÉCNICOS E VENTILAÇÃO**

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Produção de Energia [kWh/ano]	Área total [m <sup>2</sup> ]	Produtividade* [kWh/m <sup>2</sup> .coletor]	
				Solução	Ref.
<p><b>Painel solar térmico</b></p> <p>Para produção de águas quentes sanitárias verificou-se a colocação de um sistema solar de circulação forçada com quatro coletores planos "BaxiRoca SOL 250", instalados na cobertura do edifício com uma inclinação de 40° e orientados a sul, com um acumulador interior de 750 litros, produzindo 5.929,00 kWh anuais. Como a envolvente é caracterizada por edifícios com o número de pisos semelhantes ao edifício em estudo, não se verificará qualquer sombreamento do mesmo, considerou-se, no entanto um ângulo de obstrução de 3° por defeito para o cálculo do Esolar.</p>		5.929,00	9,48	624,00	576,00

\*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Instalada [kW]	Desempenho Nominal/Sazonal*	
				Solução	Ref.
<p><b>Caldeira</b></p> <p>Para aquecimento ambiente está prevista a colocação de aquecimento central com radiadores hidráulicos ligados a uma caldeira mural estanque "BaxiRoca Platinum Plus", alimentada a gás natural, com potência útil nominal de 24 kW e com eficiência de 107,6% conforme catálogo técnico do equipamento. Efetua também o apoio ao aquecimento de águas sanitárias.</p>		9.750,00	24,00	1,08	0,86
<p>Sistema do tipo Caldeira, composto por 1 unidade, com uma potência para aquecimento de 24.00 kW e para águas quentes sanitárias de 24.00 kW.</p>		1.670,00	24,00	1,08	0,86

\*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Instalada [kW]	Desempenho Nominal/Sazonal*	
				Solução	Ref.
<p><b>Split</b></p> <p>Ar condicionado instalado apenas na sala de estar, com uma cassete interior "SLZ-KF35VA" e uma unidade exterior "SUZ-KA35VA5", com potência de aquecimento de 4,0kW e de arrefecimento de 3,5kW, com COP 3,61 e EER de 3,60.</p>		324,00	4,00	3,61	3,20
<p>Sistema do tipo Split, composto por 1 unidade, com uma potência para aquecimento de 4.00 kW e para arrefecimento de 3.50 kW.</p>		107,00	3,50	3,60	2,80

\*Valores maiores representam soluções mais eficientes.



Certificação Energética  
e Ar Interior  
EDIFÍCIOS

**Certificado Energético**  
Edifício de Habitação  
SCE139921025



Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Taxa nominal de renovação de ar (h <sup>-1</sup> )	
		Solução	Mínimo
<p><b>Ventilação</b></p> <p>A ventilação é processada de forma natural, a mais de 5,0 km da costa, rugosidade tipo I. As rph são 0,84 (rph,i) e 0,84 (rph, v). Caixilharia com classe 2 de permeabilidade ao ar, sem caixas de estores, possui aberturas nas fachadas autoreguláveis a 2 Pa com caudal de 750m<sup>3</sup>/h, (Hedif) é de 9,94m, o (Nfach) é de 2 ou mais e a (Hfa) é de 9,94m. A Hobs é de 12,00m e a Dobs é de 11,63m. Não cumpre a NP 1037-1.</p>		0,66	0,40

Legenda:

Uso



Entidade Gestora



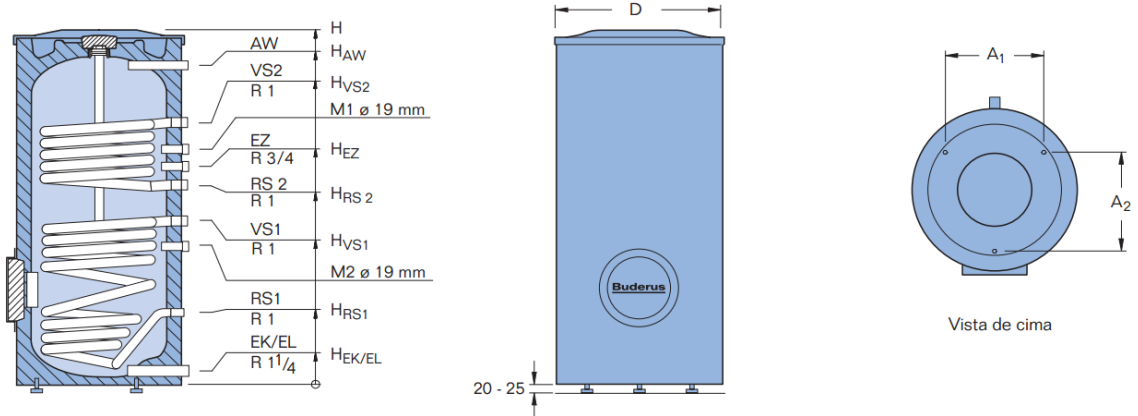
AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direcção Geral  
de Energia e Geologia

### **Anexo III – Dados técnicos do acumulador de 750 litros**



### ■ Ligações

**AW** = Saída A.Q.S.

**EK / EL** = Entrada água fria

**EZ** = Retorno

**RS** = Ligação de retorno do acumulador

**VS** = Ligação de alimentação do acumulador

Acumulador combi termosifão		P 750/S
Altura	► [mm]	1920
Diâmetro com/sem isolamento	► [mm]	1000/800
Conteúdo da água total/aquecimento superior/aquecimento solar	► [l]	750/327/423
Conteúdo de A.Q.S.	► [l]	160
Conteúdo da serpentina solar	► [l]	16,4
Superfície da serpentina solar	► [m <sup>2</sup> ]	2,15
Número de painéis		4-6
Potência de manutenção <sup>(1)</sup>	► [kWh/24h]	3,34
Índice de rendimento <sup>(2)</sup>	► N <sub>L</sub>	3
Caudal contínuo para 80/45/10 °C <sup>(3)</sup>	► [l/h / kW]	688/28
Pressão máxima do circuito solar/água de aquecimento/água sanitária	► [bar]	8/3/10
Pressão máxima da água de aquecimento/água sanitária	► [°C]	95/95
Peso líquido (aprox.)	► [kg]	262

1) Segunda a DIN 4753-8: temperatura A.Q.S. de 60°C, temperatura exterior 20 °C.

2) Segundo a DIN 4708 para aquecimento a uma temperatura de A.Q.S. de 60 °C e um avanço da caldeira de 80 °C.

3) Temperatura de avanço da caldeira / Temperatura de saída da A.Q.S. / Temperatura da entrada de água.