



**TÉCNICO**  
LISBOA



**ACADEMIA MILITAR**  
MILITARY ACADEMY

**Custo do ciclo de vida como ferramenta para a gestão de  
ativos físicos – Aplicação ao aquartelamento da Amadora da  
Academia Militar**

**José Paulo da Silva Matos**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia Militar**

Orientadores

Professor Doutor Vítor Faria e Sousa

Professor Doutor Carlos Paulo Oliveira da Silva Cruz

**Júri**

Presidente: Professor Doutor Augusto Martins Gomes

Orientador: Professor Doutor Vítor Faria e Sousa

Vogais: Professor Doutor Nuno Gonçalo Cordeiro Marques de Almeida

Tenente Coronel Carlos Alberto Rocha Afonso

**Outubro de 2016**







## **Agradecimentos**

A consecução desta dissertação só foi possível devido à interferência direta e indireta de um vasto leque de pessoas, às quais pretendo expressar todo o meu agradecimento.

Ao Professor Doutor Vítor Faria e Sousa, pela incessante preocupação e dedicação, pela ampla disponibilidade e pela excepcional compreensão da condição militar e das suas especificidades.

Ao Professor Doutor Carlos Paulo Oliveira da Silva Cruz, pelo interesse e envolvimento no estudo.

Ao Tenente Coronel Carlos Alberto Rocha Afonso, pela disponibilidade e eficiência com que, por diversas vezes, funcionou como elo de ligação entre a minha pessoa e as fontes de informação dispersas. Agradeço-lhe ainda pela constante procura de soluções para os problemas passíveis de serem resolvidos ao seu nível.

Ao Sargento Ajudante Santos, pela disponibilidade e pelo tempo despendido na procura de informação preponderante para o estudo.

Ao Sargento Chefe Guerra, pela abertura com que me recebeu na Direção de Infraestruturas.

Aos meus camaradas de curso, que durante estes longos 7 anos me transmitiram uma força extraordinária e revigorante nos momentos mais difíceis e em que ela parecia desvanecer.

À Filipa, pelo acompanhamento, apoio e compreensão em todos os momentos, em especial naqueles em que o cansaço se ia sobrepondo ao espírito de abnegação.

Aos meus pais, pela educação de qualidade que me proporcionaram, pela transmissão direta de valores, pela inexcedível procura do meu bem-estar e, principalmente, por todo o sacrifício próprio a que se submeteram em prol da minha formação em particular e do meu futuro em geral.

A todos aqueles que, em qualquer período, deram o seu melhor contributo com o intuito de enriquecer este trabalho.



## Resumo

A presente dissertação tem como objetivo a elaboração de uma metodologia para estimar o custo de ciclo de vida de um ativo e a sua posterior aplicação a um edifício do quartelamento da Academia Militar na Amadora. Os edifícios militares possuem uma longevidade superior a grande parte dos restantes. A metodologia adotada baseia-se nas metodologias internacionais de referência.

Por forma a estimar os custos de ciclo de vida do edifício em estudo, foram consultados documentos relativos a despesas e efetuado um levantamento abrangente dos hábitos de consumo dos alunos, referentes ao consumo de energia e água. Analisou-se a repartição de consumos por local e por atividade diária. Foi ainda desenvolvido um modelo de degradação para o revestimento de fachada, com vista à previsão do período, após o qual, a fachada deve ser intervencionada.

Da aplicação da metodologia ao caso de estudo conclui-se que o impacto dos custos de manutenção e operação são maiores do que o impacto do custo inicial de construção. Percentualmente, os custos com a construção representam apenas 40% do custo de ciclo de vida do ativo, menos de metade do custo total estimado. Estes dados demonstram a importância da consideração dos custos com o ciclo de vida, em detrimento da avaliação exclusiva do preço de aquisição.

Foram analisadas três propostas de equipamentos que promovem a poupança de recursos. Conclui-se que a introdução de lâmpadas mais eficientes, fluxómetros de dupla descarga e redutores de caudal, potenciariam uma redução no custo de ciclo de vida em cerca de 15%.

**Palavras chave:** Custo do ciclo de vida, gestão de ativos físicos, degradação, consumo.



## **Abstract**

The main goal of this work is to develop a methodology to calculate the life cycle cost of an asset and its application to one of the buildings inside the Military Academy in Amadora. The military buildings have a bigger longevity when compared to other assets. The methodology used in this document it's based on other methodologies that are seen as international references.

In order to estimate the life cycle costs of the building were consulted documents regarding expenses and it was also made a survey of the spending habits of the students, related to energy and water consumption. The way these consumptions occur was also analyzed to look after the places and activities that consume most of the resources. It was also developed a degradation model to the façade. This model allowed the forecast of a period, after which the façade must be intervened.

After the application of this methodology, it is concluded that the impact of the maintenance and operation costs are greater than the impact of the initial construction costs. The construction costs are only 40% of the life cycle costs, less than half. This data demonstrates the importance of considering the costs of the entire life cycle, rather than considering only the acquisition price.

Three different proposals were analyzed, with the objective of promoting some saves in the life cycle cost. The installation of more efficient lamps, dual flush flow meters and flow reducers, would accumulate savings of about 15% in the life cycle costs.

**Keywords:** life cycle cost, asset management, degradation, consumption.



# Índice

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>I</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>III</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>V</b>
<b>Índice de Quadros</b> .....	<b>IX</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>XI</b>
<b>Lista de Acrónimos e Siglas</b> .....	<b>XV</b>
<b>1 Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1 Considerações iniciais .....	1
1.2 Objetivos e metodologia .....	1
1.3 Organização da dissertação .....	2
<b>2 Estado da arte</b> .....	<b>3</b>
2.1 Considerações gerais .....	3
2.2 Gestão de ativos físicos.....	5
2.3 Custo do ciclo de vida.....	6
2.3.1 Conceitos .....	6
2.3.2 Modelos e ferramentas.....	9
2.4 Modelos de degradação .....	14
<b>3 Metodologia</b> .....	<b>17</b>
3.1 Contributos.....	17
3.2 Proposta.....	18
<b>4 Caso de estudo</b> .....	<b>35</b>
4.1 Descrição Geral .....	35
4.2 Descrição do edifício estudado.....	40
4.3 Dados de Base .....	44
4.3.1 Informação documental .....	45
4.3.2 Levantamentos .....	46
4.4 Análise do custo do ciclo de vida.....	46
<b>5 Considerações Finais</b> .....	<b>73</b>
5.1 Conclusões .....	73
5.2 Estudos futuros .....	75
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>77</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>- 1 -</b>
<b>Anexo A- Modelo de degradação da fachada</b> .....	<b>- 3 -</b>
<b>Anexo B- Planta do piso 0 do bloco de alojamentos (escala reduzida)</b> .....	<b>- 13 -</b>



## Índice de Quadros

Quadro 3.1- Contributo de cada publicação para a metodologia.....	17
Quadro 3.2- Quadro síntese da metodologia a adotar.....	20
Quadro 3.3- Riscos e decisões para reduzir o respetivo impacto.....	26
Quadro 4.1- Equipamento sanitário no bloco de alojamentos em análise.....	43
Quadro 4.2- Tipo de equipamentos dependentes de energia elétrica por divisão.....	52
Quadro 4.3- Consumos estimados de água por aluno nas I.S. do corpo de alojamentos em estudo.....	55
Quadro 4.4- Consumos estimados de água por aluno no local de lavagem de roupas e material do corpo de alojamentos em estudo.....	55
Quadro 4.5- Custos e periodicidade de reparações e pequenas intervenções.....	57
Quadro A.1- Codificação das variáveis categóricas.....	- 6 -
Quadro A.2- ANOVA modelo base.....	- 9 -
Quadro A.3- Coeficientes de regressão do modelo base.....	- 9 -
Quadro A.4- ANOVA modelo otimizado.....	- 9 -
Quadro A.5- Coeficientes de regressão do modelo otimizado.....	- 9 -
Quadro A.6- Patamares de degradação do modelo de Gaspar (2008) citado por Sousa (2008).....	- 11 -



## Índice de Figuras

Figura 2.1- Custos e fases do ciclo de vida.....	6
Figura 2.2- Elementos referentes ao CTCV e ao CCV.....	9
Figura 2.3- Interface do programa BLCC. ....	10
Figura 2.4- Interface da ferramenta LCC-CO2. ....	11
Figura 3.1- Fio condutor da ACCV. ....	18
Figura 3.2- Diagrama da metodologia proposta neste documento. ....	19
Figura 3.3- Análises em diferentes fases do ciclo de vida .....	23
Figura 3.4- Classificação de custos. ....	27
Figura 3.5- Categorias de custos de forma modular. ....	27
Figura 3.6- Exemplo de diagrama em aranha. ....	32
Figura 4.1- Representação dos principais edifícios do parque edificado do AAMA. ....	35
Figura 4.2- Edifício de Comando do AAMA.....	35
Figura 4.3- Edifício do aluno. ....	36
Figura 4.4- Edifício dos auditórios. ....	36
Figura 4.5- Distribuição de consumo de energia primária.....	37
Figura 4.6- Evolução da despesa anual com energia elétrica em euros (€) no AAMA. ....	37
Figura 4.7- Evolução da despesa anual com gás natural em euros (€) no AAMA. ....	38
Figura 4.8- Evolução da despesa anual com água em euros (€) no AAMA. ....	38
Figura 4.9- Evolução da despesa mensal com energia elétrica ao longo do ano. ....	39
Figura 4.10- Evolução da despesa mensal com gás natural ao longo do ano. ....	39
Figura 4.11- Evolução da despesa mensal com água ao longo do ano. ....	40
Figura 4.12- Localização relativa do edifício de alojamentos análise. ....	41
Figura 4.13- Divisão do edifício em 3 corpos distintos. ....	41
Figura 4.14- Vagas preenchidas no concurso de admissão à AM desde o ano 2010 até 2015. ....	42
Figura 4.15- Fotografia do exterior do corpo de alojamentos em análise.....	42
Figura 4.16- Edifício das caldeiras. ....	44
Figura 4.17- Caldeira de aquecimento Ygnis modelo NAR 320.....	44
Figura 4.18- Dados a utilizar na ACCV de um edifício.....	45
Figura 4.19- Custos recolhidos classificados segundo a norma ISO 15686-5 (2008).....	48
Figura 4.20- Evolução da taxa de inflação global desde 1992 até 2015. ....	48
Figura 4.21- Evolução da taxa de inflação referente a habitação, água, eletricidade, gás e outros combustíveis, desde 1992 até 2015. ....	49
Figura 4.22- Evolução da taxa de inflação referente a acessórios para o lar, equipamento doméstico e manutenção corrente da habitação desde 1992 até 2015. ....	49
Figura 4.23- Lâmpada Fluorescente T8 18 Watt equacionada para substituir as existentes. ....	50
Figura 4.24- Fluxómetro de dupla descarga equacionado para substituir os existentes. ....	51
Figura 4.25- Redutores de caudal para torneiras (à esquerda) e para chuveiros (à direita), equacionados para instalação. ....	51
Figura 4.26- Distribuição do consumo por divisão. ....	53

Figura 4.27- Repartição do consumo energético num quarto. ....	53
Figura 4.28- Distribuição horária das tarifas relativas a energia elétrica. ....	54
Figura 4.29- Relação entre consumo nas I.S. com o consumo no local de lavagem de roupas e material.....	56
Figura 4.30- Repartição do consumo de água nas I.S. ....	56
Figura 4.31- Procedimento de cálculo dos valores contemplados na ACCV.....	59
Figura 4.32- Análise de sensibilidade dos valores considerados para 1993. ....	60
Figura 4.33- Análise de sensibilidade dos valores considerados para 2017. ....	60
Figura 4.34- Análise de sensibilidade dos valores considerados para 2042. ....	61
Figura 4.35- Simulação de monte carlo para o ano 1993. ....	61
Figura 4.36- Simulação de monte carlo para o ano 2017. ....	62
Figura 4.37- Simulação de monte carlo para o ano 2042. ....	62
Figura 4.38- Simulação de monte carlo para a totalidade do CCV. ....	62
Figura 4.39- Custos atualizados a 2015 das várias opções incluídas na ACCV. ....	63
Figura 4.40- Evolução do total dos encargos do edifício em análise. ....	64
Figura 4.41- Contribuição de cada custo parcial para o custo total. ....	64
Figura 4.42- Encargos totais repartidos pelas diferentes despesas consideradas. ....	65
Figura 4.43- Comparação do CCV com e sem a implementação de lâmpadas mais eficientes. ....	66
Figura 4.44- Benefícios acumulados com a instalação de lâmpadas mais eficientes. ....	66
Figura 4.45- Benefício acumulado nos dois primeiros anos após a substituição das lâmpadas.....	67
Figura 4.46- Encargos totais repartidos pelas diferentes despesas consideradas, após a implementação de lâmpadas mais eficientes. ....	67
Figura 4.47- Comparação do CCV com e sem a implementação de fluxómetros de dupla descarga. ....	68
Figura 4.48- Benefícios acumulados com a instalação de fluxómetros de dupla descarga. ....	68
Figura 4.49- Benefício acumulado nos três primeiros anos após a instalação de fluxómetros de dupla descarga.....	68
Figura 4.50- Encargos totais repartidos pelas diferentes despesas consideradas, após a implementação de fluxómetros de dupla descarga. ....	69
Figura 4.51- Comparação do CCV com e sem a implementação de redutores de caudal.....	69
Figura 4.52- Benefícios acumulados com a instalação de redutores de caudal.....	70
Figura 4.53- Benefício acumulado no primeiro ano após a instalação de redutores de caudal. ....	70
Figura 4.54- Encargos totais repartidos pelas diferentes despesas consideradas, após a implementação de redutores de caudal.....	71
Figura A.1- Modelo polinomial da severidade da degradação de ladrilhos cerâmicos. ....	5
Figura A.2- Importância relativa das variáveis significativas. ....	7
Figura A.3- Sinal das variáveis significativas.....	8
Figura A.4- Influência das variáveis significativas. ....	8
Figura A.5- Fotografia de uma fachada do edifício em análise.....	10
Figura A.6- Perda de aderência e descolamento dos ladrilhos.....	11

Figura A.7- Vestígios da queda de revestimentos..... - 12 -  
Figura A.8- Empolamento do revestimento cerâmico da fachada. .... - 12 -



## **Lista de Acrónimos e Siglas**

<b>ACCV</b>	Análise do Custo de Ciclo de Vida
<b>ACV</b>	Avaliação do Ciclo de Vida
<b>ASCE</b>	American Society of Civil Engineers
<b>AAMA</b>	Aquartelamento da Academia Militar na Amadora
<b>AM</b>	Academia Militar
<b>BLCC</b>	Building Life Cycle Cost
<b>CCV</b>	Custo de Ciclo de Vida
<b>CTCV</b>	Custo Total do Ciclo de Vida
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>GAF</b>	Gestão de Ativos Físicos
<b>I.S.</b>	Instalação Sanitária
<b>LED</b>	Light Emitting Diode
<b>PR</b>	Período de Retorno
<b>SAP</b>	System Analysis and Program Development
<b>TIR</b>	Taxa Interna de Rendibilidade
<b>VAL</b>	Valor Atual Líquido



# 1 Introdução

## 1.1 Considerações iniciais

Com a consolidação e consciencialização da sociedade como um todo para o conceito de sustentabilidade e, no âmbito do património construído, de construção sustentável, os empreendimentos de construção passaram cada vez mais a ser analisados tendo em consideração todo o ciclo de vida (aquisição, utilização e destino final) e múltiplas dimensões (económica, social e ambiental). Adicionalmente, especialmente nos países mais desenvolvidos, assiste-se a uma mudança de enfoque da necessidade de construir património (edifícios e infraestruturas) para a necessidade de gerir o património existente.

O Exército Português é uma instituição com uma história incomparável e com uma missão bem vinda, a defesa militar da República. Esta missão muito particular levou a que, naturalmente e ao longo de uma grande quantidade de anos, a instituição se tornasse detentora de um vasto património material e imaterial. Construídas para albergar pessoal, para proporcionar condições para preparação de forças para as mais diversificadas missões e localizadas estrategicamente ao longo de todo o território Português, as infraestruturas do Exército requerem uma gestão permanente e a diferentes níveis.

A conjuntura atual não instiga à construção de novas infraestruturas, seja por motivos económicos associados às fragilidades da economia nacional, ou por outros de carácter distinto, como por exemplo a redução da ameaça externa em comparação com a que se encontrava instaurada aquando da construção de grande parte das infraestruturas existentes ou a abolição do serviço militar obrigatório que veio reduzir substancialmente o número de efetivos afetos à instituição.

É neste contexto que faz todo o sentido abordar de forma séria a gestão dos ativos físicos, para que o Exército possa tirar proveito e usufruir de cada ano de vida útil das suas infraestruturas nas melhores condições. Na conjuntura atual, uma gestão mais eficiente dos ativos físicos existentes poderia trazer várias vantagens diretamente para o Exército e, de forma indireta, ao país e até eventualmente ao ambiente.

## 1.2 Objetivos e metodologia

A construção de um edifício é um processo moroso e complexo. Tão ou mais complexo e importante do que compreender os processos construtivos para construir, é compreender os processos através dos quais todos os elementos desse edifício se vão degradar. É vital saber como, quando e onde intervir por forma a tirar o maior proveito dos ativos construídos, ainda mais quando esses ativos representam um investimento avultado.

É dentro deste âmbito de aproveitamento dos ativos que emergem os objetivos da presente dissertação:

1. Propor uma metodologia para organização e cálculo de custos de ciclo de vida (CCV).
2. Aplicação da metodologia ao Aquecimento da Amadora da Academia Militar (AAMA).

3. Desenvolver o modelo de degradação para um elemento construtivo, com o objetivo de prever os custos futuros.

Numa instituição onde as pessoas são, ainda mais que o usual, passageiras face à durabilidade do património, é de uma importância profunda que seja feita a gestão adequada dos ativos, e que sejam registadas e documentadas todas as sugestões de práticas e medidas a adotar, quer no imediato, quer no futuro.

### **1.3 Organização da dissertação**

O presente documento encontra-se dividido em cinco capítulos ao longo dos quais se expõem os conceitos, metodologias e processos necessários para a correta compreensão dos resultados.

Imediatamente a seguir ao primeiro capítulo numerado, a introdução, surge o estado de arte. Neste capítulo são abordados os conceitos gerais relacionados com o CCV, com a gestão de ativos físicos e com os modelos de degradação. Estes conceitos são introduzidos e dissecados ao longo deste capítulo número dois, com o objetivo de fundamentar teoricamente os capítulos vindouros.

No capítulo três é descrita a metodologia desenvolvida, com vista à aplicação a um caso de estudo específico, tendo por base os conceitos e metodologias abordadas no capítulo anterior.

Definida a metodologia, o capítulo 4 define e enquadra o caso de estudo em análise e relata a aplicação da metodologia ao caso de estudo referido.

Finalmente, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões do estudo desenvolvido no decorrer do documento, sendo ainda propostas medidas e estudos futuros, de forma a incitar o desenvolvimento das ferramentas desenvolvidas na dissertação.

## 2 Estado da arte

### 2.1 Considerações gerais

Os edifícios requerem um grande investimento inicial durante a construção. No ano de 2015 os Estados Unidos da América (EUA) gastaram 275,944 milhões de dólares na construção de edifícios não residenciais (United States Census Bureau, 2015). Portugal, por sua vez, gastou em 2013 aproximadamente 10 mil milhões de euros em edifícios não residenciais e obras de engenharia civil (INE, 2014). Além deste capital inicial, são também necessárias injeções monetárias periódicas durante o seu ciclo de vida, caso contrário os edifícios tornam-se obsoletos e irrelevantes para os seus utilizadores. Além de custos para fomentar a modernização, os edifícios acarretam outras despesas até ao seu fim de vida, tais como, consumos de energia, água e manutenção. Os valores referentes a custos de operação, apenas com os edifícios governamentais, nos EUA ascenderam, em 2015, aos 18,7 mil milhões de dólares (U.S. General Services Administration, 2015). Nos países europeus estima-se que os custos de manutenção e operação de edifícios públicos, por metro quadrado, por ano, rondem os 100 euros (Alemanha 109,7€/m<sup>2</sup>a; Suécia 105.3€/m<sup>2</sup>a; Hungria 92€/m<sup>2</sup>a; Espanha 80€/m<sup>2</sup>a) (Schimschar et al., 2011). Sem um financiamento adequado os edifícios tendem a degradar-se mais rapidamente, o que se reflete diretamente no seu desempenho. Posto isto, se não for feita uma gestão competente dos edifícios, os custos de operação vão aumentar, enquanto o edifício vai progressivamente gerando menos benefícios para o seu detentor. Mesmo que o financiamento seja adequado, uma boa gestão de edifícios exige as respostas às questões: o que reparar, quando reparar e que técnicas de reparação utilizar. (Grussing, 2015). Nos EUA os efeitos do financiamento mal planeado estão bem documentados, especialmente no que diz respeito às infraestruturas públicas. A American Society of Civil Engineers (ASCE) pronuncia-se bianualmente sobre o estado geral das infraestruturas públicas dos EUA, sendo que, em 2013, qualificou a condição global das mesmas com uma nota D<sup>+</sup>, o que equivale a “inadequado” (American Society of Civil Engineers, 2013).

Numa conjuntura económica que exige cada vez mais restrições e tendo em conta o envelhecimento das infraestruturas em muitos países desenvolvidos, entre os quais Portugal, assiste-se a uma transição de uma parcela significativa do investimento em construção nova para a reabilitação de estruturas existentes (Laefer & Manke, 2008). Os fatores económicos são preponderantes para esta transição, uma vez que levam a que hoje em dia exista uma preocupação crescente com a necessidade de determinar a durabilidade de materiais, componentes, estruturas e edifícios. Os custos dos edifícios, os custos anuais com manutenção e operação bem como a promoção da competitividade na indústria, concorrem para a necessidade de tirar o máximo proveito dos recursos. Esta preocupação crescente no que diz respeito à gestão e à durabilidade dos componentes, tem também como fundamento fatores ambientais. A escassez de recursos materiais e energéticos, a emissão de gases, bem como o impacto ambiental causado pela própria construção, são também motivos para preferir a construção nova em detrimento da reabilitação (Hovde & Moser, 2004).

Apesar da maioria dos indivíduos tender a avaliar, consciente ou inconscientemente, os investimentos com base no custo do ciclo de vida, à medida que a complexidade aumenta deixam de

o conseguir fazer. Os empreendimentos de construção em geral e os edifícios em particular, constituem investimentos complexos para os quais são necessárias metodologias e ferramentas auxiliares que permitam estimar, mesmo que de forma aproximada, os custos do ciclo de vida. Adicionalmente, tanto os empreendimentos de construção em geral como os edifícios mais particularmente, apresentam vidas úteis extensas. Na prática, a fase de utilização dos edifícios pode estender-se por várias décadas ou mesmo séculos. Para além de toda a incerteza relativamente à evolução dos requisitos exigidos pelos utilizadores, as diferentes condições a que os componentes estão expostos ao longo do tempo dificultam a previsão da sua degradação.

As Forças Armadas em geral, e no Exército em particular, são instituições especialmente suscetíveis a mudanças e incertezas. São instituições em constante adaptação em virtude das necessidades da Nação, em função das suas necessidades próprias e face à necessidade de acompanhar as mudanças de paradigma que surjam, especialmente nas ideologias políticas. Por outro lado, os edifícios ao encargo das Forças Armadas são precisamente edifícios onde a fase de utilização se alonga por centenas de anos de forma abundante. As instalações militares são compostas por muitos tipos de edifícios incluindo alojamentos, hospitais, estabelecimentos de ensino, escritórios, armazéns e até aeroportos. Além destas, existem ainda instalações muito específicas para treino e exercícios. Os edifícios são por isso vitais para a organização, seja para alojar os militares, proporcionar aos militares as condições de treino diário necessárias, para proporcionar condições para instrução ou para as tarefas logísticas. Todas estas instalações consomem uma grande quantidade de recursos, todas elas envelhecem e todas elas necessitam de manutenção, bem como de intervenções de reparação. Quando estas intervenções não acontecem prontamente, os custos podem acumular-se muito rapidamente. O Exército Americano, por exemplo, acumulou uma necessidade de recapitalização de cerca de vinte biliões de dólares no fim do ano fiscal 2007 (U.S. Government Accountability Office, 2008).

Face ao exposto, uma abordagem que contemple além dos custos imediatos, os custos futuros, ainda que possivelmente possa ser mais difícil e incerta, torna-se extremamente importante. É neste sentido que surge a contemplação do custo de ciclo de vida (CCV) como abordagem a longo prazo. Analisar o CCV significa contabilizar todos os custos associados, desde a conceção até ao fim de vida do objeto em análise. Para uma análise do ponto de vista financeiro do CCV, tem sido comum o recurso a metodologias de custos de ciclo de vida (*life cycle cost*), enquanto que, para levar em conta os aspetos ambientais existem as metodologias de avaliação do ciclo de vida (ACV) (*life cycle assessment*).

As abordagens a longo prazo têm sido implementadas durante décadas em várias infraestruturas, sendo bons exemplos disso as estradas e pavimentos (U.S. Department of Transportation, 2015), caminhos de ferro (Ling, 2005), pontes (Dabous & Alkass, 2008) e redes de distribuição de tubagens (Simonoff, Restrepo, & Zimmerman, 2010). Apesar da abundante implantação neste tipo de infraestruturas, no que diz respeito a edifícios, as praticas de gestão de ativos desenvolvem-se a um passo mais lento, muito por culpa das diversas componentes e especificidades de um edifício. A existência de diversos sistemas (estrutural, elétrico, canalização, etc.) leva a que o processo de construção se torne multidisciplinar o que levanta dificuldades adicionais ao processo. Além desta multidisciplinaridade, os edifícios possuem ainda um vasto espetro de utilizações tipo, de

técnicas de construção e de requisitos de desempenho. Como resultado, a complexidade e singularidade de cada edifício tornam a sua análise mais difícil (Grussing, 2015).

De forma a possibilitar a utilização de abordagens de longo prazo, é necessário elaborar previsões para a forma segundo a qual a estrutura se vai degradar, com vista a estimar o período no qual o material, componente, ou edifício vai ser capaz de desempenhar as funções para as quais foi projetado de forma satisfatória. Nos casos em que a vida útil é desconhecida, os modelos de degradação permitem complementar a análise do custo de ciclo de vida (ACCV).

## **2.2 Gestão de ativos físicos**

As origens da gestão de ativos são difíceis de determinar. No entanto, as ideologias de gestão de propriedade não são propriamente recentes. Há milhares de anos que as organizações gerem os seus ativos, no entanto, a dimensão e quantidade de conceitos envolvidos é cada vez mais significativa. O aparecimento do conceito como atualmente o conhecemos é tido como uma derivação das ideologias tradicionais de gestão de propriedade, e, ao que tudo indica, terá surgido no setor privado nos finais anos sessenta (Phelps, 2009). Só posteriormente é que o conceito terá sido adotado pelo setor público, tendo como principais impulsionadores: o sector dos serviços financeiros, as indústrias petrolíferas, e o sector público Australiano e Neozelandês. No último caso, a Austrália e a Nova Zelândia foram mesmo forçados a reformas estruturais, estabelecendo planos de ação estratégica, definindo prioridades e atendendo, de forma criteriosa, à importância do valor do dinheiro, para melhorar a eficiência interna da sua economia. Apesar dos ambientes relatados serem muito diferentes, as lições apreendidas foram em tudo similares, resultando em conclusões convergentes. Por este motivo cada vez mais o conceito se alastra a outros tipos de ambientes e demonstra potencial para trazer benefícios em varias áreas distintas (IAM, 2014).

A norma de referência internacional atual relativa ao tema é a norma ISO 55000 (2014), que contou com a participação de trinta países, tendo o seu desenvolvimento uma duração aproximada de quatro anos. Esta norma define ativo como um artigo, objeto ou entidade que tem valor potencial ou atual para uma organização. Na mesma norma, é também definido o conceito de gestão de ativos como sendo a atividade coordenada de uma organização para realização de valor a partir dos seus ativos.

A designação de ativo físico surge como complemento à designação de ativo, pelo facto de se referir a itens como por exemplo edifícios, cabos elétricos, tubagens de água, carris, entre outros materiais e componentes, excluindo ativos financeiros ou humanos. Além disso, um ativo físico possui algumas características, como por exemplo a perda de valor com o decorrer do tempo, a deterioração da sua condição com o tempo e uso, entre outras.

Face a estas características, uma boa gestão pode trazer muitos benefícios a um ativo deste tipo, e por esse motivo, cada vez mais, a gestão de ativos deixa de ser opcional em qualquer parte do mundo. Desde as economias emergentes que tentam identificar constantemente formas de diminuir os custos e aumentarem o retorno do seu investimento, até às economias mais desenvolvidas que tentam identificar formas de aumentar o período de vida das suas infraestruturas enquanto se adaptam a fatores como as alterações climáticas, e passando pelos países em rápido desenvolvimento que ainda enfrentam dificuldades na compreensão dos custos de ciclo de vida das suas infraestruturas, é

essencial proceder a uma gestão criteriosa dos ativos, uma vez que esta tem capacidade para atenuar todas estas dificuldades (Davis, s.d.).

Em suma, a gestão de ativos é uma mentalidade que olha para os ativos físicos não como um objeto inanimado e imutável, mas sim, como um sistema passível de sofrer mudanças e que se vai deteriorar com o tempo e com o uso, até que por fim, se nada for feito para o evitar, irá acabar por deixar de servir o seu propósito inicial. No fundo é o reconhecimento de que os ativos possuem um ciclo de vida e que é de suma importância saber delineá-lo e explorá-lo, por forma a obter o máximo de benefícios para os seus detentores. Exemplos desses benefícios são:

- Redução dos custos totais com a operação do ativo.
- Potencialização do desempenho do ativo.
- Redução de potenciais impactos de saúde causados pela degradação do ativo.
- Redução de riscos de segurança adjacentes à utilização do ativo.
- Minimização do impacto ambiental.

Uma boa gestão de ativos permitirá atingir o melhor balanço de benefícios para a organização detentora do ativo (Davis, s.d.).

## 2.3 Custo do ciclo de vida

### 2.3.1 Conceitos

De uma forma geral e intuitiva, quando alguém, ou alguma entidade, pretende adquirir um ativo, deseja fazê-lo pelo preço mais baixo possível. No entanto, a avaliação e otimização económica do ciclo de vida de um edifício ou de uma construção, abrangendo todas as etapas desde a sua projeção até à sua demolição, resulta em benefícios significativos e poupanças atrativas. A Figura 2.1 apresenta uma comparação dos custos correspondentes a cada etapa do ciclo de vida, no sentido de se verificar que, após a fase de construção, existem ainda custos elevados, e durante um período de tempo alongado.

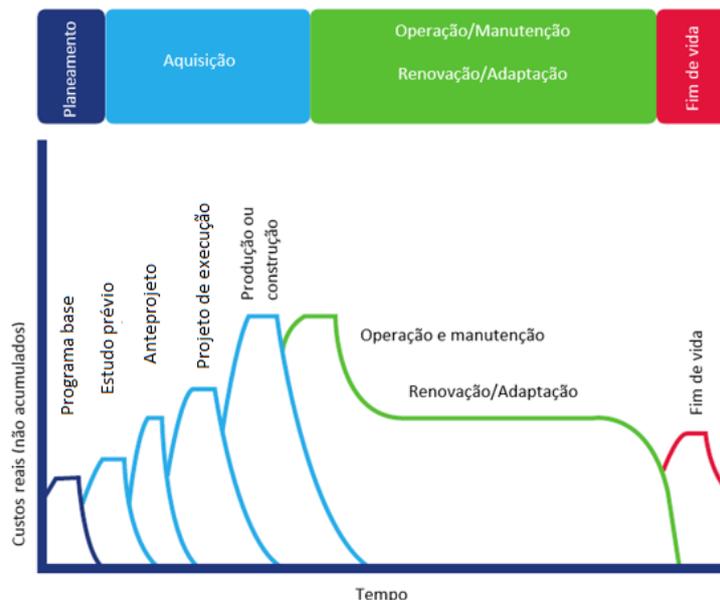


Figura 2.1- Custos e fases do ciclo de vida (adaptado de T MU AM 01001 ST, 2014).

Para concretizar esta ideia, pode ser utilizado o caso de um edifício de escritórios. Estima-se que o custo de ser detentor e de explorar um edifício de escritórios ao longo de um período de trinta anos assuma, tipicamente, um rácio de um (custos de construção) para cinco (custos de manutenção) e para duzentos (custos de operação) (Langdon, 2007a). O mesmo acontece para um edifício hospitalar ou para uma escola. Um edifício hospitalar pode consumir o equivalente aos custos de construção a cada dois ou três anos, e continuar a fazê-lo durante quarenta anos ou mais. Os custos operacionais de uma escola podem igualar os custos de construção a cada quatro ou cinco anos, durante quase um século (TAM04-10, 2004). Fica assim claro que se o custo inicial for preterido em detrimento de custos de manutenção e de operação mais baixos, é possível gerar ganhos variados a longo prazo.

A perceção das vantagens a auferir da utilização de uma abordagem global leva a que em 1965, segundo Okano (2001), surja o conceito de CCV, quando o Instituto de Gestão Logística dos EUA utilizou este termo num documento militar. Depois deste documento, o Departamento da Defesa dos EUA publicou 3 manuais, relativos ao assunto, no início dos anos 70. A partir daí começaram a aparecer muitas publicações relativas à teoria e à prática do CCV. No Reino Unido, por exemplo, surge o termo *terotechnology*, definido na Norma Britânica BS 3811:1993 como uma combinação de técnicas financeiras, de gestão e de engenharia, aplicadas a ativos físicos na procura de otimização económica do CCV. Nesta altura a ACCV era um conceito que juntava técnicas matemáticas, de contabilidade, de engenharia e estatística, para ter em conta todas as despesas consideráveis durante o período de posse de um ativo (Okano, 2001).

Apesar de permitir fazer comparações de custos entre diferentes cenários de investimento, entre vários projetos e entre várias especificações, a avaliação do CCV e a sua utilização ainda são muito limitados. É um processo que é visto como muito moroso e complicado (Langdon, 2007c). Não obstante a existência de diretrizes próprias em vários países, como por exemplo no Reino Unido e na Alemanha, não existe na Europa nenhum tipo de legislação específica que requeira a tomada em consideração dos custos de ciclo de vida, apesar de a mais recente diretiva comunitária relativa à contratação pública (*Diretiva 2014/24/UE*) recomendar que a avaliação da proposta economicamente mais vantajosa seja com base no CCV em detrimento do custo de investimento.

A ausência deste tipo de legislação também tem, de uma forma indireta, impactos no ambiente. O sector da construção está associado a um impacto ambiental que é, geralmente, bastante elevado. O uso de materiais e energia para a produção dos materiais, bem como o resultado da sua produção, emissões de gases e resíduos variados, provoca danos no ambiente. Além dos efeitos no ambiente exterior, os edifícios têm como função criar um ambiente interno próprio. A qualidade do ambiente interior pode também ter implicações no conforto e bem-estar, produtividade e até na saúde humana. Todos estes impactos podem e devem ser substancialmente reduzidos na fase de conceção, no entanto podem ocorrer em qualquer fase do ciclo de vida do edifício, e por isso, devem ser equacionadas medidas complementares para avaliação e prevenção dos mesmos (TG4, 2003).

No sentido de promover a implementação da ACCV foram criadas então linhas de orientação, bem como normas transversais para a União Europeia.

É neste contexto que se enquadram as normas ISO (da autoria da “*International Organization for Standardization*”). O CCV encontra-se tratado na norma ISO 15686-5 (2008), norma de referência atual sobre o assunto. Esta norma surge com o grande objetivo de estabelecer uma terminologia clara e uma metodologia comum para abordagem ao CCV. Para melhor compreender e conhecer esta terminologia é essencial a definição e distinção de alguns conceitos, entre eles o próprio conceito de CCV e os conceitos mais diretos que este abrange e implica.

A norma ISO 15686-5 (2008), define o CCV de um ativo como sendo o custo decorrente de todo o seu ciclo de vida, ou o custo de todas as suas partes, enquanto estas preenchem os requisitos de desempenho estipulados (ISO 15686-5, 2008). Davis Langdon (2007) por sua vez, define o CCV de um ativo como o custo que contempla todos os custos relacionados com o mesmo, desde a elaboração do projeto e construção, até ao seu fim de vida, passando pelos custos da fase de operação, custos derivados de manutenção e custos de eventuais intervenções de reabilitação (Langdon, 2007a). O significado de custos de construção é intuitivo, no entanto o mesmo pode não acontecer com os conceitos de custos de operação, custos de manutenção e custos de fim de vida. A norma ISO 15686-5 (2008) define os custos de operação como os custos decorrentes do funcionamento e da gestão de uma edificação, incluindo os custos administrativos associados. A mesma norma refere que os custos de manutenção são todos os custos relativos a trabalhos e material, ou outro qualquer custo relacionado com a finalidade de manter um edifício, ou as suas partes, num estado no qual consiga corresponder às funções que lhe são requeridas. Os custos de fim de vida consistem nos custos associados a descartar ou eliminar um ativo no final da sua vida útil ou período de interesse, segundo a norma em questão. Entenda-se por vida útil de um edifício o período de tempo, após a sua construção durante o qual o edifício ou as suas componentes correspondem, ou excedem, os requisitos de desempenho (ISO 15686-1, 2000).

Depois de abordado o conceito de CCV é necessário ainda perceber que este se insere ainda num conceito mais abrangente, o conceito de custo total do ciclo de vida (CTCV).

O CTCV é definido pela norma ISO 15686-5 (2008) como sendo o conjunto de todos os custos e benefícios significativos e relevantes, iniciais e futuros, de um ativo ao longo do seu ciclo de vida, enquanto preencher os requisitos de desempenho. A definição na norma ISO destes conceitos foi de uma enorme importância, uma vez que os relacionou de forma tangível e possibilitou a distinção de duas expressões, entre os quais as fronteiras foram durante muito tempo ténues. Estudos anteriores à publicação da norma ISO 15686-5 (2008) referem que muitos dos inquiridos referiam-se ao CTCV e ao CCV como apenas duas designações para a mesma finalidade (Boussabaine & Kirkham, 2005).

A representação esquemática da Figura 2.2 mostra a forma segundo a qual os dois conceitos se interligam.

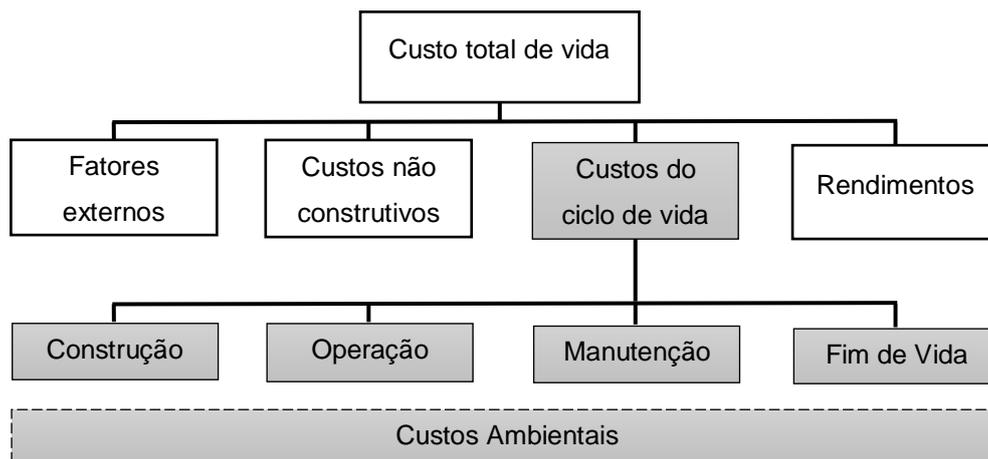


Figura 2.2- Elementos referentes ao CTCV e ao CCV (adaptado de ISO 15686-5, 2008).

Entende-se então do anterior que o CCV é uma de quatro componentes que concorrem para o custo total de vida. As outras parcelas estão ligadas a fatores externos (custos ou benefícios quantificáveis que ocorrem quando as ações de um indivíduo ou de uma organização têm efeitos em outras pessoas (ISO 15686-5 (2008)), a custos não construtivos e a eventuais rendimentos que possam advir. Aos custos do ciclo de vida é importante associar também os custos dos impactos ambientais, impactos estes que não ocorrem em nenhuma fase específica do ciclo de vida, pelo contrário são transversais a todas elas.

Fruto da existência dos referidos impactos ambientais, tanto o CTCV como o CCV coadunam com um outro conceito: a avaliação de ciclo de vida. Este último conceito reside na providência de estimativas acerca dos impactos ambientais acumulados por um ativo ao longo do seu ciclo de vida. Esta avaliação pode levar os responsáveis pela tomada de decisão a optar por mobiliários, equipamentos eletrónicos, papeis, produtos químicos, entre muitas outras coisas, que conduzam a um menor impacto ambiental. É importante realçar a diferença de propósito entre os dois primeiros conceitos abordados e este último, uma vez que os dois primeiros utilizam as suas ferramentas em prol da consecução de benefícios monetários, enquanto que a ACV têm como objetivo um “melhor valor ambiental” (Perera, Morton, & Perfrement, 2009). Para esta vertente mais ligada ao ambiente, a norma ISO 15686-5 define o conceito de ACV, referindo-se a este como um método de contabilizar e avaliar os impactos ambientais associados a um produto, sistema ou atividade, através da descrição e análise da energia e dos materiais utilizados e libertados para o ambiente ao longo do ciclo de vida.

### 2.3.2 Modelos e ferramentas

Desde o aparecimento do conceito de ciclo de vida que os modelos de ferramentas para abordar a questão se multiplicam. Existe uma grande diversidade de países que desenvolveram modelos nesta área, como por exemplo a Austrália, a Suécia e os EUA.

Na Austrália foi criada uma ferramenta de enquadramento estratégico da gestão de ativos (*strategic asset management framework*) que se destina a ser aplicada a todos os ativos cujo o valor exceda os dez mil dólares no momento da compra. Neste caso específico, a ferramenta contempla recursos naturais, edifícios, terrenos, equipamentos, património cultural, ou outras infraestruturas, e é

destinada particularmente ao setor público. Esta ferramenta foi criada para que todos os investimentos e decisões a tomar, tenham em conta todos os custos e benefícios ao longo da vida do ativo, e para além disso, que sejam assentes em níveis de risco aceitáveis (Government of South Australia, 1999).

O Conselho de Gestão Ambiental Sueco também implementou, como anteriormente referido, um conjunto de ferramentas com vista a providenciar uma estimativa dos verdadeiros custos da compra de um qualquer produto ao longo do tempo. Neste caso concreto é feita uma divisão entre informações de custos imputados aos fornecedores de materiais e serviços e informações a disponibilizar pelos compradores. No que diz respeito aos fornecedores, estes devem indicar os investimentos necessários (preço de compra, custos de entrega para todos os bens necessários e possíveis investimentos necessários ao longo dos anos), os custos de operação (consumos e custos de manutenção por ano) e outros custos (como por exemplo taxas anuais). Por outro lado, o comprador tem que referir o número de anos que pretende para o cálculo, as quantidades do produto em causa, a média anual de utilização, entre outras coisas. Esta é uma ferramenta geral, embora se adegue especialmente bem a produtos que consomem energia durante a sua fase de operação. Como principal inconveniente esta ferramenta tem a incerteza associada aos custos de operação. Uma subida do preço da energia elétrica pode afetar significativamente os valores calculados, na ordem dos 20% (Swedish Environmental Management Council, 2011).

O Instituto Nacional de Normas e Tecnologia dos EUA (*National Institute of Standards and Technology*) desenvolveu o *software Building Life Cycle Cost* (BLCC). Este programa informático é uma ferramenta de análise para avaliar diferentes alternativas referentes a edifícios ou a componentes relacionados com os mesmos (Figura 2.3). Tipicamente a ferramenta é usada para avaliar opções de projeto que possuem um custo inicial mais elevado, mas custos de operação ao longo do ciclo de vida mais reduzidos. Ao mesmo tempo compara níveis de serviço, como por exemplo a segurança e o conforto dos utilizadores. A ferramenta é igualmente útil, tanto no setor público, como no setor privado.

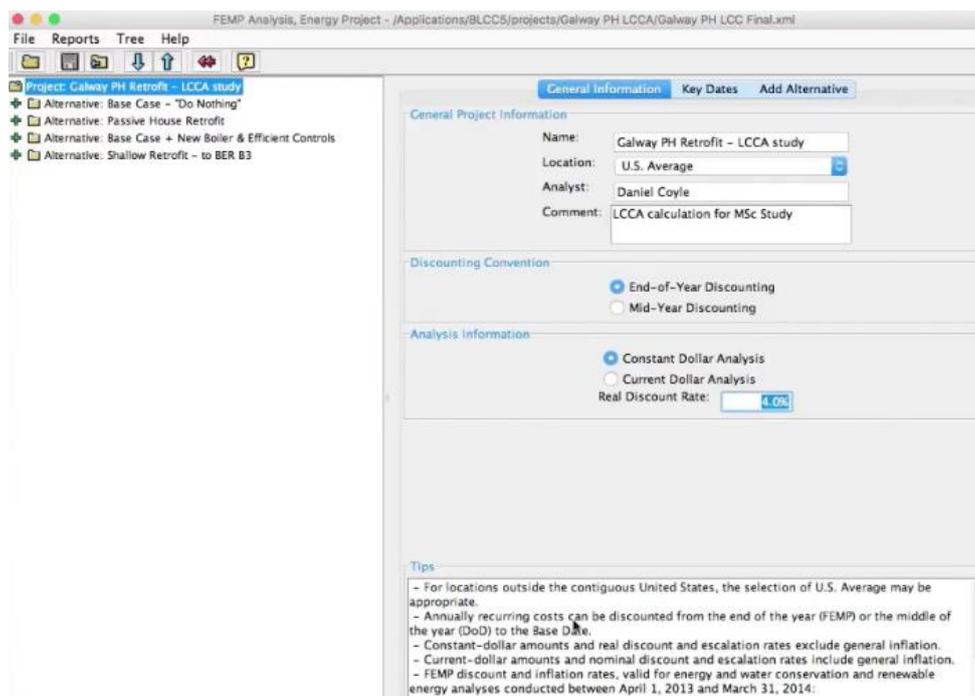


Figura 2.3- Interface do programa BLCC.

Em Portugal, a regulamentação relativa ao desempenho energético de edifícios, materializada pelo Decreto-lei n.º118/2013, constitui um exemplo de uma dessas ferramentas, permitindo comparar os custos com energia de diferentes soluções e, em menor escala, estimar os custos com energia ao longo do ciclo de vida. Este documento foi aprovado com o intuito de promover com dinamismo a eficiência energética dos edifícios e, por essa via, adquirir uma experiência relevante que se traduza na eficácia do sistema de certificação energética. A criação e operacionalização do sistema de certificação energética, a par dos esforços empregados pelo Governo Português, tem levado a um destaque crescente dos temas relacionados com a eficiência energética e utilização de energias renováveis, tanto por parte dos cidadãos, como por parte dos agentes de mercado (Ministério da Economia e do Emprego, 2013).

Para além de existir uma diversidade de ferramentas no que diz respeito à origem das mesmas, existe também diversidade no âmbito associado a cada ferramenta. No âmbito da construção sustentável e dos componentes de edifícios, tem-se como exemplo o projeto “SMART SPP- Inovação através de compras públicas sustentáveis”, que decorreu desde setembro de 2008 até agosto de 2011, e que teve a oportunidade de desenvolver uma ferramenta para ajudar a calcular os custos do ciclo de vida e emissões de CO<sub>2</sub> de diferentes produtos e serviços auxiliando desta forma o processo de compra. Esta ferramenta está especialmente vocacionada para a avaliação de produtos inovadores, ou seja, ainda em fase de desenvolvimento (Aure, Seebach, & Moller, 2011). Existem já alguns casos de estudo decorrentes desta análise, um dos quais posto em prática pela Câmara Municipal de Cascais, referente à aquisição de iluminação pública energeticamente eficiente. Os resultados da instalação piloto mostraram que pode obter-se uma poupança de 30% através da simples substituição da iluminação convencional por *Light Emitting Diode* (LED), no entanto, o facto desta forma de iluminação ainda não estar muito implementada, levou a que não existisse experiência suficiente para obtenção de dados relativos aos custos de ciclo de vida (Estevan et al., 2011).

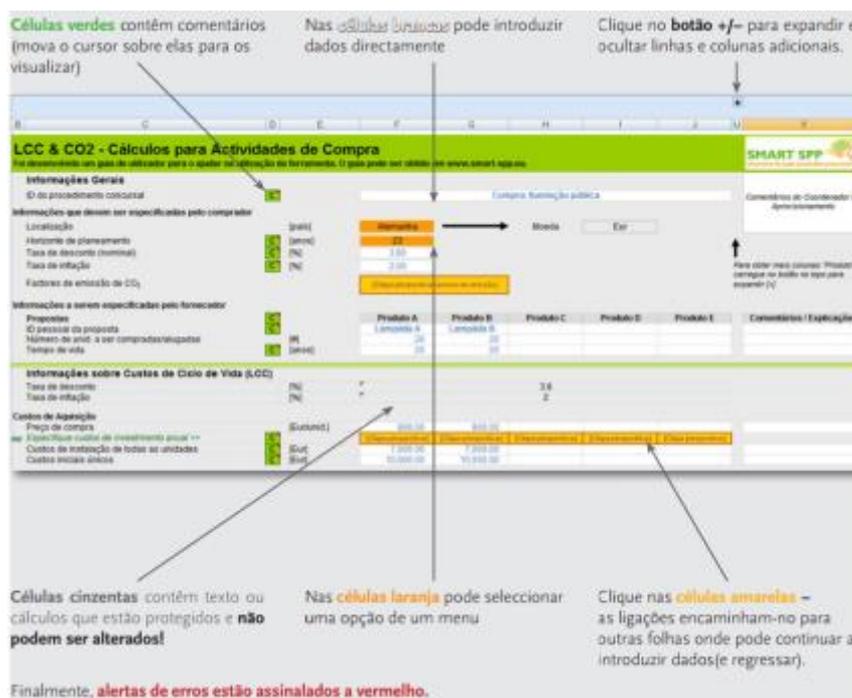


Figura 2.4- Interface da ferramenta LCC-CO<sub>2</sub> (Aure et al., 2011)

Na Figura 2.4 é possível visualizar a interface da ferramenta. Os separadores, que permitem alternar entre folhas de cálculo, são dotados de um código de cores para facilitar a interação com o utilizador. Os separadores a verde-claro devem ser utilizados para a introdução direta de dados, os verde-escuro contêm texto informativo e os separadores cinzentos-escuros destinam-se a cálculos de segundo plano. Adicionalmente, os diferentes tipos de células também possuem diferentes cores por forma a guiar o utilizador durante a experiência de utilização da ferramenta. A Figura 2.4 também faz referência às cores para células utilizadas e ao que as mesmas representam.

A empresa *System Analysis and Program Development* (SAP), líder de mercado em software empresarial, também lançou produtos com vista a monitorizar o ciclo de vida de ativos. Dois exemplos desses produtos são o *Real Estate Life Cycle Management* (RELCM) (2012), ou em português, Gestão do Ciclo de Vida de Empreendimentos imobiliários, que permite fazer a gestão do edifício através de ferramentas de decisão que vão de encontro aos requisitos da empresa, e o *Product Lifecycle Management* (PLM) (2013), ou em português Gestão do Ciclo de Vida de Produtos, que permite ao fabricante fazer o controlo de um produto desde a sua conceção até ao final do ciclo de vida (Rodrigues, 2014).

Exemplo de um âmbito diferente é a indústria ferroviária, onde também foram criadas ferramentas para promover e melhorar a utilização da previsão do CCV, o cálculo e a troca de informações. Estas ferramentas são da autoria da Sociedade Europeia da Indústria Ferroviária (European Society of Railway Industry). Em 1997 foi formado um grupo de trabalho para se dedicar à investigação do custo de ciclo, e no ano 2000 teve lugar o lançamento das ferramentas UNILIFE e UNIDATA. Estas ferramentas foram aplicadas na empresa Bombardier e na empresa Siemens e, desde então, mais versões têm sido lançadas (Kjellsson & Hagemann, 2000).

Posto isto, existem ainda autores que referem ferramentas para cálculo e avaliação do CCV. Kemps (2012) expõe o modelo descrito por Dell'Isola, que não tem em consideração os custos que sejam iguais. Por este motivo a maior parte dos custos de ciclo de vida podem ser desprezados, o que torna o modelo mais conciso, claro e fácil de compreender. Este modelo tem ainda a vantagem de tornar a relação dos parâmetros iniciais com os resultados obtidos muito mais fácil de demonstrar (citado de Dell'Isola & Kirk, 2003).

Outra ferramenta existente desde 1998 é a gestão do ciclo de vida (*Life Cycle Management*). É uma abordagem prática para minimizar os encargos ambientais com um produto durante o seu ciclo de vida, ligando a eficiência económica ao desenvolvimento sustentável. Consiste numa gama de ferramentas, baseadas em ferramentas ambientais existentes e sistemas de gestão que podem incluir normas nacionais ou internacionais, bem como validação de alguns indicadores (Hunkeler et al., 2003).

Um dos modelos mais utilizados e credíveis até à data é o proposto pela norma ISO 15686-5. Este modelo estabelece um enquadramento dos custos em quatro categoria principais: construção, operação, manutenção e custos de fim de vida. Exemplos desses custos são por exemplo, no que diz respeito aos custos de operação, o seguro, os custos energéticos, água e esgotos, limpeza, eventuais impostos e taxas entre outros. Nos custos de manutenção estão incluídos os custos de reparações ou substituições de rotina de alguns componentes enquanto nos custos de reabilitação contabilizam-se os custos com restauros ou substituições de elementos preponderantes do edifício, por exemplo. Por fim,

no que diz respeito aos custos de fim de vida, temos, por exemplo, os associados à demolição, à limpeza do local e ao tratamento dos resíduos. O modelo em questão, além dos custos, distingue também os níveis de análise nas diferentes fases do ciclo de vida. Ao nível estratégico são definidos os requisitos funcionais e de desempenho para a construção do ativo, é estabelecida a vida útil de projeto e o período abrangido pela análise, são tomadas em consideração as prioridades do cliente, entre outras considerações. Os outros dois níveis de análise são cada vez mais específicos. A análise ao nível do sistema integra as considerações sobre as fundações, as paredes, os pavimentos, a energia, e outros de especificidade semelhantes. O nível de análise detalhado vai até aos tipos de pintura, aos equipamentos elétricos e, por exemplo, os tipo de telhas (ISO 15686-5, 2008).

Esta análise revela-se particularmente interessante para edifícios públicos, sendo que este interesse se prende com a ideia de que a entidade que assume os encargos de aquisição vai ser também responsável por assumir os custos de operação e de manutenção do ativo, quer isto dizer que esta abordagem é principalmente desafiadora para a rentabilização do mesmo a longo termo (ISO 15686-5, 2008).

Quase em simultâneo à publicação da norma ISO 15686-5 (2008) surge um outro documento com base nessas mesmas normas, documento este da autoria da consultora Davis Langdon, denominado por “*Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology*”. Este documento providência uma metodologia comum para uma aplicação consistente da ACCV por toda a Europa. Este propósito é conseguido através da identificação das considerações chave a levar em conta em cada etapa do processo de análise. Consiste num guia prático para a aplicação da ACCV, sobretudo para o sector público (Langdon, 2007a).

Outro guia de aplicação de ACCV é o que está presente na norma IEC 60300-3-3 (2004). Esta norma proporciona uma introdução geral ao conceito de ACCV e das respetivas aplicações, tanto para os utilizadores como para os fornecedores dos produtos, explicando a importância do processo e identificando as principais características, para facilitar na planificação do programa ou projeto.

Mais recentemente, em junho de 2015 foi publicada a norma EN 16627 (2015), um documento intitulado de “*Sustainability of construction works – Assessment of economic performance of buildings – calculation methods*”. Esta norma descreve métodos e regras para o cálculo dos fluxos de dinheiro acionados ao longo do ciclo de vida dos edifícios, utilizando uma abordagem para o cálculo do desempenho económico de um edifício baseada na análise do seu ciclo de vida. O cálculo deste indicador é obrigatório para o cumprimento da norma, que é válida quer para edifícios novos, quer para edifícios já existentes. Ao longo do documento é feita referência à avaliação de todos os patamares do ciclo de vida do edifício, incluindo os produtos de construção utilizados, os processos e os serviços relacionados (EN 16627, 2015).

A principal função de uma análise ao CCV é fornecer ao cliente/investidor opções de escolha que não difiram apenas no seu custo inicial, mas também nos seus custos associados ao longo de toda a vida útil. A apreciação do CCV pode ser aplicada de forma equivalente a um grande edifício, aos materiais nos quais esse edifício foi construído, ou a um qualquer componente individual (Langdon, 2007a). Assim, têm sido desenvolvidos modelos e ferramentas genéricos ou para aspetos ou componentes particulares dos edifícios, associados ao objetivo de materializar uma análise mais

congruente do CCV. Todas estas ferramentas e metodologias surgem no sentido de tornar a ACCV mais fiável, menos dúbia e com um menor grau de incerteza possível, na esperança que isso permita alargar os horizontes e fomentar a aplicação da metodologia (ISO 15686-5, 2008).

## 2.4 Modelos de degradação

Os materiais utilizados na construção de edifícios são diversificados. Cada um deles possui características e propriedades distintas, o que faz com que, naturalmente, a forma como se comporta seja também bastante diferente. Para acentuar ainda mais estas diferenças, as condições de aplicação e utilização e o ambiente a que cada material está exposto e com o qual interage diferem. Basta pensar num qualquer elemento interior, em contraste com o mesmo elemento exposto a um ambiente exterior. Daqui resulta uma variação mais ou menos acelerada do comportamento dos edifícios com o tempo. Na prática, se não existirem operações de manutenção nem reabilitação, a condição do edifício ir-se-á deteriorar até à falha material dos seus componentes. Esta deterioração levará a que, num determinado momento, o edifício deixe de cumprir os seus requisitos mínimos de desempenho (P. Almeida, 2010).

É neste contexto que surge a necessidade de desenvolver modelos de degradação que permitam melhorar o planeamento das intervenções de manutenção e/ou reabilitação na gestão de ativos físicos construídos. Estes modelos podem ser definidos como representações matemáticas que mostram um acréscimo da degradação ao longo do tempo e em função de parâmetros de projeto (Hovde & Moser, 2004). Os modelos de degradação podem ainda ser diferenciados em três grandes classes distintas (Paulo, Branco, & Brito, 2014):

- Determinísticos.
- Probabilísticos ou estocásticos.
- Modelos de engenharia.

Os modelos determinísticos têm como principal característica o facto de não levarem em conta a disseminação da degradação, ou seja, não contabilizam a incerteza no processo de degradação. Em resultado disso, estes modelos apenas fornecem um valor de degradação para os parâmetros introduzidos, valor esse que é, usualmente, o valor médio.

Os modelos probabilísticos, ou estocásticos, contabilizam esta disseminação da deterioração. Nestes modelos assume-se que a deterioração é um processo estocástico e que é regulado por variáveis aleatórias. Este modelo é considerado essencial uma vez que tem em consideração esta componente variável da degradação que, em geral, é significativa. O grau do risco ao avaliarmos a degradação de um elemento sem contabilizar a disseminação da deterioração pode ser elevado.

Os modelos de engenharia combinam características dos dois grupos de modelos anteriores, ou seja, dos modelos determinísticos e dos modelos probabilísticos. Estes modelos têm o intuito de melhorar a abordagem determinística, introduzindo informação estocástica para produzir modelos de análise mais otimizados. (Paulo et al., 2014)

Em suma, podemos abordar os modelos determinísticos como sendo modelos que dependem de uma durabilidade de referência, como sendo por exemplo a durabilidade referenciada nos catálogos do fabricante, que vai posteriormente ser alterada de acordo com os fatores referentes às condições de serviço que são espectáveis. Desta forma chegamos a um valor absoluto representativo da

durabilidade do elemento. Por sua vez, os modelos probabilísticos, procuram através do cálculo matricial ou probabilístico definir a probabilidade de ocorrência de uma mudança de estado no elemento, por forma a reduzir a incerteza inerente à degradação do mesmo. Por fim, os modelos de engenharia, partem de metodologias mais simples (determinísticas) e inculcem-lhes alguma variabilidade associada à incerteza (probabilísticos), sem que com isto os tornem demasiado complexos (P. Almeida, 2010).



### 3 Metodologia

#### 3.1 Contributos

A apreciação do CCV é um processo iterativo. Em cada fase do projeto, desde a conceção até ao fim de vida, devem ser verificados os pressupostos anteriores, e o cálculo do custo de vida deve ser então refinado passo a passo de forma a fornecer resultados com o maior grau de certeza possível (TG4, 2003).

Por diversos motivos, é difícil a existência de uma metodologia genérica universal de aplicação direta a cada caso específico. Tal deve-se, entre outros aspetos, à enorme diversidade de características particulares que um edifício pode ter, que o tornam diferente de todos os outros e merecedor de uma análise personalizada. As diferentes finalidades e as diferentes intenções de quem está a fazer a análise são outras das razões que fazem com que seja difícil cingir a análise de um ativo à aplicação de uma única metodologia diretamente.

Pelos motivos referidos, no presente documento será adotada uma metodologia resultante da congregação das abordagens patentes em duas referências principais, a abordagem da norma ISO 15685-5 (2008) e a abordagem proposta pela consultora Davis Langdon em 2007. As duas abordagens são compatíveis no sentido em que a segunda foi desenvolvida a pedido da Comunidade Económica Europeia com o intuito de detalhar processualmente a aplicação da norma ISO 15685-5 (2008).

Para além destas duas referências principais, a metodologia proposta socorre-se ainda de outras duas publicações internacionais, as normas IEC 60300-3-3 (2004), e EN 16627 (2015).

O quadro que se segue apresenta a contribuição de cada documento para a formulação dos passos que constituem esta metodologia.

Quadro 3.1- Contributo de cada publicação para a metodologia.

Passos	Publicações			
	Davis Langdon	ISO 15686-5	IEC 60300-3-3	EN 16627
1	✓	✓	✓	✓
2	✓			✓
3	✓	✓		✓
4	✓	✓		
5	✓	✓		
6	✓			
7	✓			✓
8	✓			
9	✓	✓	✓	✓
10	✓			
11	✓			
12	✓			
13	✓	✓		
14	✓			
15		✓		

A metodologia de Langdon já foi aplicada por diversas ocasiões, provando a sua utilidade no apoio à decisão. No Reino Unido foi aplicada inicialmente a dois edifícios para uma empresa privada, um deles para fazer de novo e outro para remodelar (projeto INSPIRE), na Finlândia e nos Países Baixos foi aplicada a edifícios de escritórios com diferentes características, mas em ambos para um cliente público, e foi ainda aplicada a um hospital na Noruega entre outros (Langdon, 2007a). Em todas as aplicações demonstrou sempre ser uma mais valia e uma ferramenta para a obtenção de benefícios avolumados. Pelos motivos referidos e por ter sido pensada de forma a ter aplicação no contexto de edifícios já construídos, para fins como por exemplo a previsão de custos de operação, a abordagem de Langdon é tomada neste documento como referência para o fio condutor da análise. Muito sintética e esquematicamente, a Figura 3.1 expõe o fio condutor da metodologia da ACCV.

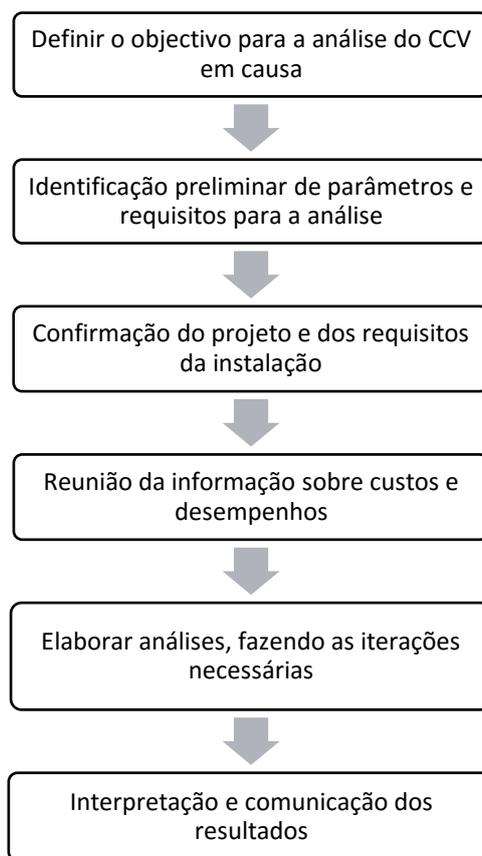


Figura 3.1- Fio condutor da ACCV (adaptado de Langdon, 2007b).

As diferentes metodologias, apesar de encontrarem formas distintas para concretizarem a ACCV, acabam por percorrer grande parte, se não a totalidade, dos tópicos chave apresentados. A consultora Langdon desenvolveu uma metodologia subdividida em 15 passos, 3 deles opcionais, por estarem ligados à análise do risco. A norma IEC 60300-3-3 (2004), por sua vez, apresenta apenas 7 passos principais, e por fim a norma EN 16627 (2015) desdobra-se em 13 passos.

## 3.2 Proposta

A metodologia proposta neste documento é composta por 15 passos e encontra-se representada esquematicamente na Figura 3.2.

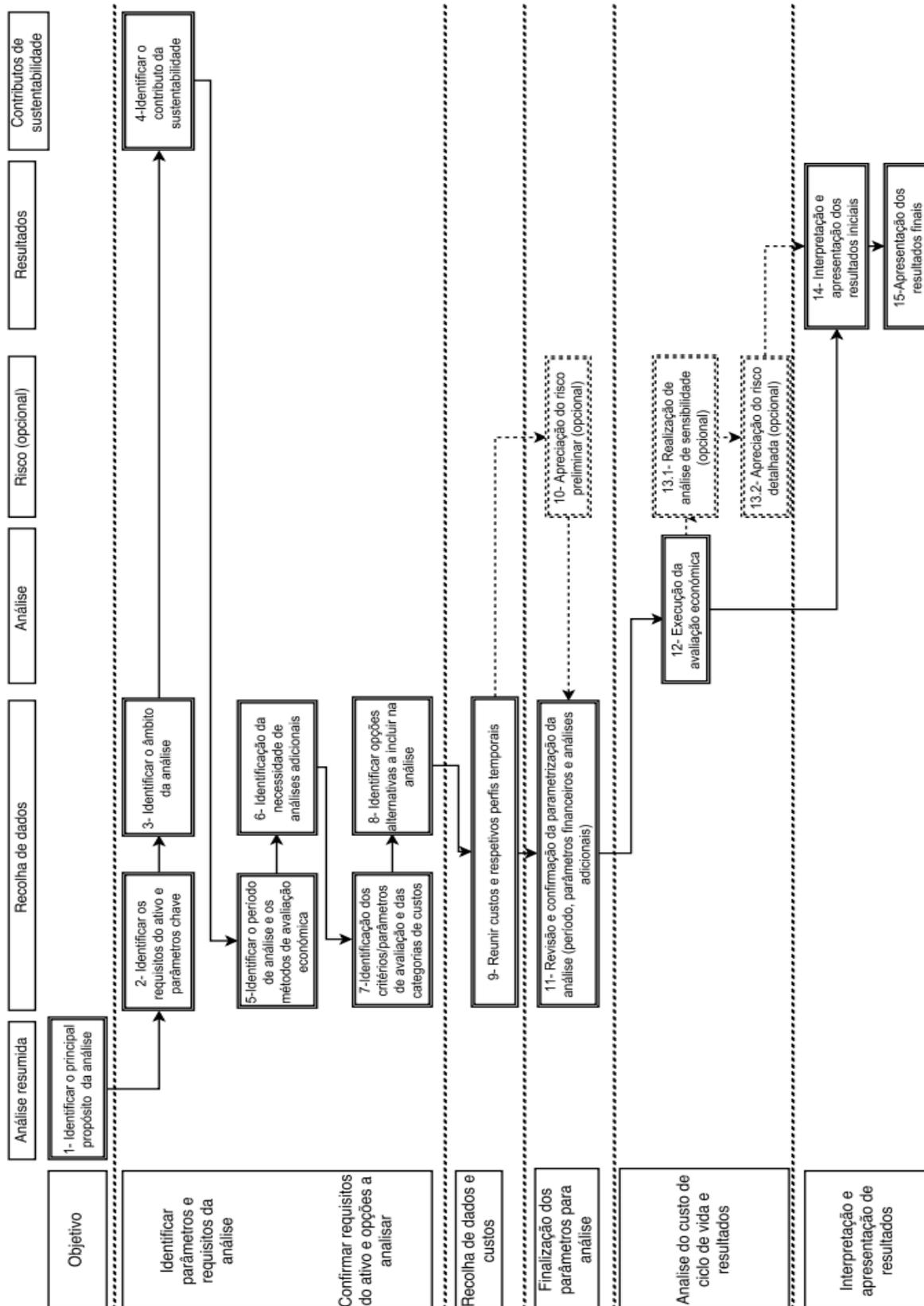


Figura 3.2- Diagrama da metodologia proposta neste documento.

O quadro resumo que se segue apresenta, sinteticamente, os passos a percorrer e os respetivos procedimentos a elaborar.

Quadro 3.2- Quadro síntese da metodologia a adotar.

<b>Passo</b>	<b>Procedimentos a elaborar</b>
<b>1</b> -Identificar o principal propósito da ACCV.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar claramente o propósito.</li> <li>• Identificar os resultados passíveis de serem obtidos.</li> </ul>
<b>2</b> -Identificar os requisitos do ativo e confirmar parâmetros chave.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar os aspetos chave do ativo (funções e características).</li> <li>• Levantamento de informações sobre o nível de desempenho e qualidade do ativo.</li> <li>• Registo de possíveis restrições que possam gerir.</li> </ul>
<b>3</b> -Identificar o âmbito da ACCV.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar a(s) fase(s) a considerar.</li> <li>• Identificar o(s) nível(eis) a considerar.</li> </ul>
<b>4</b> -Identificar o contributo da sustentabilidade na ACCV.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar custos ambientais a integrar e a sua forma de quantificação.</li> </ul>
<b>5</b> -Identificar o período de análise e os métodos de avaliação económica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar o período temporal a considerar.</li> <li>• Identificar o método de avaliação económica a adotar.</li> </ul>
<b>6</b> -Identificação da necessidade de análises adicionais (risco/incerteza e análise de sensibilidade).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização de uma apreciação preliminar do risco/incerteza.</li> <li>• Identificar a necessidade de elaboração de um plano formal de gestão do risco</li> <li>• Decisão sobre os procedimentos de apreciação do risco a adotar.</li> </ul>
<b>7</b> -Definição dos parâmetros de avaliação e das categorias de custos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar os parâmetros/critérios utilizados, nomeadamente financeiros.</li> <li>• Definir o grau de resolução através da categorização dos custos.</li> </ul>
<b>8</b> -Identificar opções a serem incluídas na ACCV.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar soluções alternativas para análise.</li> <li>• Definir como essas soluções alternativas serão caracterizadas.</li> </ul>
<b>9</b> -Reunir custos e respetivos perfis temporais para serem usados na análise de CCV.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar os custos relevantes dentro de categoria.</li> <li>• Identificar valores para cada custo.</li> <li>• Identificar um perfil temporal para cada custo.</li> </ul>

10-Apreciação do risco preliminar (opcional).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise qualitativa do risco, compilação e atualização dos dados sobre risco.</li> <li>• Confirmar o âmbito e a extensão para uma análise quantitativa do risco.</li> </ul>
11-Revisão e confirmação da parametrização da análise (período, parâmetros financeiros e análises adicionais).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aferir o valor dos parâmetros financeiros.</li> <li>• Reavaliar o período de análise.</li> </ul>
12- Execução da avaliação económica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construção do modelo de cálculo.</li> <li>• Introdução dos dados.</li> </ul>
13.1-Realização de análise de sensibilidade (opcional).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar uma análise de sensibilidade.</li> <li>• Interpretação dos resultados.</li> </ul>
13.2-Apreciação do risco detalhada (opcional)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação do risco quantitativa.</li> <li>• Interpretação dos resultados.</li> </ul>
14- Apresentação e interpretação e dos resultados iniciais.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretação inicial de resultados.</li> <li>• Apresentação de resultados.</li> </ul>
15- Apresentação dos resultados finais e preparação do relatório final.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentar os resultados num documento final.</li> </ul>

### **Passo 1 - Identificar o principal propósito da ACCV**

O primeiro passo desta análise surge com o propósito principal de identificar claramente os objetivos do processo que se inicia, por forma a conseguir que este seja aplicado ao caso de estudo da forma mais apropriada e satisfatória (Langdon, 2007b). Segundo a norma IEC 60300-3-3 (2004) os propósitos mais recorrentes nos quais o processo de ACCV pode ser utilizado são:

- Avaliação e comparação de abordagens alternativas de projeto.
- Avaliação da viabilidade económica de um projeto ou produto.
- Identificação de custos e possíveis otimizações.
- Avaliação e comparação de estratégias alternativas para o uso, operação e manutenção do produto, entre outras.
- Definição de prioridades na atribuição de meios para o desenvolvimento e melhoria de um produto.
- Planificação de financiamentos a longo prazo.
- Avaliação dos critérios de garantia de um produto.

Além destes propósitos, a norma EN 16627 (2015) menciona também a possibilidade de utilizar esta análise com o objetivo de discernir entre reabilitar, reconstruir ou construir de novo, com base no desempenho económico.

Depois de bem identificados os objetivos principais pretendidos, torna-se mais claro o processo a utilizar e, torna-se também possível, identificar a gama de resultados esperados após a realização da análise.

## **Passo 2 - Identificar os requisitos do ativo e confirmar parâmetros chave**

No decorrer da ACCV é importante identificar claramente os aspetos chave do ativo em causa. Um destes aspetos é a funcionalidade. A funcionalidade baseia-se essencialmente no uso, no espaço e no acesso. O uso, neste contexto, está relacionado com o acomodar em pleno de todas as necessidades dos utilizadores, com a adaptabilidade para usos futuros, com a capacidade de promover as atividades dos utilizadores e também com a segurança e higiene. Os aspetos a serem levantados no que diz respeito ao espaço, por sua vez, incluem a área de implantação, as áreas de circulação, e um balanço geral das diferentes necessidades relativamente a espaços comuns e também a espaços privados. O terceiro e último aspeto prende-se com a acessibilidade, e inclui a análise da rede de transportes públicos, bem como melhorias futuras já propostas, parques de estacionamento e também a acessibilidade para pessoas de mobilidade reduzida.

Existem ainda critérios a analisar relacionados com o desempenho físico do ativo. Exemplos destes são por exemplo a resistência ao desgaste e à deterioração, a facilidade de limpeza e manutenção e o estado dos materiais utilizados na construção. Além destas características físicas, o ativo pode também ser analisado no que diz respeito à eficiência energética, atendendo aos esforços que têm lugar no sentido de, por exemplo, minimizar o consumo de energia ou as emissões de CO<sup>2</sup> (Langdon, 2007b).

Tendo em conta tudo o que foi referido anteriormente, no final deste passo os requisitos principais que devem estar perfeitamente identificados são:

- Tipo de edifício (edifício de escritórios ou edifício industrial por exemplo).
- Exigências técnicas e funcionais pertinentes (exigências legais e regulamentares por exemplo).
- Perfil de utilização (habitação ou zona comercial por exemplo).
- Período de vida útil.

Estes são os tópicos principais, no entanto o utilizador da metodologia não deve olhar para estes tópicos como um limite, mas sim como um ponto de partida. Em alguns casos específicos, outras informações, como por exemplo as condições climáticas ou outras condições ligadas ao ambiente, podem também ser elementos pertinentes para inclusão neste passo (EN 16627, 2015).

## **Passo 3 - Identificar o âmbito da ACCV**

Para possibilitar a obtenção dos resultados pretendidos é necessário identificar o âmbito da análise. Inicialmente deve ser pensada uma escala de aplicação a ser utilizada, uma vez que a metodologia constante neste documento pode ser levada a cabo para um edifício ou para uma estrutura de engenharia, mas, pode também ser utilizada para qualquer um dos seus componentes. Por ser impraticável (e desnecessária) a análise detalhada do CCV de todos os componentes e materiais constituintes de um ativo, a ACCV deve-se concentrar nos componentes ou materiais do edifício que se prevê que possam vir a ter o maior impacto nos custos e no desempenho do ativo. Estes componentes ou materiais devem ser identificados nesta fase, ou em alternativa podem ser identificadas algumas especificidades que o utilizador queira ver analisadas, mesmo que não se encaixem na descrição anterior (Langdon, 2007b).

A definição da fase, ou fases, do ciclo de vida em que se encontra o objeto de estudo, bem como os limites e fronteiras da análise em causa é o procedimento seguinte. A definição da fronteira está diretamente relacionada com a fase do ciclo de vida em que se encontra o ativo, como se pode ver na Figura 3.3. Para um edifício novo, por exemplo, a fronteira da análise contempla normalmente todo o ciclo de vida, enquanto que para um edifício já existente devem ser consideradas as implicações de aquisição e todas as fases restantes da vida do ativo (EN 16627, 2015).

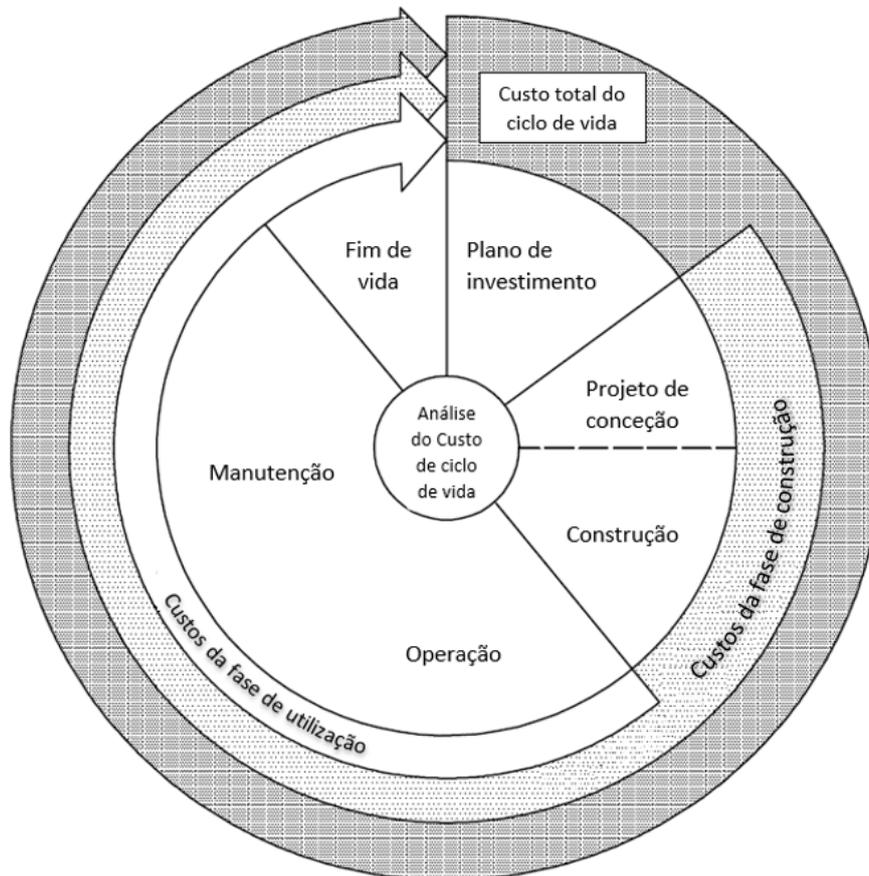


Figura 3.3- Análises em diferentes fases do ciclo de vida (adaptado de ISO18686-5, 2008).

Na prática, contudo, pode ser definido o âmbito que se quiser dependendo do contexto e objetivos de quem realiza a análise. Por exemplo, uma empresa responsável manutenção de um edifício ou uma concessão para exploração de uma infraestrutura pode ditar a definição de âmbitos distintos das fases do ciclo de vida do ativo.

Após a consideração da escala de aplicação, dos elementos a analisar e dos limites e fronteira a considerar, conclui-se o presente passo do processo.

#### **Passo 4 - Identificar o contributo da sustentabilidade na ACCV**

Dado que a sustentabilidade, principalmente ambiental, está a adquirir cada vez mais um papel chave na avaliação dos ativos construídos, este passo visa avaliar os custos relacionados diretamente com sustentabilidade que possam ser incluídos na ACCV, bem como a necessidade de fazer uma análise específica ao desempenho ambiental do ativo.

Apesar do desempenho ambiental do ativo prevalecer conceptualmente no domínio da sustentabilidade neste âmbito, existe também sustentabilidade social e sustentabilidade económica. Exemplos disso são por exemplo a satisfação, conforto, saúde pública e bem-estar da comunidade, para o primeiro caso, e o desenvolvimento de capacidades, oportunidades de emprego e negócios locais para o segundo.

Todos estes assuntos relacionados com sustentabilidade são bastante difíceis de contabilizar e incorporar na ACCV, embora muitas vezes bastante importantes.

No caso de ser realizada uma ACV - análise do ciclo de vida (*Life Cycle Assessment* - método de avaliação da sustentabilidade no ciclo de vida mais versátil segundo Langdon e o único padronizado pelas normas ISO), é neste passo que se deve considerar a dimensão com a qual os resultados da avaliação ambiental devem entrar como dados para a ACCV (Langdon, 2007b).

## **Passo 5 - Identificar o período de análise e os métodos de avaliação económica**

A identificação apropriada do período de análise é fundamental para os resultados da ACCV. O período de análise é formalmente definido pela norma ISO15686-5 (2008) como sendo o período de tempo ao qual é aplicada a ACCV. A mesma definição refere ainda que o período de análise deve ser determinado no início do processo, para se ajustar ao período de tempo e fase em que a análise tem interesse em função da atribuição de responsabilidades (e.g., período de tempo em que uma parte interessada está envolvida no empreendimento), ou então basear-se na totalidade do ciclo de vida do ativo. De notar que quanto maior for o período de análise, maiores serão também os níveis do risco assumidos no processo, no que diz respeito a impactos a longo prazo como por exemplo a inflação, necessidades e uso futuro do ativo, manutenção de componentes entre outros. A previsão das exigências do ativo torna-se cada vez mais difícil ao longo do tempo, e por isso, na consideração de um período de análise longo, é necessário compreender o acréscimo do risco que isso significa.

Seja qual for o período de análise será sempre necessário ter presente o conceito de taxa de atualização. Este é um conceito de uso alargado a várias áreas que têm como objetivo possibilitar a comparação de custos ou lucros que ocorram em diferentes pontos no tempo. Esta taxa assenta essencialmente na inflação e no valor da moeda, permitindo assim que quantias a despendido no futuro possam ser consideradas e aglomeradas a quantias despendidas no presente de uma forma mais realista. O uso de uma taxa de atualização baixa significa despendido uma soma maior à priori, com o propósito de gerar maior poupança durante o período de análise. Por esse motivo, nos investimentos do sector público é aconselhável usar taxa de atualização zero, uma vez que os investimentos têm o intuito de servir as gerações futuras.

No que diz respeito aos métodos de avaliação económica existe uma vasta gama de técnicas de análise financeira para o efeito (Langdon, 2007b):

- Valor atual líquido (VAL).

O valor do dinheiro não é constante ao longo do tempo. Tendo em conta este facto, o valor atual líquido tem por objetivo converter uma série de valores e benefícios futuros, para o correspondente valor atual (ISO 15686-5, 2008). Este critério é particularmente aconselhado fazer uma escolha

consciente de entre vários projetos com níveis de investimento semelhantes. Caso se tratem de projetos com níveis de investimento e prazos de vida bastante diferentes, tem pouca utilidade, sendo aconselhável recorrer a outros critérios complementares (Mendes, 2011, citado de Abecassis & Cabral, 1991).

Caso o modelo trate apenas custos, o VAL passa a ser designado apenas por custos atualizados.

O VAL expressa-se da seguinte forma:

$$VAL = \sum (Ct \times q) = \sum_{t=0}^N \frac{Ct}{(1+d)^t} \quad (1)$$

onde:

$C_t$  é o custo no ano  $t$ ;

$q$  é o fator de desconto;

$d$  é a taxa de atualização;

$t$  é o número de anos entre a data de base e a data de ocorrência de custo;

$N$  é o período de análise;

- Período de retorno (PR).

É um critério onde se procura medir o tempo que demora entre a realização do investimento e a sua recuperação através dos proveitos acumulados (Mendes, 2011). Este critério, normalmente, ignora todos os custos e poupanças depois de atingido o retorno do investimento adicional. Este facto torna possível que um investimento com um PR mais reduzido seja uma opção menos vantajosa, face a uma outra com o PR maior. O PR expressa-se da seguinte forma (Mendes, 2011):

$$\sum \frac{t}{(1+d)^t} = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+d)^t} \quad (2)$$

onde:

$I$  é o investimento no ano  $n$ ;

$CF_t$  é o *cash flow* das fases de investimento ou exploração;

- Taxa interna de rentabilidade (TIR).

A TIR é definida como a “taxa de juro que anula o VAL do investimento” (DG Política Regional Comissão Europeia, 2003). Esta taxa resulta da seguinte equação (Mendes, 2011):

$$VAL = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+TIR)^t} \quad (3)$$

A TIR é o outro indicador ao qual normalmente se aconselha o cálculo aquando do cálculo do VAL (Soares, Moreira, Couto, & Pinho, 2012).

### **Passo 6 - Identificação da necessidade de análises adicionais (risco /incerteza e análise de sensibilidade)**

A norma ISO 31000 (2009) define o risco como o efeito da incerteza nos objetivos e define ainda a gestão do risco como o conjunto de atividades coordenadas para direcionar e controlar uma

organização, tendo em consideração o risco. É neste contexto que as análises risco/incerteza se revelam merecedoras de alguma atenção particular.

A aplicação do processo de gestão do risco é composta por um conjunto de conceitos e práticas desenvolvidos para auxiliar no processo de tomada de decisão. Por mais que a avaliação dos custos chave seja robusta e bem sustentada, existirá quase sempre um elemento do risco associado a estes cálculos. Esta existência do risco deve-se essencialmente ao facto de o processo de cálculo do custo de vida se basear em previsões sobre custos futuros.

Estes tipos de apreciações relacionadas com a incerteza permitem avaliar o risco do decisor e das suas atitudes, de uma forma sistemática, tornando possível quantificar o grau de robustez da decisão final. Desta forma as partes envolvidas tomam conhecimento da existência de um certo grau do risco associado a cada decisão, e mais importante, têm conhecimento de possíveis medidas para o tratar (Langdon, 2007b). O quadro que se segue fornece alguns exemplos dos riscos identificados, e as respetivas medidas de mitigação possíveis.

Quadro 3.3- Riscos e decisões para reduzir o respetivo impacto (adaptado de Langdon, 2007).

<b>Riscos identificados</b>	<b>Possíveis medidas para fazer face ao risco</b>
1- Risco de aumento da exigência da legislação ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleção de materiais mais caros, mas com um desempenho ambiental melhor.</li> <li>• Seleção de materiais com uma vida útil mais reduzida para substituição a curto prazo.</li> </ul>
2- Risco de aumento de custos devidos à necessidade de substituir componentes mais cedo do que o esperado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecionar materiais com período de vida útil maior ou com maior garantia</li> <li>• Introduzir planos de manutenção.</li> </ul>
3- Risco de aumento do preço da mão-de-obra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecionar sistemas que necessitem de menos limpeza e manutenção.</li> </ul>

Não sendo nesta fase o objetivo proceder a uma análise do risco ou sensibilidade, deve ser identificada a necessidade, ou não, de a elaborar (Rodrigues, 2014).

### **Passo 7 - Definição dos parâmetros de avaliação e das categorias de custos**

O processo de ACCV depende fundamentalmente da identificação dos custos relevantes. Dependendo do período de análise, os custos a abranger podem ir desde o projeto inicial até aos custos de fim de vida, passando pelas fases de construção, operação e manutenção.

De uma forma genérica e simplificada, a norma ISO 15686-5 (2008) classifica os custos da forma apresentada na seguinte figura.

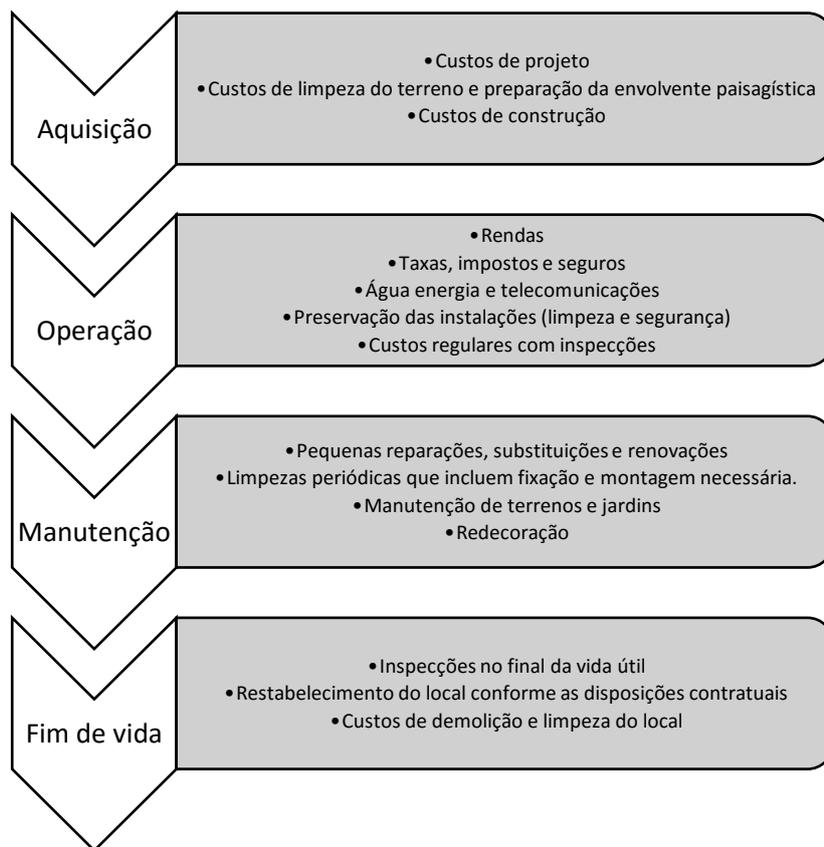


Figura 3.4- Classificação de custos (adaptado de ISO18686-5, 2008).

A classificação dos custos por categorias pode também ser feita como sugere a norma EN 16627 (2015). Ao contrário do que consta na norma ISO 18686 (2008), esta norma aglutina os custos relativos à fase de operação e os custos relativos à fase de manutenção, num único conceito ao qual dá o nome de custos relativos à fase de utilização. A norma EN 16627 (2015) atribui aos custos um carácter modular, formulando vários módulos de custos que juntos correspondem aos custos de uma determinada fase do ciclo de vida.

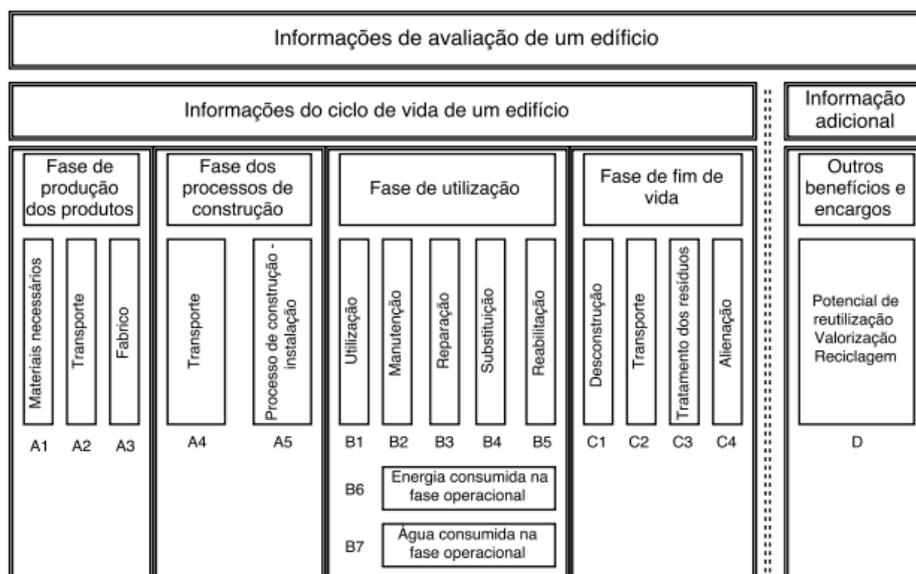


Figura 3.5- Categorias de custos de forma modular (adaptado de EN16627, 2015).

A Figura 3.5 apresenta as categorias de forma modular conforme a proposta apresentada na norma EN 16627 (2015).

Feita a categorização dos custos, é ainda neste passo que se concretizam os parâmetros de avaliação explanados no passo número 5, necessários para a avaliação económica, face às categorias de custos a contemplar. Estes parâmetros, dos quais é exemplo a taxa de atualização, vão sendo alvo de revisão durante todo processo.

### **Passo 8 - Identificar opções a serem incluídas na ACCV**

A identificação de opções a serem incluídas na análise está intimamente relacionada com os três primeiros passos. Se, por exemplo, a análise é destinada a um ativo existente para efeitos de previsão de custos, então a necessidade de considerar opções alternativas pode ser substancialmente inferior do que no caso de o objetivo ser, por exemplo, escolher a melhor opção de um determinado leque de opções. Muitas vezes as opções a serem estudadas já foram propostas pela entidade interessada, mas, caso isso não aconteça, é necessário ponderar à cerca das diferentes possibilidades e também sobre o número de opções a propor.

Segundo Langdon (2007), as opções a propor podem-se subdividir essencialmente em opções referentes ao ativo em si e opções referentes a componentes ou materiais do ativo. Exemplos de opções referentes ao ativo em si são:

- Usos alternativos para o ativo.
- Opções de investimento alternativas.
- Remodelar um edifício existente ou construir um edifício novo.
- Escolha de entre várias alternativas de configuração do ativo.

No que diz respeito a opções que se referem especificamente a componentes ou materiais do ativo em causa têm-se as seguintes:

- Materiais alternativos.
- Diferentes localizações dos materiais ou constituintes.
- Diferentes formas de instalar sistemas que compõem o ativo.

Em ambos os casos as opções apresentadas são apenas um ínfimo das opções possíveis. As especificidades de cada análise tornam as opções mais ou menos adequadas e por essa razão é comum que as várias partes interessadas se juntem para encontrar opções que possam ser uma mais valia efetiva, recorrendo às seguintes técnicas:

- Identificar uma lista de opções alternativas para cada parte do ativo (recorrer à técnica de *Brainstorming*)
- Confrontar as opções identificadas com os critérios de avaliação já ponderados.
- Identificar as opções de análise mais importantes para posterior análise.

### **Passo 9 - Reunir custos e respetivos perfis temporais para serem usados na ACCV**

Os custos das fases iniciais de um projeto são baseados tipicamente em informações retiradas dos registos do próprio cliente ou de registos dos profissionais envolvidos. À medida que o projeto vai

avançando, é possível ir afinando algumas especificações e recolher dados com maior grau de confiança à cerca das diversas fases. Toda esta informação recolhida ao longo do tempo encontrar-se-á, geralmente, numa grande diversidade de formatos e necessitará de ser analisada cuidadosamente, agrupada e ajustada, para que o resultado seja um formato adequado para a ACCV.

Além da quantificação dos custos, é necessário também identificar o perfil temporal de cada custo. Os custos de ciclo de vida podem ser agrupados em três categorias, nomeadamente:

- Custos pontuais, que ocorrem em momentos conhecidos, como por exemplo os custos de aquisição e construção.
- Custos que ocorrem de uma forma regular ou em períodos previsíveis ao longo do ciclo de vida, como por exemplo manutenções cíclicas ou limpezas.
- Custos que ocorrem menos frequentemente ou em períodos imprevisíveis, como por exemplo a substituição ou reabilitação de componentes.

A precisão com que se avalia o perfil temporal toma especial importância, uma vez que todos os custos futuros terão de ser estimados tendo em consideração a evolução dos índices de preços atualizados tendo em consideração a taxa de atualização definida.

Ainda neste passo será elaborada, de acordo com a norma ISO 15686 (2008), a previsão da vida útil de cada componente analisada com base em informações sobre a sua longevidade. Reconhecendo que neste campo não existem certezas absolutas, os dados devem ser o mais robustos possível (Langdon, 2007b).

### **Passo 10 - Avaliação do risco preliminar (opcional)**

O passo número 10 é o primeiro opcional. Neste passo devem ser revistas as estratégias do risco identificadas no passo 6 e, de forma similar à que foi tomada em consideração nesse passo, atualizar a quantificação dos riscos. Posteriormente, com base nas informações recolhidas do passo 7 ao 9, deve ser elaborada uma apreciação preliminar da incerteza/risco.

Feita esta apreciação preliminar, qualitativa, deve ser feito o levantamento da necessidade de uma avaliação do risco quantitativa. Os aspetos mais importantes a ter em conta neste levantamento são os seguintes:

- Previsões futuras à cerca do projeto provenientes dos passos anteriores.
- Riscos inerentes a cada opção identificada no passo 8.
- Os riscos específicos identificados na apreciação preliminar feita neste passo.

Se as partes envolvidas identificarem a necessidade de realização de uma avaliação quantitativa do risco é necessário então definir o tipo de avaliação a realizar e identificar os parâmetros chave (Langdon, 2007b).

### **Passo 11 - Revisão e confirmação da parametrização da análise (período, parâmetros financeiros e análises adicionais)**

Nesta fase da metodologia os dados para a obtenção de um valor do CCV já são conhecidos. No entanto, para obtenção de um valor de acordo com todas as considerações feitas até aqui, é necessário ajustar o valor com alguns parâmetros financeiros.

- Método de análise económica.
- Taxa de atualização.
- Taxa de inflação.
- Contabilização de questões fiscais.

O método de análise económica depende do propósito da análise que está a ser realizada e da natureza do cliente. A metodologia mais utilizada para esta análise é a do VAL, como já foi referido no passo 5 (Langdon, 2007b). Ainda nesse passo está descrito o conceito de taxa de atualização. As taxas de atualização reais utilizadas estão entre 0% e 4% uma vez que estão intimamente relacionadas com a produtividade do produtor e do sector ou área. (Rodrigues, 2014)

Como o próprio nome indica, a taxa de inflação destina-se a contabilizar o aumento de preço de um qualquer serviço ou componente ao longo do período de análise. Esta taxa tem de ser contabilizada individualmente item por item (Langdon, 2007b).

As questões fiscais são um assunto muito complexo, por esse motivo deve ser consultado um especialista sempre que possível. A previsibilidade de criação de novas taxas ou de aumento de taxas já existentes deve ser considerada.

Relativamente ao período de análise, este já deverá ter sido definido no ponto 0. No entanto, a existência de considerações posteriores, pode levar a que tenha de ser ajustado nesta fase (Rodrigues, 2014).

Por fim, é recomendável neste passo rever a necessidade de análises adicionais no que diz respeito ao risco e incerteza.

## **Passo 12 - Execução da avaliação económica**

Neste ponto da metodologia, após encontrados os custos, definidas as especificidades da análise e os parâmetros financeiros, encontrar-se-ão reunidos todos os dados e condições para a ACCV proposta. Geralmente este processo é levado a cabo utilizando programas informáticos que permitam a construção de folhas de cálculo ou bases de dados.

A construção do documento de cálculo deve ser feita da seguinte forma:

- Uma primeira folha de cálculo onde devem constar as principais informações relativas ao ativo e à análise, como por exemplo o período de análise e a taxa de atualização.
- Folhas para a introdução de todas as informações com custos e respetivos períodos de tempo.
- Folhas com a apresentação dos custos anuais durante o período de análise.
- Folhas de análise onde os resultados devem ser apresentados e analisados.

A construção e formatação do documento de cálculo da forma mais apropriada para receber os dados que são necessários introduzir e para fornecer os resultados pretendidos é o primeiro ponto para uma análise bem elaborada. De seguida é necessário introduzir os parâmetros chave, como por exemplo o período de análise, o método de avaliação económica e a taxa de atualização. Posto isto, procede-se à introdução das categorias de custos, à introdução do valor de custos para cada categoria e à introdução das respetivas quantidades. Introduzidos estes dados, é necessário apenas inserir o

perfil temporal para cada custo individual e torna-se então possível proceder ao cálculo e ACCV (Langdon, 2007b).

### **Passo 13 - Análises adicionais (opcional)**

As análises adicionais, relativas à gestão do risco, são uma mais valia para a ACCV, estando associadas a um número considerável de potencialidades (N. Almeida & Sousa, 2014 citado de ISO 31000, 2009), nomeadamente:

- Aumento da probabilidade de alcançar os objetivos.
- Encorajamento para uma gestão pró-ativa.
- Sensibilização para a necessidade de identificar e fazer face aos riscos.
- Aumento da confiança e credibilidade junto das partes interessadas.
- Estabelecimento de uma base mais fiável para servir de apoio ao processo de tomada de decisão e ao planeamento.
- Melhoria na prevenção de perdas e na gestão de incidentes.
- Identificação de oportunidades e perigos.

Dadas todas estas potencialidades, torna-se apetecível a utilização de ferramentas para uma gestão do risco de qualidade, como por exemplo uma análise de sensibilidade ou a utilização do método das simulações de Monte Carlo.

- **Realização de análise de sensibilidade**

A análise de sensibilidade é aplicada e ajustada às necessidades de cada caso concreto. Essas necessidades devem ser avaliadas no passo 6 e posteriormente confirmadas e atualizadas no passo 10.

Uma análise de sensibilidade permite avaliar a qualidade dos resultados e suportar as decisões que advêm da ACCV de uma forma geral. Esta ferramenta tem o propósito de determinar a sensibilidade dos resultados da ACCV de acordo com a variação de parâmetros introduzidos, que representam a incerteza ou o risco. Aumentando ou diminuindo iterativamente o valor de determinadas variáveis, dentro de um intervalo previamente selecionado, é possível aos utilizadores calcularem e apresentarem valores de CCV ajustados ao risco, isto é, se a análise de sensibilidade indicar que a variação das alternativas tem pouco efeito na recomendação, então a decisão não deve ser alterada, caso contrário a variáveis em questão devem voltar a ser analisadas no futuro para verificar se estão a evoluir como previsto ou se existe a necessidade de tomar outras decisões.

A técnica é fácil de utilizar, tanto a nível prático como conceptual, e é das técnicas determinísticas de análise do risco mais utilizadas na gestão do risco. Os resultados podem ser apresentados em forma de diagrama em aranha, sendo que a cada variável corresponde uma curva, que quanto mais acentuada for, mais crítico será o valor da variável em causa (Langdon, 2007b). No exemplo da Figura 3.6 a variável mais crítica seria a variável A.

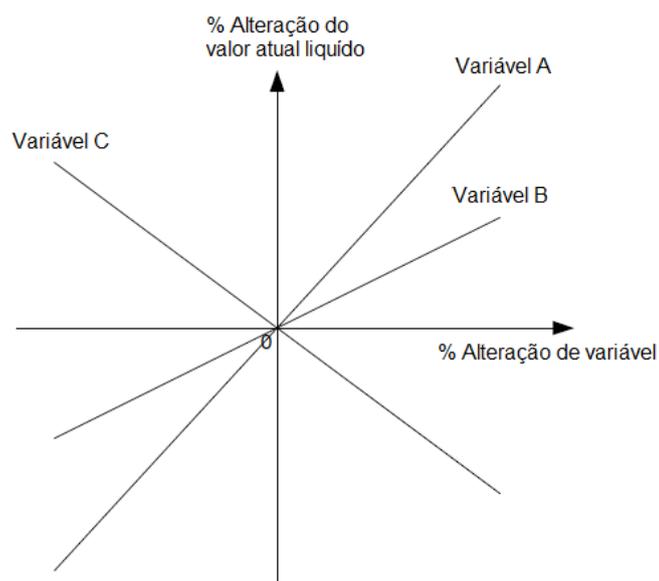


Figura 3.6- Exemplo de diagrama em aranha (adaptado de Langdon, 2007).

Em suma, uma análise de sensibilidade pode ser muito útil para avaliar a necessidade de procurar informação adicional e para avaliar também quais são as hipóteses assumidas mais significativas (taxas de desconto e período de análise, por exemplo) (ISO 15686-5, 2008).

- **Apreciação do risco detalhada**

Conforme avaliado no passo 6 e confirmado no passo 10, este passo tem como objetivo a execução de uma análise quantitativa do risco, como por exemplo recorrendo ao método da simulação de Monte Carlo. Esta ferramenta permite, tal como a anterior, a avaliação dos resultados, apoiar decisões baseadas na ACCV e permite ainda quantificar, percentualmente, o nível de confiança da análise.

Para concretizar o referido método é necessária informação à cerca do risco que deve estar reunida e atualizada no final do passo 10.

Os dados necessários consistem essencialmente nas probabilidades de ocorrência dos diferentes riscos e nas informações que permitem modelar estatisticamente o impacto de cada risco que possa eventualmente ocorrer, nomeadamente o tipo de distribuição. As distribuições podem ser uniformes (o parâmetro tem igual probabilidade de vir a ter um qualquer valor entre um valor X mínimo e um valor Y máximo), triangulares (o mínimo valor possível é identificado como X, o valor mais provável identificado como Y, e o valor máximo como Z), ou ainda discretas (o que significa que um acontecimento pode ou não ocorrer).

Os resultados obtidos deste método são normalmente apresentados em gráficos que representam a probabilidade de o CCV ultrapassar um valor em concreto e com um determinado grau de certeza, ou então que mostram a distribuição de potenciais custos de ciclo de vida para indicar, por exemplo, o resultado do CCV mais provável (Langdon, 2007b).

## **Passo 14 - Interpretação e apresentação dos resultados iniciais**

Depois da obtenção dos resultados, é altura então de proceder à sua revisão e interpretação. Esta interpretação tem sempre que partir do reconhecimento das limitações e incertezas das técnicas aplicadas. O formato e nível de detalhe necessários pode também condicionar a interpretação e o formato de apresentação dos resultados (Rodrigues, 2014). Neste ponto, pode ser feita apenas uma apresentação gráfica com recurso a tabelas e gráficos ou, se o nível de detalhe o exigir, pode ser necessário elaborar um relatório completo com todos os detalhes sobre os dados introduzidos, critérios, análises e recomendações para o futuro. A norma ISO 15686-5 propõe um conjunto de tópicos para abordar no relatório anterior (Langdon, 2007b).

A análise pode ser tão vasta e diferenciada quanto necessário. É possível nesta fase expor os resultados em forma de percentagem dos custos de aquisição, numa unidade de medida distinta (por exemplo, custo por utilizador ou custo por quarto), por categoria (aquisição, operação manutenção, fim de vida), entre outras opções (Langdon, 2007b).

Ao longo da análise e interpretação é vital que o profissional vá dando o seu parecer sobre os resultados, e que faça saber aos interessados as incertezas e limitações dos resultados encontrados de uma forma clara. Os valores extraídos da análise serão sempre tão ou menos precisos do que os dados de entrada, sendo no entanto razoavelmente credíveis se estes últimos forem fiáveis e bem introduzidos (Langdon, 2007b).

Ainda neste passo, resta referir que o processo de ACCV assenta em alguns pressupostos, e, desta forma, sempre que seja necessário alterar um destes pressupostos, seja para experimentar outras variáveis ou porque o pressuposto anterior deixou de ser verdadeiro, terá de se proceder a uma nova iteração do processo. A ACCV é, portanto, um processo iterativo que depende de circunstâncias específicas, e por esse motivo podem ser necessárias iterações futuras (Langdon, 2007b).

## **Passo 15 - Apresentação dos resultados finais e preparação do relatório final**

Este passo encerra o processo de análise de CCV. Todos os resultados devem ser documentados e registados de forma a que possam ser consultados por uma possível auditoria futura, e para que possam ser entendidos por todos. Com vista à uniformização, a norma ISO 15686-5 apresenta os tópicos sumários que o relatório final deve conter:

- Sumário executivo.
- Objetivos e âmbito da análise (incluindo os custos considerados ou excluídos e o período de análise).
- Objetivos da análise de CCV.
- Materiais considerados.
- Considerações feitas no decorrer da análise.
- Algumas limitações ou riscos identificados.
- Alternativas consideradas na análise.
- Discussão da interpretação dos resultados.
- Apresentação gráfica dos resultados.

A norma anterior refere ainda algumas indicações referentes ao formato e extensão da análise. Estas indicações prendem-se com a inclusão dos seguintes parâmetros:

- Variáveis de custos e decisões analisados.
- A necessidade ou não da elaboração de uma análise de sensibilidade.
- Dados utilizados e a estrutura de análise utilizada.
- Método para a consideração do valor do dinheiro ao longo do tempo.
- Período de análise.

Findo este passo a metodologia encontra-se completa.

## 4 Caso de estudo

### 4.1 Descrição Geral

A Academia Militar (AM) é um Estabelecimento de Ensino Superior Público Universitário Militar que tem como missão a formação dos futuros oficiais do Exército e da Guarda Nacional Republicana.

O AAMA é o espaço físico onde se desenvolvem as mais diversificadas atividades que concorrem para a formação dos cadetes, desde os primeiros anos do seu percurso até ao ingresso nos quadros permanentes. Abrangendo uma área de aproximadamente 390 220 m<sup>2</sup> de terreno, o AAMA incorpora um número de edifícios considerável totalizando 32 004 m<sup>2</sup> de área de implantação. Na Figura 4.1 encontram-se representados os principais edifícios do parque edificado do AAMA, representação essa conseguida a partir do programa informático “Google Earth”.



Figura 4.1- Representação dos principais edifícios do parque edificado do AAMA.

O primeiro edifício a referenciar é o Edifício de Comando, presente na Figura 4.2, onde se localiza o gabinete do Comandante da Unidade, entre outros, e que está situado numa posição frontal relativamente à Porta de Armas, que materializa a principal entrada da Unidade.



Figura 4.2- Edifício de Comando do AAMA.

Para possibilitar o regime de internato a que os cadetes são submetidos durante um grande período da sua formação, o aquartelamento possui 2 edifícios de internato, bastante semelhantes

exteriormente, providenciando cada um deles alojamento para o efetivo de duas companhias, separadas por um átrio central, pelos gabinetes do comando das respectivas companhias e pelas respectivas secretarias.

Os cadetes dispõem também de um edifício designado por edifício do aluno (Figura 4.3), onde têm ao seu dispor serviço de bar, televisão e alguns entretenimentos, como mesas de bilhar ou ping-pong. Existe ainda um refeitório onde os cadetes tomam as refeições, normalmente todos em simultâneo.



Figura 4.3- Edifício do aluno.

A formação académica, indissociável das outras vertentes de formação de um oficial, tem lugar no edifício de aulas. Este edifício é constituído maioritariamente por salas de aulas e tem ligação para os dois edifícios imediatamente adjacentes, sendo estes o edifício do laboratório e biblioteca e o edifício dos auditórios (Figura 4.4).



Figura 4.4- Edifício dos auditórios.

Para além destes edifícios existem também instalações destinadas à prática de desporto, como por exemplo um picadeiro e cavalariças, dois ginásios e uma sala de musculação, dispostos de uma forma contínua, relativamente perto dos alojamentos. À parte dos referidos, existem ainda, isoladamente, uma sala de judo, um pavilhão multidesportos de maiores dimensões que os anteriores, um edifício atribuído à companhia de serviços, um bar destinado aos sargentos da unidade e um outro destinado aos oficiais.

No que toca ao estado de conservação, podemos agrupar o edifício de comando, o edifício do refeitório, um dos edifícios de alojamento e as instalações desportivas, como edifícios mais antigos e

num estado de degradação mais avançado. O outro edifício de alojamentos, o edifício do aluno, o edifício de aulas, o edifício dos auditórios e o edifício da biblioteca são edifícios mais recentes e com melhores condições gerais.

No desenrolar da sua atividade normal, o AAMA consome energia elétrica e gás natural para satisfazer as suas necessidades de energia. Um estudo da empresa de consultoria e engenharia Ingevita, finalizado em novembro de 2013, revela que a energia elétrica é a mais significativa no que diz respeito ao consumo energético total em energia primária, representando 75% do total, enquanto que, como podemos visualizar na Figura 4.5, o de gás natural representa apenas 25%.

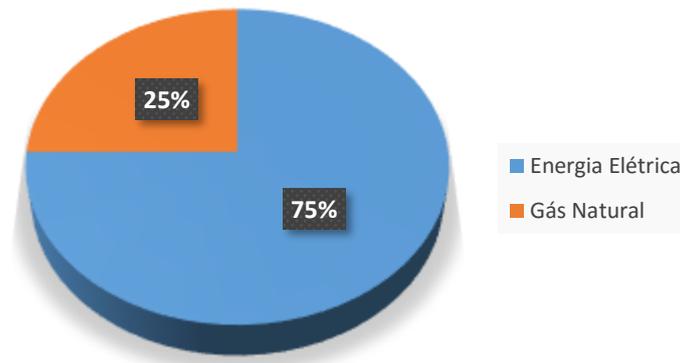


Figura 4.5- Distribuição de consumo de energia primária (adaptado de Laborda, 2013).

Este consumo em maior quantidade de energia elétrica reflete-se também nos custos, que por sua vez também são mais elevados, face aos custos associados ao gás natural. A comparação pode ser feita pela observação direta dos gráficos da Figura 4.6 e da Figura 4.7.

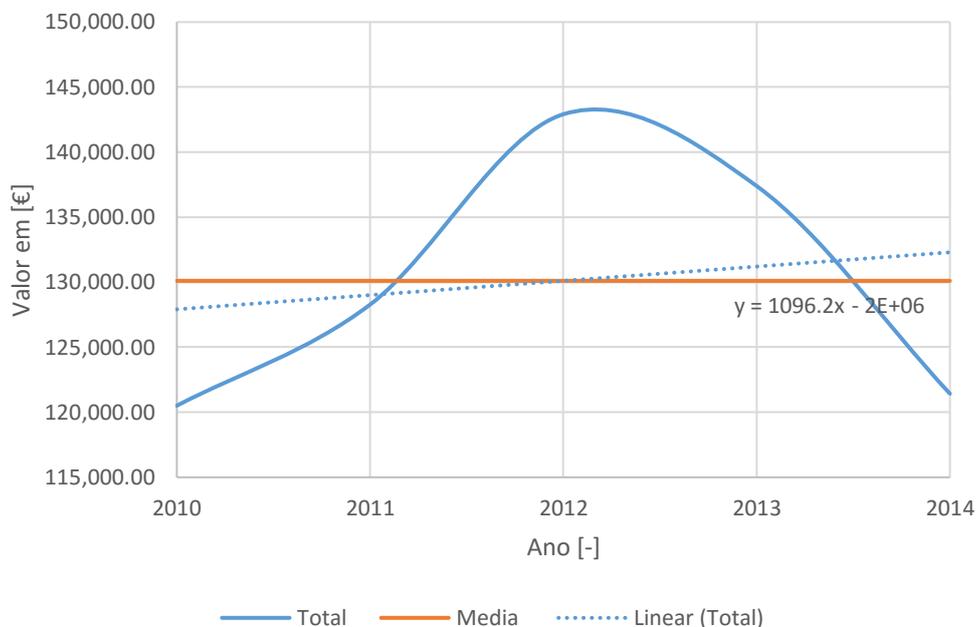


Figura 4.6- Evolução da despesa anual com energia elétrica em euros (€) no AAMA.

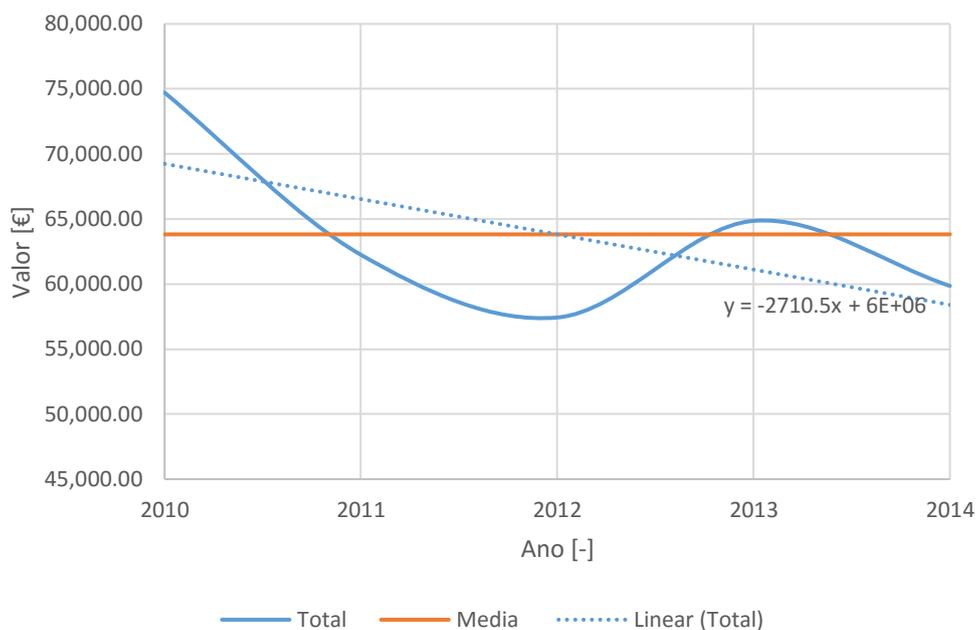


Figura 4.7- Evolução da despesa anual com gás natural em euros (€) no AAMA.

É notório que os gráficos relativos aos custos das duas fontes de energia consumidas no AAMA evoluem de forma diferente. O andamento do gráfico referente à despesa anual com energia elétrica é crescente desde o ano de 2010 até ao ano de 2012, ano a partir do qual se apresenta um decréscimo nos valores despendidos. O gráfico relativo à despesa com gás natural, por sua vez, demonstra um decréscimo nos primeiros três anos de análise, seguido de um aumento no ano 2013, e novo decréscimo em 2014.

À imagem do consumo de energia, o consumo de água também concorre para uma despesa bastante significativa.

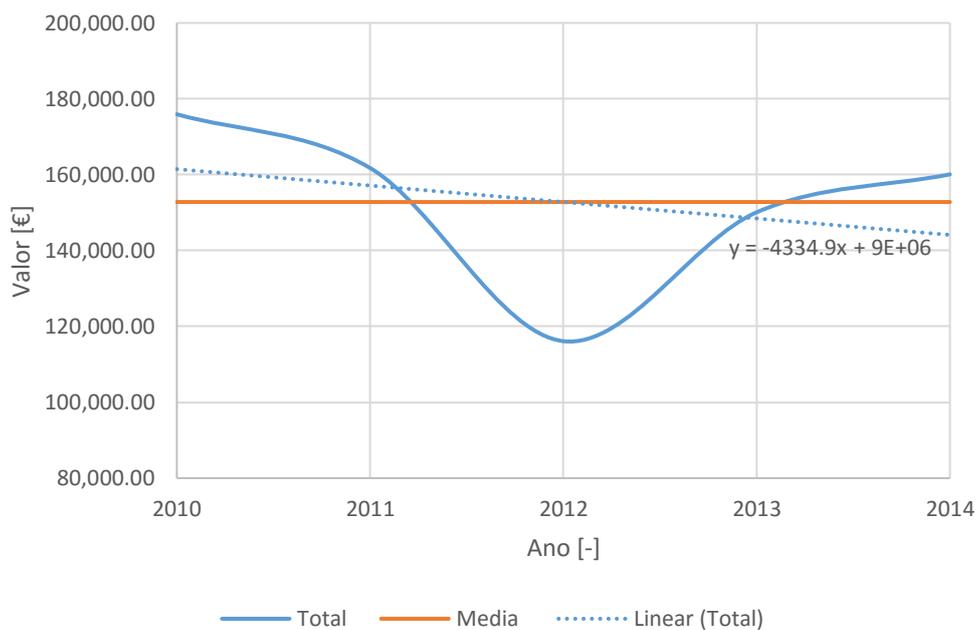


Figura 4.8- Evolução da despesa anual com água em euros (€) no AAMA.

O gráfico da Figura 4.8 mostra que existiu no período decorrente entre o ano de 2010 e o ano de 2012 uma propensão decrescente. No entanto, o ano 2012 marca uma inversão dessa inclinação, o que na prática significa que, a partir desse mesmo ano, os custos têm crescido ano após ano.

Além de uma abordagem à variação dos encargos com energia elétrica, gás natural e água ao longo dos últimos anos, avaliou-se também a variação mensal destes mesmos encargos. A Figura 4.9 e a Figura 4.10 expõe a variação referida para a energia elétrica e para o gás natural, respetivamente.

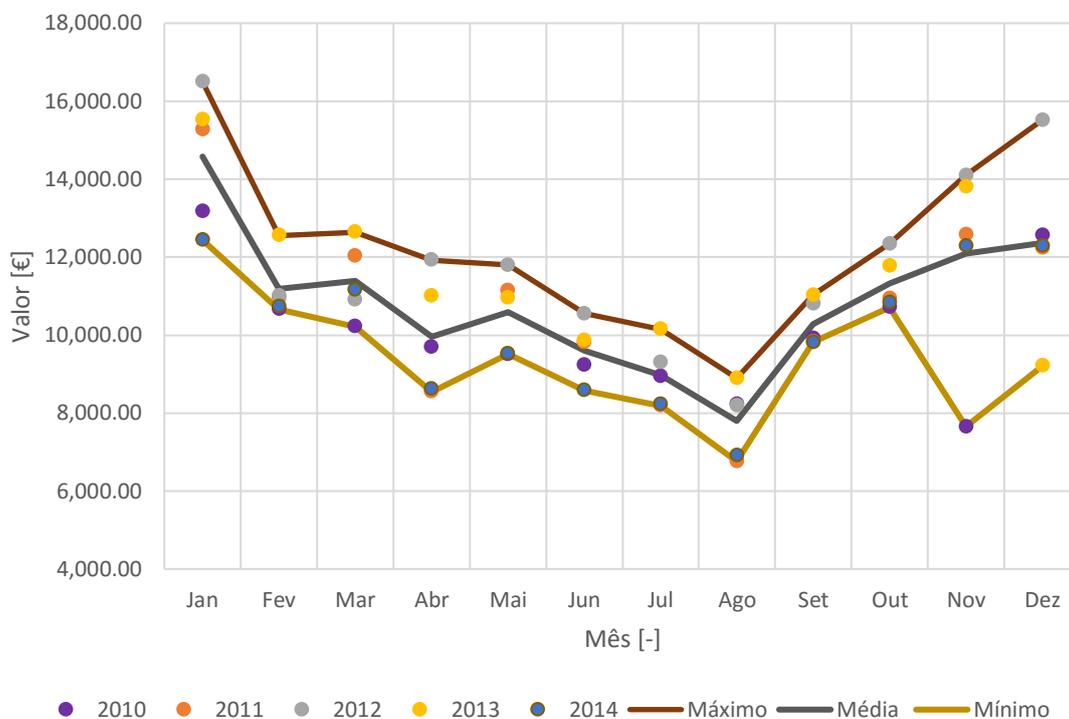


Figura 4.9- Evolução da despesa mensal com energia elétrica ao longo do ano.

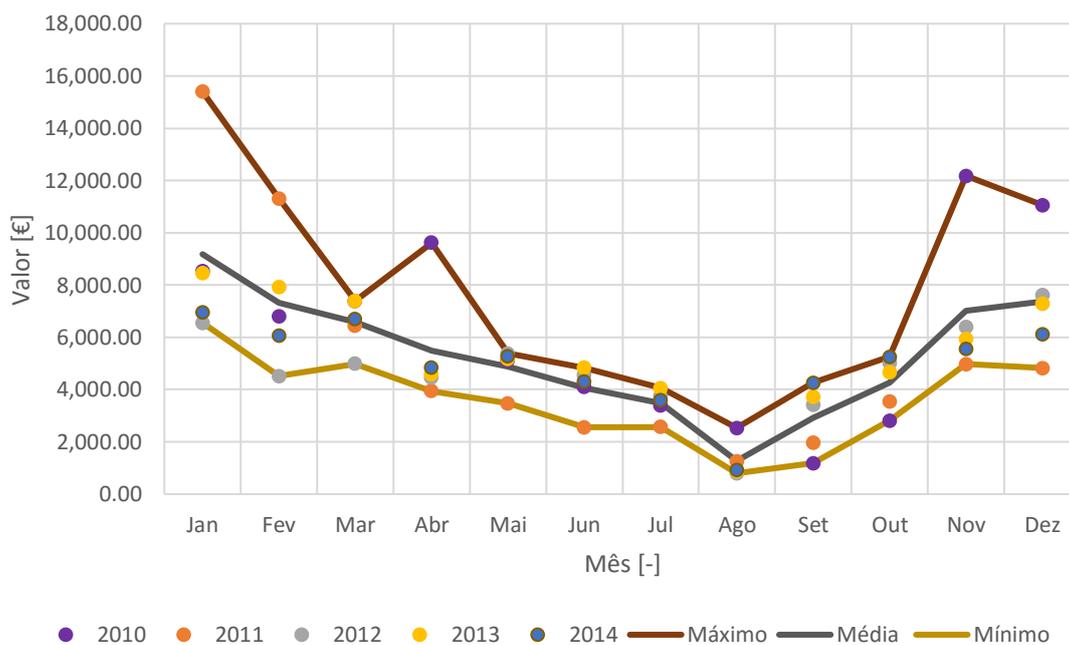


Figura 4.10- Evolução da despesa mensal com gás natural ao longo do ano.

É visível que os encargos com energia, tanto com energia elétrica como com gás natural, são mais acentuados durante o período de inverno. Em sentido oposto, estes encargos diminuem substancialmente nos meses de verão. O mês de agosto é em ambas as figuras o valor mínimo, facto que pode estar relacionado com a coincidência deste mês com o período de férias escolares, o que normalmente significa a ausência de alunos no aquartelamento.

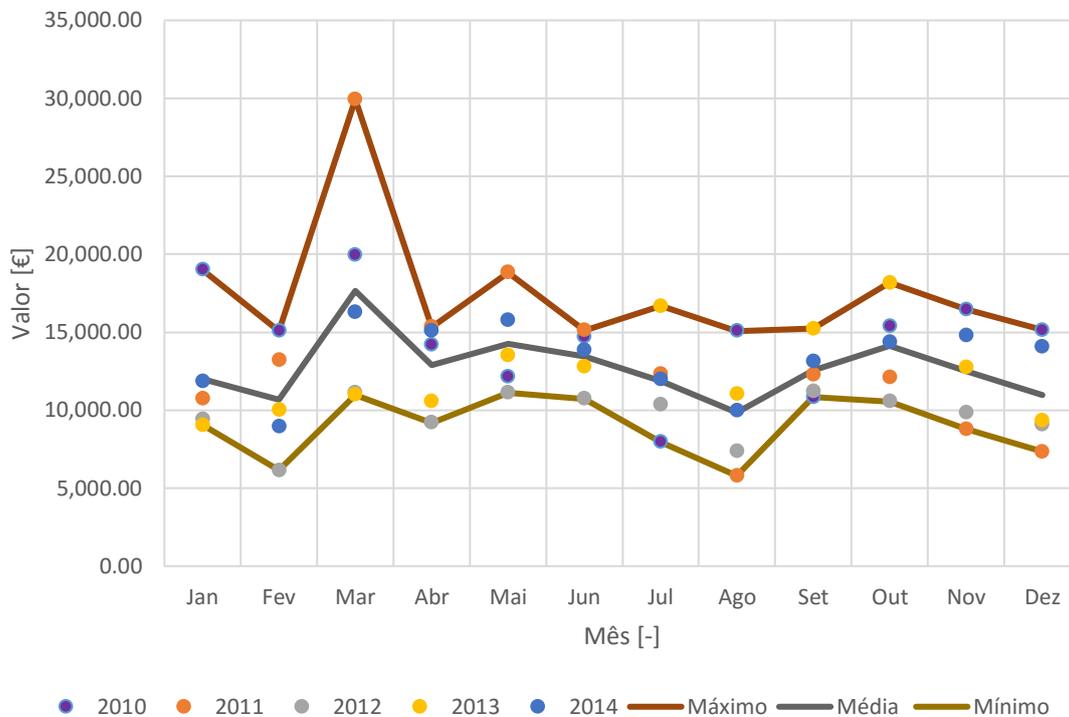


Figura 4.11- Evolução da despesa mensal com água ao longo do ano.

No que diz respeito ao consumo de água, as variações são bastante inferiores ao longo do ano, como é possível observar na Figura 4.11. Mesmo com variações menos vincadas, é notória a redução com os encargos no mês de agosto. O mês de março de 2011 registou um consumo extraordinariamente elevado, o que poderá ter estado relacionado com problemas no sistema adutor.

Os encargos mencionados representam uma grande parte dos encargos relativos à operação dos edifícios do aquartelamento, de forma a atender às necessidades da instituição.

## 4.2 Descrição do edifício estudado

Partindo do geral para o particular, de entre o parque edificado identificou-se como caso de estudo um edifício de alojamentos. Num regime de internato, como é o que vigora na AM, os alojamentos assumem uma grande importância, uma vez que é aí que os alunos passam a maior parte do seu tempo.

O edifício em estudo data de 1992 e têm como principal objetivo o alojamento de alunos da instituição militar, proporcionando-lhes todas as condições de bem-estar necessárias no dia a dia da vivência militar, vivência esta que tem inúmeras particularidades. Como se pode observar na Figura 4.12, o edifício de alojamentos supracitado, delimitado a preto, localiza-se numa zona adjacente ao edifício do aluno e a um outro edifício de alojamentos mais recente.



Figura 4.12- Localização relativa do edifício de alojamentos análise.

Este edifício pode ainda ser subdividido em três corpos distintos, dois deles (corpo 1 e corpo 3) referentes a alojamentos e um outro (corpo 2) respeitante a um átrio central que separa os dois alojamentos. Esta subdivisão é visível na Figura 4.13.

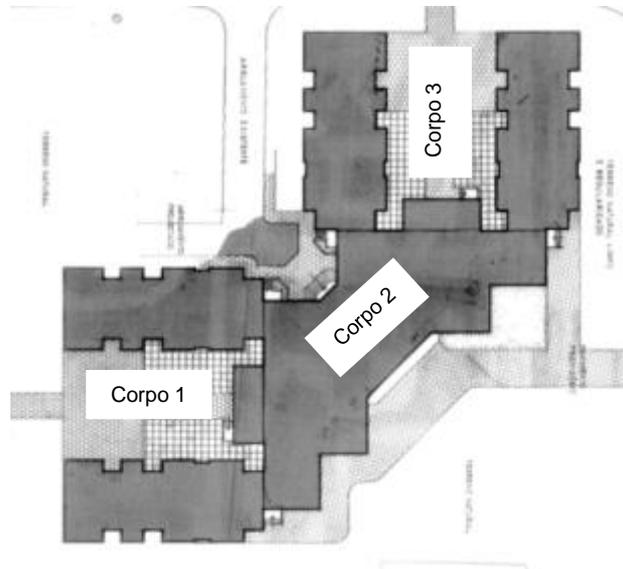


Figura 4.13- Divisão do edifício em 3 corpos distintos.

No presente documento, a análise levada a cabo debruça-se essencialmente sobre o corpo 3, uma vez que o corpo 1 atravessa desde 2010 um período de ocupação reduzida. Este facto é fruto da construção de um edifício de alojamentos mais recente e com melhores condições. No entanto, uma vez que as características dos dois corpos são muito idênticas, as conclusões retiradas da análise do corpo de alojamentos 3 podem ser extrapoladas para o corpo 1, em condições de ocupação idênticas.

O corpo 3 fornece alojamento aos militares recém ingressados na AM. Uma vez que as vagas para esta instituição têm sido reduzidas nos últimos anos, também a ocupação do corpo de alojamentos em análise tem sofrido uma redução considerável. A Figura 4.14 apresenta a evolução do número de vagas preenchidas da AM nos concursos de 2010 até 2015, onde é visível a redução de efetivos anteriormente mencionada. Os últimos três anos do gráfico sugerem que a tendência decrescente parece estar a estabilizar num número de admissões à volta dos 80 alunos.

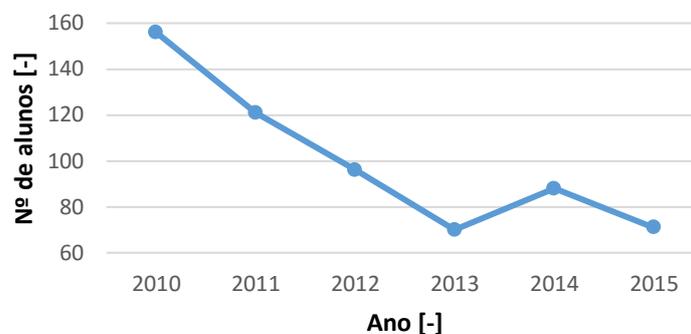


Figura 4.14- Vagas preenchidas no concurso de admissão à AM desde o ano 2010 até 2015.

Fonte: <http://academiamilitar.pt/quantas-vagas.html>

O bloco de alojamentos em consideração tem capacidade para albergar 144 alunos. Esta capacidade resulta da existência de 36 quartos de 4 alunos, distribuídos por um piso térreo e dois pisos elevados, cada um destes últimos constituído ainda por duas alas interligadas por um espaço de circulação interior. Cada conjunto de dois quartos, dispõe de uma instalação sanitária (I.S.), e cada ala possui ainda uma I.S. adicional. A Figura 4.15 apresenta uma fotografia parcial do exterior do edifício, enquanto que a planta de arquitetura do piso térreo está disponível no Anexo B. Exceção feita à arrecadação de material de guerra e do gabinete do comandante de companhia, os dois pisos elevados são idênticos.



Figura 4.15- Fotografia do exterior do corpo de alojamentos em análise.

O bloco de alojamentos está munido de vários equipamentos com vista a proporcionar as condições básicas de conforto para a vivência interna dos alunos. Grande parte dos equipamentos existentes são equipamentos associados às I.S. (Quadro 4.1), que são naturalmente a maior fonte de utilização de água do edifício.

Quadro 4.1- Equipamento sanitário no bloco de alojamentos em análise

<b>Instalações Sanitárias</b>	<b>Qtd. Equipamentos</b>	<b>Qtd. I.S.</b>	<b>Total</b>
<b><u>I.S. Quarto de Alunos:</u></b>			
Sanita	2		36
Mictório	2		36
Bidé	1	18	18
Duche	2		36
Lavatório	4		72
<b><u>I.S de apoio a cada ala:</u></b>			
Sanita	2		12
Duche	4	6	24
Lavatório	6		36
<b><u>I.S de Cmdt comp:</u></b>			
Sanita	1		1
Mictório	1	1	1
Duche	1		1
Lavatório	1		1
<b><u>I.S de AMG:</u></b>			
Sanita	1		1
Duche	1	1	1
Lavatório	2		2

Em adição a estes equipamentos, existem ainda os equipamentos pessoais de cada aluno, que contribuem da mesma forma para o aumento dos consumos, especialmente o consumo energético, e que por isso contribuem também para o aumento do CCV do edifício. O edifício é apoiado por um outro, de dimensões mais reduzidas, onde estão instalados os equipamentos de aquecimento de água. O aquecimento da água tem por base duas caldeiras, que abastecem também o corpo de alojamentos adjacente ao caso de estudo. Na Figura 4.16 encontra-se uma fotografia do edifício onde se encontram as caldeiras e na Figura 4.17 uma da própria caldeira. Os encargos com este edifício não foram incluídos na análise.



Figura 4.16- Edifício das caldeiras.



Figura 4.17- Caldeira de aquecimento Ygnis modelo NAR 320.

### 4.3 Dados de Base

Os resultados de uma ACCV são tão válidos e confiáveis quanto os dados que a mesma tem por base. Sendo que uma análise deste tipo pode ser a base para o processo de decisão, e sabendo que as decisões afetas à construção, manutenção, operação e fim-de-vida podem resultar em ganhos ou prejuízos avultados, é especialmente importante que os dados recolhidos tenham a mesma consistência e qualidade que se pretende obter na ACCV. Existe uma quantidade de dados considerável que intervêm na quantificação do CCV, sejam eles relativos a custos, relativos ao tipo de ocupação, relativos a aspetos físicos do edifício ou relativos ao desempenho do mesmo.

Na Figura 4.18 apresentam-se esquematicamente os dados que normalmente influenciam o CCV de um edifício.

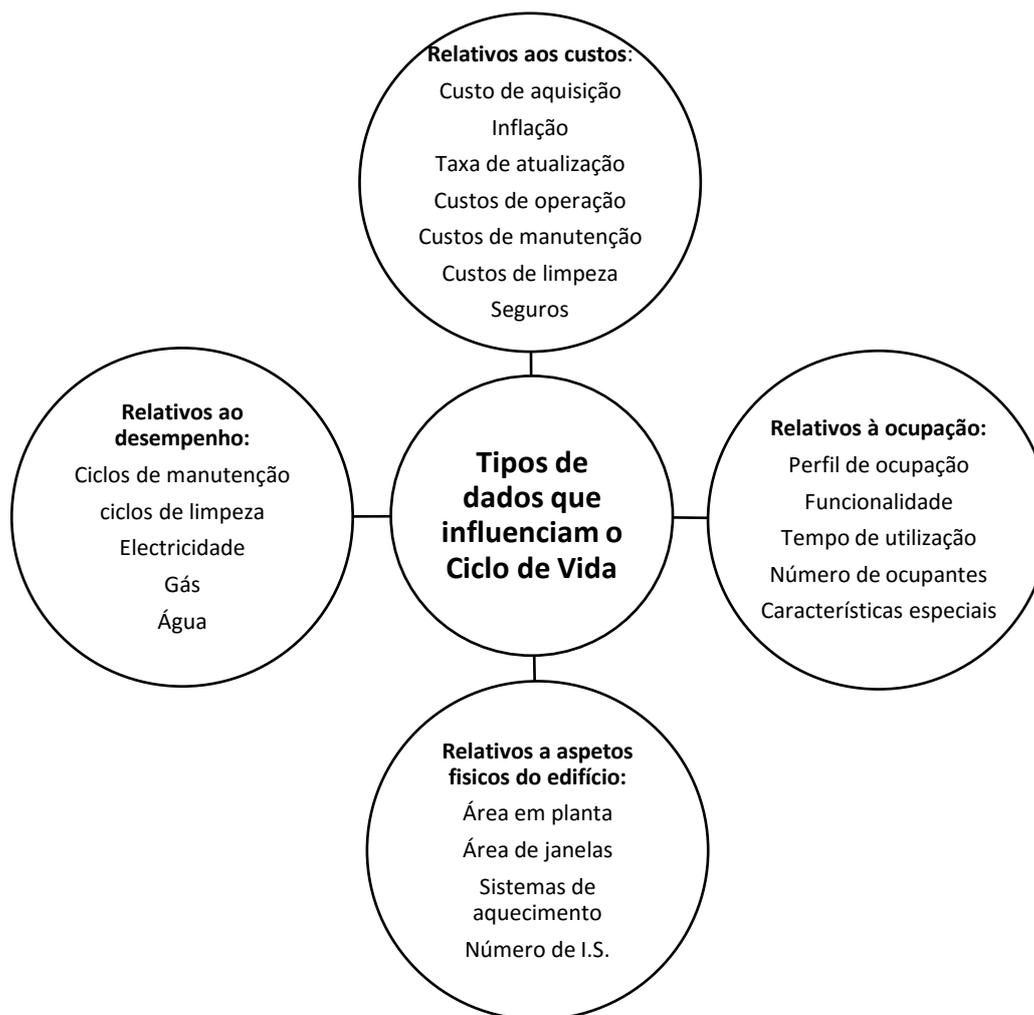


Figura 4.18- Dados a utilizar na ACCV de um edifício (adaptado de Schade, 2003)

Por forma a recolher todos estes dados recorreu-se essencialmente a informação documental disponível nos arquivos da academia e a levantamentos não-documentais diversos.

#### 4.3.1 Informação documental

Para a elaboração do presente documento recolheu-se uma quantidade considerável de informação documental, com origem em diversas fontes.

Face ao tema em análise, assume-se como indispensável a consulta de informações acerca do parque edificado do AAMA, maioritariamente no que diz respeito a despesas. Para a obtenção dessas informações contactou-se a Direção de Infraestruturas (DIE). Desta forma reuniram-se informações, por exemplo datas e valores despendidos, respeitantes a construção e intervenções efetuadas desde 1992.

Além da DIE, consultou-se também o Gabinete de Engenharia da AM. Neste local foram obtidas as plantas de arquitetura dos edifícios, fotografias de intervenções levadas a cabo, entre outras informações relativas aos edifícios.

Dada a necessidade de recolha de vários dados sobre despesas e custos, recorreu-se ainda à Secção Financeira da AM. Aqui foram recolhidos diversos dados de faturação relativos a despesas ao

encargo da AM com respeito ao AAMA. Exemplos destes encargos são por exemplo os gastos com água, energia elétrica ou gás natural.

### **4.3.2 Levantamentos**

Além da informação documental, impôs-se a necessidade de conhecer os hábitos de consumo dos alunos da AM. Com esse objetivo, foram consultados textos e trabalhos onde os respetivos comportamentos são abordados, como por exemplo o documento de Costa (2010).

No entanto, os hábitos de consumo dos militares em formação na AM não estão ainda muito documentados. No sentido de preencher estas lacunas foi feito um contacto direto e informal com os utilizadores do edifício, para fazer um levantamento dos hábitos gerais de utilização do edifício. Dados como a experiência pessoal do autor da presente dissertação, o conhecimento das pessoas, da unidade e das dinâmicas, resultante da frequência nesta instituição durante os últimos 6 anos, assumiram um papel muito relevante no levantamento de informação. Além disso, as inspeções realizadas também se constituíram como uma fonte de informação relevante, nomeadamente as realizadas aos equipamentos existentes e em utilização no edifício. Foram ainda realizadas algumas monitorizações simples para caracterizar a utilização do edifício.

## **4.4 Análise do custo do ciclo de vida**

Feita a recolha da informação necessária para estimar o CCV, aplicou-se a metodologia apresentada no capítulo 3.

### **Passo 1- Identificar o principal propósito da ACCV**

O principal propósito do presente ACCV prende-se com a quantificação do CCV, por forma a que este seja útil:

- Na identificação de custos e possíveis otimizações.
- Definição de prioridades na atribuição de meios para a manutenção do edifício em estudo.
- Avaliação e comparação de estratégias alternativas para o uso, operação e manutenção do edifício.

Pretende-se assegurar o bom funcionamento do edifício com os menores custos possíveis para o Exército. A avaliação de possíveis otimizações, de prioridades de intervenção e de estratégias de utilização são uma forma de implementar melhorias significativas na gestão do ativo em análise.

### **Passo 2- Identificar os requisitos do ativo e confirmar parâmetros chave**

O ativo em estudo requer a satisfação das necessidades de alojamento de 144 militares a viver em regime de internato. Como já foi referido anteriormente, trata-se de um edifício público que tem por função o apoio na formação dos militares. Essencialmente o edifício é utilizado para os militares pernoitarem e para levarem a cabo todas as tarefas diárias pessoais, tais como a higiene por exemplo. O horário letivo tem início às oito horas da manhã e finda por volta das cinco horas da tarde. É após este horário que existe o pico de utilização do edifício, uma vez que o grosso dos militares recolhe aos alojamentos, seja para estudar, para descansar ou para uma outra qualquer tarefa.

Uma vez que é um edifício que se pretende que perdure no tempo, não tendo um horizonte temporal pré-definido, todas as possíveis intervenções têm que assegurar um grau elevado de resistência e durabilidade, constituindo-se ainda como opções economicamente vantajosas.

O edifício dispõe de bons acessos, apesar de a AM se situar numa zona habitacional. O edifício em análise fica afastado das restantes residências e por esse motivo as restrições com o barulho excessivo, ou outras do género, estarão reduzidas ao mínimo.

Dado o carácter didático da análise não existe um limite orçamental fixo, nem um prazo limite. Os requisitos do ativo prendem-se com assegurar as funções a que se destina com o menor custo possível. Como o edifício não tem retorno financeiro associado e não se considera a alternativa de o substituir por outro, as opções serão analisadas por forma a ter como objetivo a obtenção do menor custo do ciclo de vida.

### **Passo 3- Identificar o âmbito da ACCV**

A metodologia constante neste documento aplica-se à totalidade do bloco de alojamentos identificado. Referida a escala de aplicação, importa definir a fase, ou fases, de vida em que se encontra o ativo. O edifício em estudo encontra-se na fase de operação. Posto isto, na ACCV em questão, incluem-se os custos da fase de construção e os custos da fase de utilização. Os custos de fim de vida não serão contabilizados, uma vez que é prática comum no setor público, em particular no Exército, que os edifícios sofram intervenções e continuem a servir a sua função inicial ou outra, sendo que raramente se dá por finalizada a vida de um edifício. O âmbito da presente análise prende-se com o planeamento de manutenção ou substituição de componentes, de forma cíclica ou não, por forma a reduzir custos e manter a funcionalidade durante a vida útil do ativo.

### **Passo 4- Identificar o contributo da sustentabilidade na ACCV**

Por uma questão de simplificação, não foi identificado nenhum custo relacionado com o desempenho ambiental nem reconhecida a necessidade de uma ACV. Indiretamente, os encargos com energia e água indicam magnitudes dos custos ambientais respetivos, uma vez que não são utilizadas quaisquer fontes alternativas.

### **Passo 5- Identificar o período de análise e os métodos de avaliação económica**

O período de análise estabeleceu-se em 50 anos, visto que é a vida útil usualmente considerada para edifícios correntes (excluindo edifícios monumentais ou outros de cariz especial). É um período de tempo alargado, que provavelmente não se assemelha à totalidade do ciclo de vida do ativo, pelas particularidades dos edifícios do Exército já referidas. Assume-se que é um período relevante para que se possam tirar ilações válidas, dada a impossibilidade de previsão do tempo restante pelo qual ativo irá perdurar. Além disso, à medida que o tempo de análise aumenta, também a incerteza e o risco assumido aumentam, correndo-se assim o risco de desvio face à realidade.

No que diz respeito aos métodos de avaliação económica, utilizou-se o custo atualizado, assumindo que o valor do dinheiro não é constante ao longo do tempo.

Optou-se pela utilização do VAL para as opções de investimento.

## Passo 6- Identificação da necessidade de análises adicionais (risco/incerteza e análise de sensibilidade)

Uma vez que o processo de ACCV se baseia essencialmente em previsões e pressupostos, neste documento identifica-se a necessidade de realização de análise adicionais para avaliar a robustez da análise. Com o resultado das análises adicionais pretende-se encorajar para uma gestão pró-ativa e essencialmente a identificação de oportunidades e perigos.

## Passo 7- Definição dos parâmetros de avaliação e das categorias de custos

No que diz respeito às categorias de custos, utiliza-se a classificação proposta pela norma ISO 15686-5 (2008). Face aos dados recolhidos, os custos identificados estão classificados na Figura 4.19.

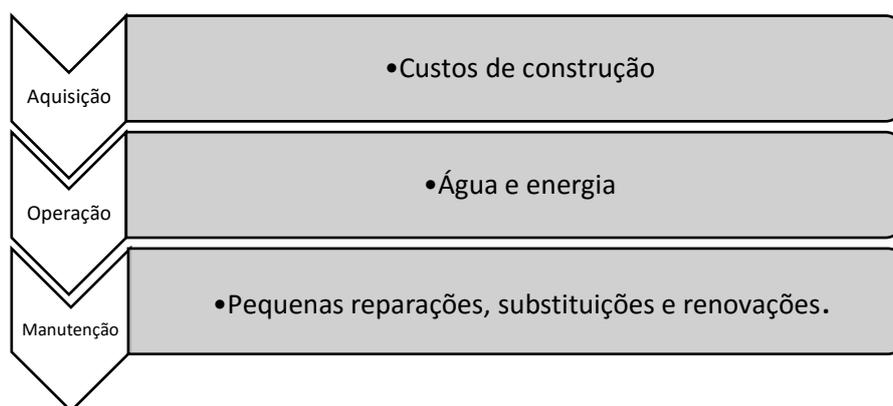


Figura 4.19- Custos recolhidos classificados segundo a norma ISO 15686-5 (2008).

Para considerar os custos a reunir de forma apropriada na ACCV, foi utilizada a taxa de inflação (ou taxa de variação do índice de preços no consumidor) total, a taxa de inflação relativa à “habitação, água, eletricidade, gás e outros combustíveis” e ainda a taxa de inflação relativa a “acessórios para o lar, equipamento doméstico e manutenção corrente”. A Figura 4.20, a Figura 4.21 e a Figura 4.22 apresentam a variação destes indicadores desde o ano de construção do bloco de alojamentos (1992), até ao ano de 2015, com base na plataforma online “PORDATA- Base de dados Portugal contemporâneo”.

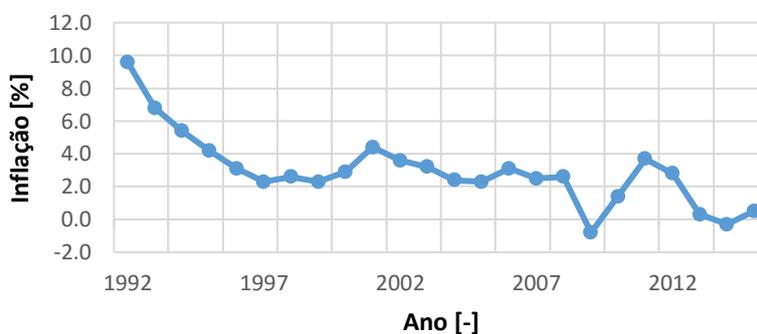


Figura 4.20- Evolução da taxa de inflação global desde 1992 até 2015.

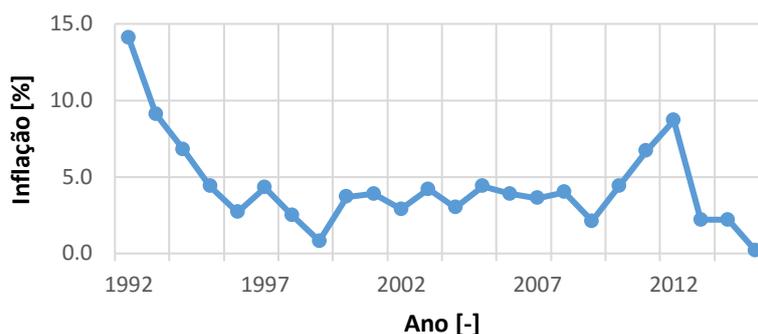


Figura 4.21- Evolução da taxa de inflação referente a habitação, água, eletricidade, gás e outros combustíveis, desde 1992 até 2015.

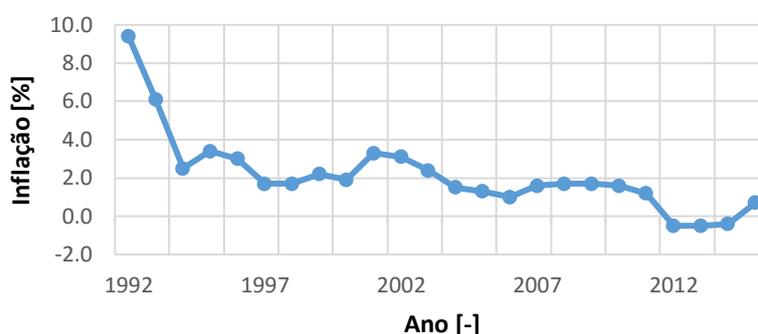


Figura 4.22- Evolução da taxa de inflação referente a acessórios para o lar, equipamento doméstico e manutenção corrente da habitação desde 1992 até 2015.

Pela observação dos gráficos é possível verificar que a inflação é bem mais reduzida na atualidade, em comparação com o período em que o edifício foi construído.

Além da utilização da taxa de inflação simples, foi utilizada também uma taxa de atualização para as possíveis medidas a implementar, calculada através seguinte expressão:

$$Ta = [(1 + T1)(1 + T2)(1 + T3)] - 1 \quad (4)$$

onde:

- T1 é o rendimento real;
- T2 é o risco considerado;
- T3 é a inflação;

No nosso caso de estudo em particular, o investimento não é levado a cabo com o intuito de obter lucros e trata-se de capital do estado. Por este motivo, a variável T1 contempla apenas a taxa de juro de obrigações do tesouro Português (2,1% segundo Deco proteste (2016)). A utilização deste valor surge aquando de um investimento, por forma a simular o rendimento que se obteria, caso se investisse o dinheiro nas obrigações referidas em detrimento de realizar o investimento no edifício. Outra taxa de referência alternativa podia ter sido a taxa de juro da dívida Portuguesa, mas não se pretende com a presente dissertação avaliar a melhor alternativa de investimento do Estado Português como um todo.

A variável T2, respeitante ao risco, foi desprezada. Esta decisão assentou no pressuposto de que o risco é mínimo, quase inexistente, uma vez que o edifício é propriedade do Exército, está construído e precisa de estar construído para o bom desempenho das funções para as quais a

instituição é destinada. O risco existente é um risco global, o risco associado ao Exército em geral, que no âmbito da presente dissertação não interessa abordar.

Por fim o valor da inflação global é considerado com recurso a uma média dos valores deste índice nos últimos 15 anos.

### **Passo 8- Identificar opções a serem incluídas na ACCV**

A ACCV assenta num cenário base em que se admite a manutenção dos consumos, a periodicidade das pequenas reparações e das substituições de componentes existentes, bem como das intervenções de manutenção de maior dimensão. Além deste cenário, incluem-se ainda três opções alternativas:

- Substituição das lâmpadas tubulares T8 de 36 Watt por lâmpadas de menor consumo.
- Instalação de fluxómetros de dupla descarga.
- Instalação de redutores de caudal.

A primeira opção refere-se à substituição das lâmpadas T8 de 36 Watt, por lâmpadas com as mesmas características físicas, mas com menores consumos de energia elétrica. O facto de se optar por lâmpadas com as mesmas características físicas, leva a que não sejam necessárias nenhuma alteração adicional no sistema de iluminação. O referido significa também que o investimento para esta situação seria minimizado, reportando-se apenas ao custo das lâmpadas.

A Figura 4.23 apresenta a lâmpada avaliada para substituir as lâmpadas existentes.



Figura 4.23- Lâmpada Fluorescente T8 18 Watt equacionada para substituir as existentes.

Fonte: [http://mauser.pt/catalog/product\\_info.php?cPath=735\\_755&products\\_id=71335](http://mauser.pt/catalog/product_info.php?cPath=735_755&products_id=71335)

A proposta de alteração abordada vem no sentido de reduzir os encargos com energia elétrica no edifício.

No que diz respeito ao consumo de água, propõe-se a instalação de fluxómetros de dupla descarga e a instalação de redutores de caudal.

A vivência na AM requer muitas vezes a concentração dos ocupantes de um compartimento na I.S. em simultâneo. Os alunos são agrupados nos quartos por cursos, por forma a partilharem dos mesmos interesses e, por forma a poderem também entreajudarem-se no que diz respeito à área académica, ou a outra qualquer componente da instrução. A vivência militar é, por si só, uma vivência com horários rígidos e bem estipulados. Adicionando a isto o agrupamento dos alunos por curso, como mencionado anteriormente, o resultado é a utilização das I.S. em simultâneo pelos alunos várias vezes ao dia. Sendo o número de mictórios inferior ao número de ocupantes de um compartimento, as bacias retrete acabam por ser usadas para o fim destinado aos primeiros, tornando assim desnecessária uma descarga completa. A adoção de um fluxómetro de dupla descarga, como por exemplo o da Figura 4.24, permitiria uma redução substancial do consumo de água.



Figura 4.24- Fluxómetro de dupla descarga equacionado para substituir os existentes.

Fonte: <http://www.pt.roca.com/catalogo/produtos/torneiras/fluxometros-sanita/fluxometros-temporizados-sanita/aqua/plus-fluxometro-sanita-34dupla-descarga-63litros-acionado-botao-5A9577C00>

Por fim, e também com intuito voltado para a redução do consumo de água, é equacionada a instalação de redutores de caudal nas torneiras e nos chuveiros, semelhantes aos que se apresentam na Figura 4.25.



Figura 4.25- Redutores de caudal para torneiras (à esquerda) e para chuveiros (à direita), equacionados para instalação.

Fonte: <https://www.ecosist.net/agua/poupanca-de-agua/redutores-de-caudal/redutor-de-caudal-para-chuveiro-1-2-7-5-l-min-macho.html>

Estes redutores funcionam com base no princípio da emulsão, que se traduz em termos práticos na introdução de ar na água, reduzindo o seu fluxo, mas mantendo a pressão e a sensação de conforto. Em alguns casos o fluxo de água pode ser reduzido até mais de 50%. Sendo que grande parte da água utilizada tem como destino as torneiras ou chuveiros, a adoção desta opção reduziria significativamente os encargos com água. A poupança real pode não corresponder à redução de descarga devido a alterações de comportamento por parte dos utilizadores (e.g., Meireles et al. 2016), mas esse assunto ultrapassa o âmbito da presente dissertação.

## **Passo 9- Reunir custos e respetivos perfis temporais para serem usados na ACCV**

Neste passo foram recolhidos os custos disponíveis e avaliados os perfis temporais dos mesmos. No caso dos encargos com energia elétrica, gás natural e água, foram recolhidos os valores das faturas desde 2010 até 2014. Os valores recolhidos têm uma periodicidade mensal.

Uma vez que o AAMA não possui um contador associado a cada edifício, o que permitiria registar os valores reais consumidos nesse edifício em particular, os valores recolhidos destes encargos são referentes à totalidade do aquartelamento. Por este motivo tornou-se imperioso elaborar uma estimativa dos consumos para um edifício, por forma a estimar o CCV do caso de estudo em particular. Com base

nas especificações técnicas das componentes instaladas conhecidas, no conhecimento aprofundado dos hábitos dos alunos da AM, bem como no contacto direto como base para recolha de informação, estimaram-se consumos no edifício.

Em primeiro lugar estimou-se o consumo de energia. Os equipamentos constituintes do edifício foram a base para o cálculo do consumo. Estes equipamentos são essencialmente as lâmpadas de iluminação (tubulares de 36 Watt), as lâmpadas dos candeeiros (tubulares de 60 watt). Adicionalmente, considerou-se a utilização por parte dos alunos dos computadores pessoais, termoventiladores no período de inverno, carregadores de telemóvel, ferros de engomar, máquinas de lavar roupa e, por fim, máquinas de secar roupa. O Quadro 4.2 mostra o tipo de equipamentos e o número por divisão dos mesmos. Mostra ainda o tempo de funcionamento, estimado em conferência com alunos que se alojaram no presente ano no bloco de alojamentos em estudo e com outros que por lá passaram em anos transatos.

Quadro 4.2- Tipo de equipamentos dependentes de energia elétrica por divisão.

Divisão	Equipamento	Tempo de funcionamento diário (h)	Energia consumida durante uma hora (KW/h)	Número de equipamentos por divisão
<b>Quarto</b>	Lâmpadas	5,0	36,0	10,0
	Candeeiro	4,0	60,0	8,0
	Telemóvel	3,0	5,0	4,0
	Termo ventilador	5,0	2000,0	1,0
	Ferros de engomar	1,0	2000,0	1,0
	Computador	6,0	200,0	4,0
<b>I.S.</b>	Lâmpadas	1,5	60,0	2,0
	Lâmpadas	3,0	36,0	6,0
<b>Salas de estudo</b>	Lâmpadas	6,0	36,0	12,0
<b>Espaços de circulação</b>	Lâmpadas	5,0	36,0	66,0
<b>Local de lavagem de roupa e material</b>	Máq. de secar roupa	3,0	3500,0	2,0
	Máq. de lavar roupa	3,0	1500,0	2,0
	Lâmpadas	4,0	36,0	18,0

Com base nestes consumos estimou-se a distribuição percentual da utilização de energia elétrica no caso de estudo. A Figura 4.26 mostra graficamente essa informação.

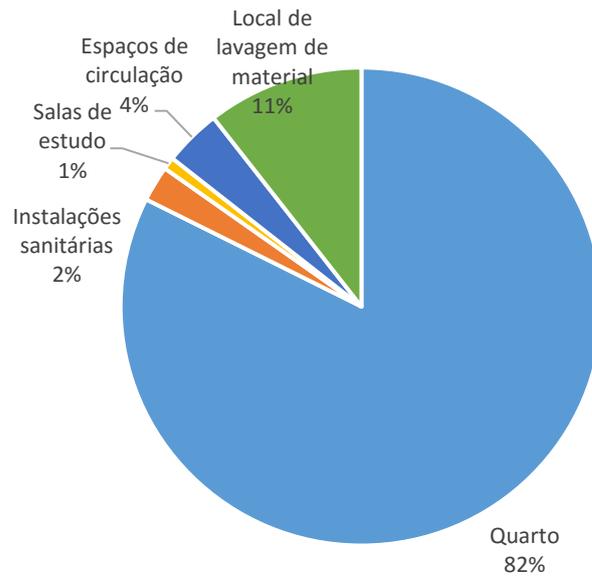


Figura 4.26- Distribuição do consumo por divisão.

Os quartos, por serem o espaço físico onde mais tempo os alunos despendem neste edifício, assumem-se como a principal divisão no que se refere à utilização de energia elétrica. O local de lavagem de roupas e material apresenta o segundo valor de consumo mais elevado. Este consumo deve-se principalmente ao facto de as máquinas de lavar e secar se localizarem nesse espaço. Os consumos dos restantes espaços prendem-se essencialmente com a iluminação dos mesmos.

Procedeu-se ainda à averiguação da distribuição dos consumos por quarto, com vista a avaliar os consumos dentro destas divisões. Esta distribuição pode ser visualizada na Figura 4.27 .

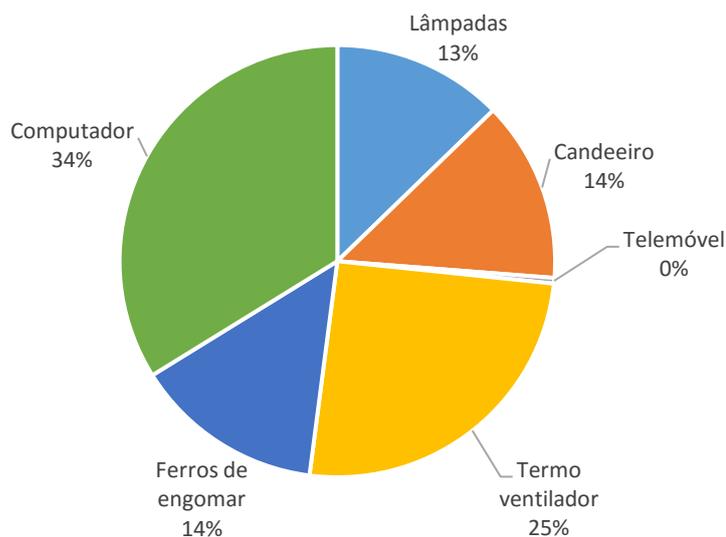


Figura 4.27- Repartição do consumo energético num quarto.

Os dados demonstram que a utilização de computadores é a principal fonte de consumo de energia elétrica num quarto de alunos da AM. Sendo a AM uma instituição de ensino universitário, o

volume de utilização deste aparelho eletrônico justifica-se pela necessidade de, nos dias de hoje, se trabalhar maioritariamente com recurso ao mesmo. Seja para estudar, para pesquisar, para aceder a notícias ou para lazer, o computador é essencial para a vivência de um aluno na AM. O uso de termoventiladores assume também uma grande percentagem dos consumos de energia elétrica, dada a sua utilização intensa no inverno e a grande quantidade de energia de que necessitam para funcionar. De seguida os consumos mais representativos são os alusivos ao consumo das lâmpadas de iluminação e ao ferro de engomar, com percentagens quase idênticas. A iluminação é indispensável para o dia a dia dos alunos, e por isso uma percentagem elevada é justificada pela utilização do quarto para as tarefas normais do dia a dia. O ferro de engomar apresenta um dos maiores valores de potência e pode ser utilizado por um aluno mais do que uma vez por dia. O atavio de um militar é encarado de forma muito séria, por este motivo é frequente que os quatro elementos do quarto passem o seu fardamento a ferro antes da formatura do almoço, bem como antes da formatura do jantar. Apesar do tempo de utilização ser reduzido, como a potência é bastante elevada, este aparelho acaba por ter uma grande contribuição para a fatura energética. Para a quantificação do preço da energia foi feita uma ponderação com base no período de utilização e no preço da energia nos diferentes períodos do dia, ilustrados na Figura 4.28.

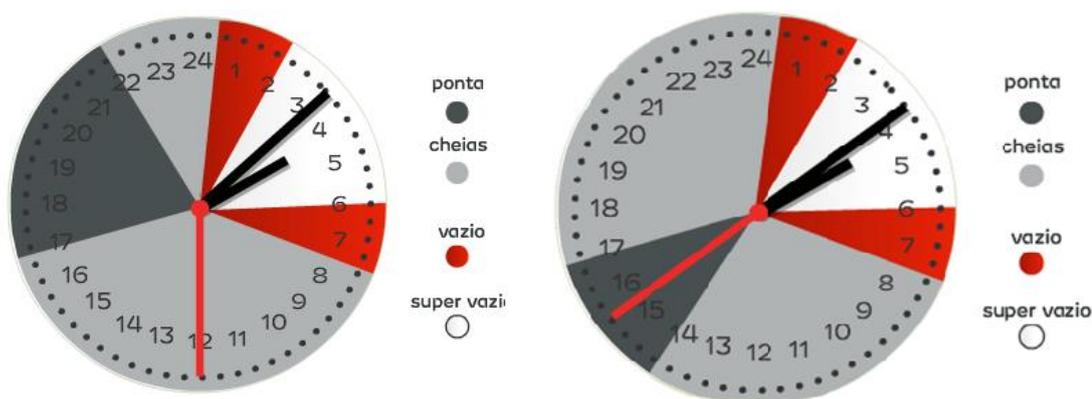


Figura 4.28- Distribuição horária das tarifas relativas a energia elétrica.

Estima-se que, no que diz respeito ao consumo de energia elétrica, o bloco de alojamentos em estudo signifique cerca de 20% do consumo total do AAMA.

O consumo de água foi também estimado com base nos mesmos pressupostos que o consumo de energia, sendo eles as averiguações dos equipamentos existentes e levantamento dos hábitos de consumo, acrescentando a essa informação o conhecimento intrínseco, proveniente da vivência na instituição.

O Quadro 4.3 apresenta as principais atividades que contribuem para o aumento dos encargos com água ocorridos nas I.S. do edifício em estudo no presente trabalho. Além das I.S., existem também consumos associados ao local de lavagem de fardas e botas. É prática corrente a utilização deste local para efetuar pré-lavagens de fardamento e botas, imediatamente a seguir a exercícios de cariz militar, ou antes de utilizar as máquinas de lavar, por forma a evitar que grandes quantidades de sujidade (terra, areias, entre outros) possam acumular-se e danificar as máquinas. As principais atividades decorrentes neste local são apresentadas no Quadro 4.4.

Quadro 4.3- Consumos estimados de água por aluno nas I.S. do corpo de alojamentos em estudo.

INSTALAÇÕES SANITÁRIAS	Lavatórios	
	N.º de lavagens dos dentes por dia	3
	Caudal da torneira (litros/minuto)	10,0
	Tempo da atividade (minutos)	2,0
	N.º lavagens das mãos ou outras utilizações similares	6
	Caudal da torneira (litros/minuto)	10,0
	Tempo da atividade (minutos)	0,5
	N.º de vezes que se faz a barba por semana	5
	Caudal da torneira (litros/minuto)	10,0
	Tempo da atividade (minutos)	5,0
	Chuveiros	
	N.º de banhos por dia	2
	Caudal do chuveiro (litros/minuto)	12,0
	Tempo da atividade (minutos)	8,0
	Autoclismos	
	N.º descargas por dia	2,0
Volume da descarga (litros)	10,0	
Urinóis		
N.º descargas por dia	4,0	
Volume da descarga (litros)	1,0	

Quadro 4.4- Consumos estimados de água por aluno no local de lavagem de roupas e material do corpo de alojamentos em estudo.

Local de lavagem de roupas e material	Lavagem de roupa	
	Nº de Pré-Lavagens manuais por semana	2
	Caudal da torneira (litros/minuto)	30
	Tempo de atividade (minutos)	2
	N.º de máquinas de lavar roupa	2
	N.º de utilizações por semana por máquina	6
	Consumo por utilização (litros)	45,0
	Capacidade (kg)	7,0
	Zona de lavagem de botas	
	N.º de utilizações por semana	2
	Caudal da torneira (litros/minuto)	30,0
	Tempo da atividade (minutos)	1,0

Com base nos consumos expostos, estimaram-se as distribuições percentuais dos consumos por divisão e por atividade. Apresentam-se estas estimativas na Figura 4.29 e na Figura 4.30, respetivamente.

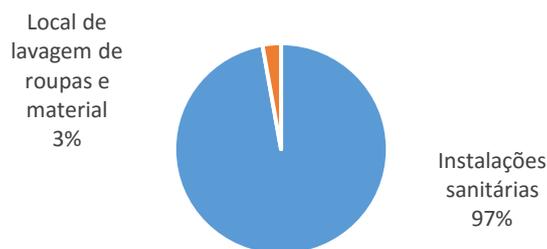


Figura 4.29- Relação entre consumo nas I.S. com o consumo no local de lavagem de roupas e material.

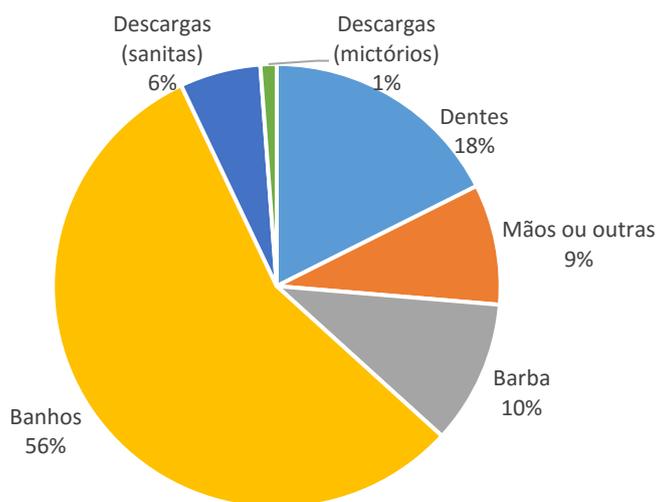


Figura 4.30- Repartição do consumo de água nas I.S.

A água despendida para banhos representa mais de metade do consumo de água de uma I.S.. As percentagens de consumo para a realização de tarefas diárias como lavar os dentes, ou fazer a barba detêm, por esta ordem, a segunda e terceira percentagem mais alta. O consumo durante estes dois procedimentos pode variar substancialmente, dependendo do comportamento do utilizador. Para o presente trabalho assumiu-se que estas tarefas eram levadas a cabo com as torneiras abertas, por ser a forma como a grande maioria dos alunos as admite realizar.

Estima-se que no que diz respeito ao consumo de água, o bloco de alojamentos em estudo signifique cerca de 25% do consumo total do AAMA.

No que diz respeito ao gás natural, 100% dos encargos estão relacionados com o aquecimento de águas sanitárias. O gás fornecido para o AAMA serve atualmente apenas para aquecimento das águas utilizadas nos alojamentos dos alunos. O consumo de gás natural reparte-se então por 3 blocos de alojamentos em que os ocupantes têm hábitos e vivências similares. Por este motivo o consumo de gás do bloco de alojamentos em análise foi considerado aproximadamente um terço (30%) do consumo total de energia, valor que estará muito próximo do valor real.

Além dos custos já mencionados, foram estimadas intervenções periódicas necessárias para a manutenção da funcionalidade do edifício. Face à quase total inexistência de registo de manutenções, muito devido ao facto de a maior parte das pequenas reparações e substituições serem levadas a cabo

por meios próprios de que a AM dispõe, essa estimativa de intervenções periódicas foi feita com recurso à experiência própria, ao contacto com alunos que ingressaram na AM mais recentemente e ao contacto com alunos que já frequentaram a instituição em anos anteriores. Todos estes alunos se alojaram no edifício analisado, bem como noutros similares, durante um longo período das suas vidas, sendo assim detentores de um conhecimento alargado e credível sobre os níveis de manutenção que testemunharam.

Depois de recolhidas as manutenções mais recorrentes e levantados os intervalos de tempo entre manutenções, procedeu-se à averiguação de preços para as referidas. Os preços relativos a pequenas substituições foram obtidos recorrendo a catálogos de grandes superfícies comerciais e empresas do ramo. As reparações de pinturas e manutenções de pavimentos foram estimadas recorrendo à plataforma *on-line* “Gerador de Preços”, depois de uma seleção cuidada de materiais e condições de aplicação idênticas. As áreas das divisões onde estas reparações e manutenções se aplicam foram medidas recorrendo ao programa informático “Autocad”, com base em plantas e cortes recolhidos.

O Quadro 4.5 apresenta um resumo das reparações e substituições consideradas, bem como os respetivos preços e intervalos de reparação considerados.

Quadro 4.5- Custos e periodicidade de reparações e pequenas intervenções.

Reparação		Custo unitário (2016)		Quantidade		Periodicidade
Pinturas interiores	Quartos	3,93	€/m <sup>2</sup>	4665,6	m <sup>2</sup>	15 anos
	I.S.	3,93	€/m <sup>2</sup>	542,6	m <sup>2</sup>	10 anos
	Espaços de circulação	3,93	€/m <sup>2</sup>	2744,5	m <sup>2</sup>	20 anos
	Sala de estudo	3,93	€/m <sup>2</sup>	221,9	m <sup>2</sup>	20 anos
	Local de lavagem	3,93	€/m <sup>2</sup>	183,3	m <sup>2</sup>	20 anos
Maçanetas de portas		9,99	€	5	unidades	3 anos
Torneiras		25,99	€	5	unidades	6 anos
Lâmpadas		7,49	€	94	unidades	11 anos
Manutenção do pavimento		2,59	€/m <sup>2</sup>	1522,8	m <sup>2</sup>	2 anos
Chuveiros		5,99	€	10	unidades	15 anos

Por fim, mas não menos importante, foi estimado o custo com intervenções nas fachadas exteriores do edifício. Estas intervenções concorrem para uma grande parcela do CCV por dois motivos principais. O primeiro destes motivos é o facto de este tipo de reabilitações e reparações necessitarem da montagem de andaimes e também de mão de obra orientada para esse fim específico, o que leva a academia a ser forçada a recorrer a meios externos face a estas limitações. O segundo motivo está relacionado com a taxa de degradação mais acentuada que este tipo de revestimento apresenta, face aos restantes componentes da envolvente exterior, obrigando a uma intervenção mais frequente no edifício.

Pelas razões expostas, analisou-se de forma mais aprofundada a periodicidade a considerar nas intervenções das fachadas. O Anexo A explica detalhadamente a origem da equação 5, utilizada para estimar o período de reparação da fachada.

$$S = -27.031 \times JE - 25.648 \times D + 40.019 \times E + 19.929 \times V + 0.026 \times I^2 \quad (5)$$

onde:

JE é o código das juntas de esquadramento;

D é o código da dimensão dos ladrilhos;

E é o código da estrutura do edifício;

V é o código da exposição ao vento;

I é a idade.

Na sequência da utilização do modelo referido, fixou-se o período de reparação em 7 anos. Posteriormente, mais uma vez com recurso ao “Gerador de Preços”, estimou-se o preço de 29,23€ por metro quadrado. Para a estimativa de um valor total recorreu-se aos alçados recolhidos e, à semelhança das áreas medidas anteriormente, ao programa informático “Autocad”.

### **Passo 10- Apreciação do risco preliminar (opcional)**

As apreciações do risco são feitas, normalmente, por engenheiros especializados. Entende-se que, no presente documento, a principal incerteza se prende com a quantificação das despesas. Assim sendo, foram levadas a cabo algumas simulações de monte carlo, onde se procura encontrar uma percentagem de certeza nos valores que são obtidos. Expõe-se ainda uma análise da importância das várias variáveis anuais, procurando demonstrar quais as despesas cujas variações mais influenciam o valor total da despesa.

### **Passo 11- Revisão e confirmação da parametrização da análise (período, parâmetros financeiros e análises adicionais)**

Não se justificou a alteração da parametrização da análise uma vez que todos os dados levantados e recolhidos foram de encontro à parametrização feita inicialmente.

### **Passo 12- Execução da avaliação económica**

A avaliação económica baseou-se nos custos recolhidos e estimados anteriormente. Uma vez que os dados reais que nos foram fornecidos abrangiam apenas o espaço temporal de 2010 até 2014, foram estimados os valores dos restantes anos estipulados no período de análise. O cálculo dos valores adotados foi feito de maneiras distintas, fossem eles encargos passados ou futuros.

Para encargos anteriores a 2014, estimaram-se os valores com base numa média dos valores existentes (2010 a 2014). Para o cálculo do valor de um qualquer custo, de um qualquer ano, afetou-se o valor da média de encargos com o valor real das taxas de inflação específicas do equipamento ou serviço em causa. Ao valor resultante desta ação foi ainda aplicada a taxa de inflação global da economia, com o objetivo de atualizar todos os custos a um ano de referência, no caso, 2015. Na Figura

4.31 apresenta-se de forma esquemática e a título de exemplo o procedimento para o cálculo dos custos atualizados, referentes a 2008 com o consumo de água.

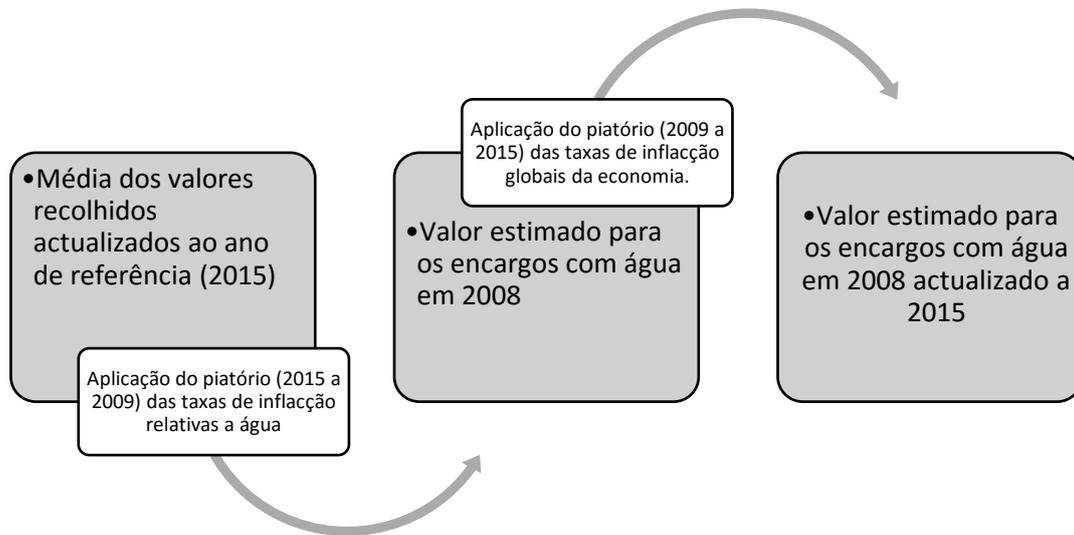


Figura 4.31- Procedimento de cálculo dos valores contemplados na ACCV.

Para os valores posteriores a 2015 o processo foi similar, com a diferença de que em vez da utilização das taxas de inflação reais (por serem desconhecidas), se utilizou a média de cada taxa de inflação para os últimos 15 anos.

Foi ainda avaliado o retorno dos investimentos com recurso ao VAL.

### **Passo 13-Análises adicionais (opcional)**

Neste passo foram executadas as análises referidas no passo 10. Para isso recorreu-se ao programa informático “Crystal Ball”, da “Oracle”.

- **Realização de análise da importância das várias variáveis anuais.**

Com recurso ao programa já mencionado, conclui-se que a variável que mais influencia a despesa anual prevista é a despesa relacionada com os encargos respeitantes ao consumo de água. Na grande maioria dos anos esta é a variável mais representativa quando analisamos a importância dos resultados. Esta variável apenas é superada nos anos em que os custos com manutenções são muito elevados. Para ilustrar o referido, apresentam-se as percentagens de influência de cada variável em três anos com características distintas, na Figura 4.32, na Figura 4.33 e ainda na Figura 4.34. Os restantes anos podem ser enquadrados, quase na totalidade, numa destas três situações.

A Figura 4.32 é alusiva ao ano de 1993. O ano em causa é imediatamente a seguir ao ano de construção, pelo que nenhum encargo significativo com manutenções ou reparações foi registado. Assim sendo os únicos encargos a considerar seriam as despesas com a energia elétrica, com o gás natural e com a água. Da mesma figura conclui-se que a água tem uma importância muito maior na despesa total anual prevista, do que as restantes duas variáveis. A energia elétrica assume um valor muito reduzido, influenciando menos ainda do que o gás natural.

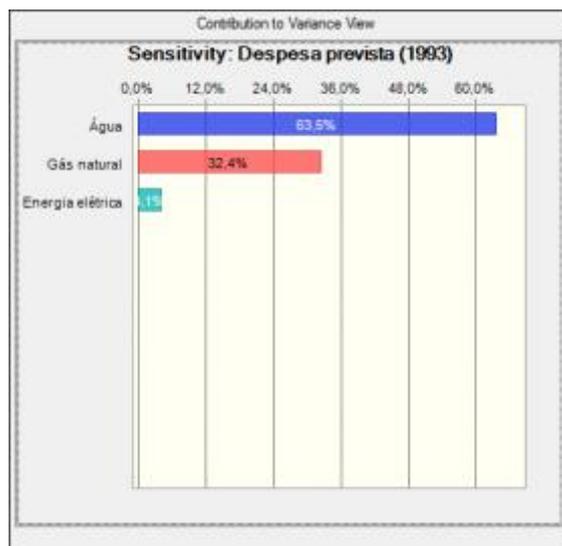


Figura 4.32- Análise de importância dos valores considerados para 1993.

A Figura 4.33, por sua vez, refere-se ao ano de 2017. Este ano foi selecionado para comportar uma operação de manutenção das fachadas do edifício em estudo. O valor desta operação é na ordem dos 60 000€. Neste caso a variação desta variável vai influenciar a despesa final anual muito mais do que qualquer outra. Conclui-se daqui que a quantificação adequada da periodicidade e dos custos com intervenções de maior porte tem uma importância acrescida. Os encargos com água possuem, ainda assim, uma percentagem considerável de contributo para a variação da despesa prevista.

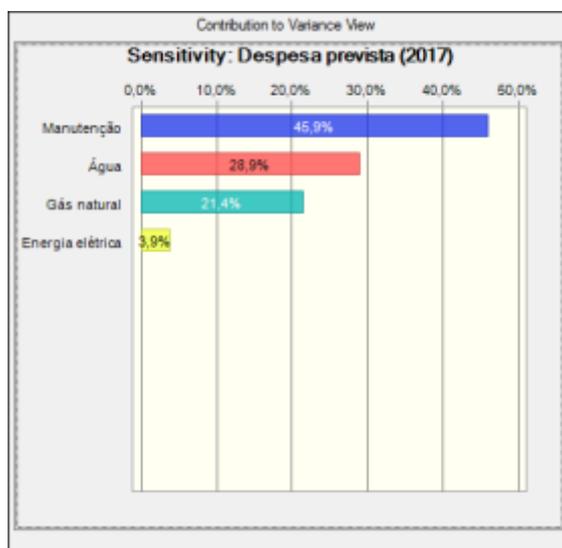


Figura 4.33- Análise de importância dos valores considerados para 2017.

Por fim, a Figura 4.34, é relativa ao ano de 2042. Conclui-se da análise efetuada que a variação dos encargos com água é cada vez mais importante para a variação da despesa total. Por outro lado, a variação dos valores de manutenção (neste caso pequenas reparações e substituições com valor estimado de aproximadamente 5000€) assume um peso extremamente reduzido na variação da despesa prevista.

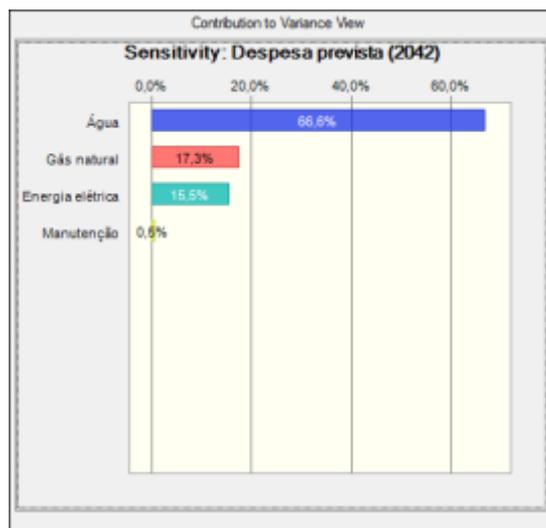


Figura 4.34- Análise de importância dos valores considerados para 2042.

Do antecedente conclui-se então que os encargos com grandes manutenções, bem como os encargos com água, merecem uma especial atenção na sua quantificação, uma vez que a variação destas variáveis, tem um impacto muito elevado na estimativa da despesa total.

- **Apreciação do risco detalhada**

No que diz respeito á apreciação do risco detalhada, apresentam-se de seguida algumas simulações de monte carlo levadas a cabo.

Definiram-se as variáveis que têm contributo para a despesa total de cada ano, assumindo uma distribuição de probabilidades triangular. Os valores mínimos e máximos foram calculados com base nos valores recolhidos, reais, atualizados a 2015. Calculou-se a diferença entre o mínimo e o máximo absoluto desses valores para cada variável. Posteriormente subtraiu-se metade desse valor ao valor mais provável para obter o mínimo, e somou-se a outra metade ao mesmo valor para obter o máximo. A Figura 4.35, a Figura 4.36 e a Figura 4.37 mostram os resultados das análises executadas.

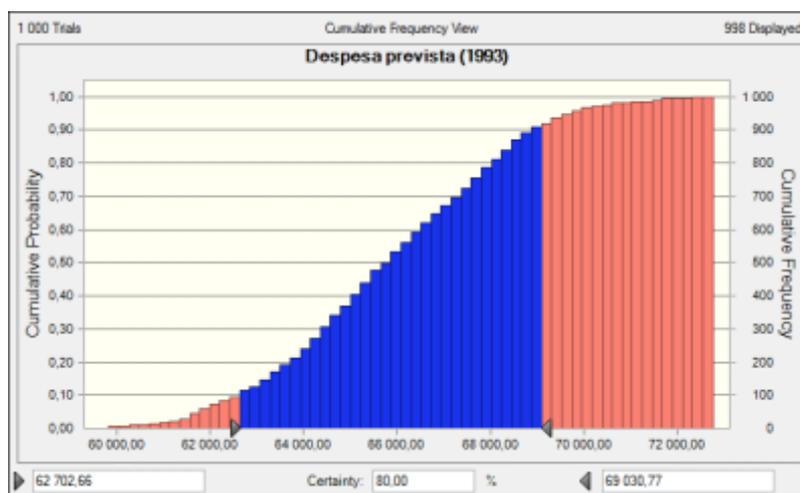


Figura 4.35- Simulação de monte carlo para o ano 1993.

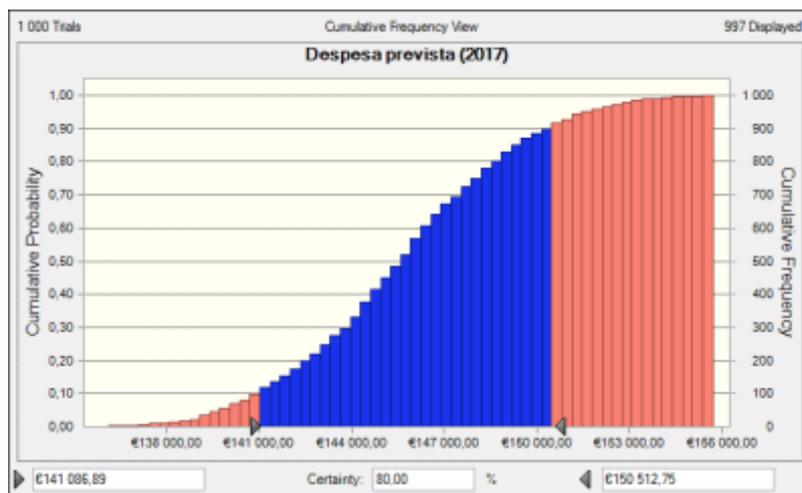


Figura 4.36- Simulação de monte carlo para o ano 2017.

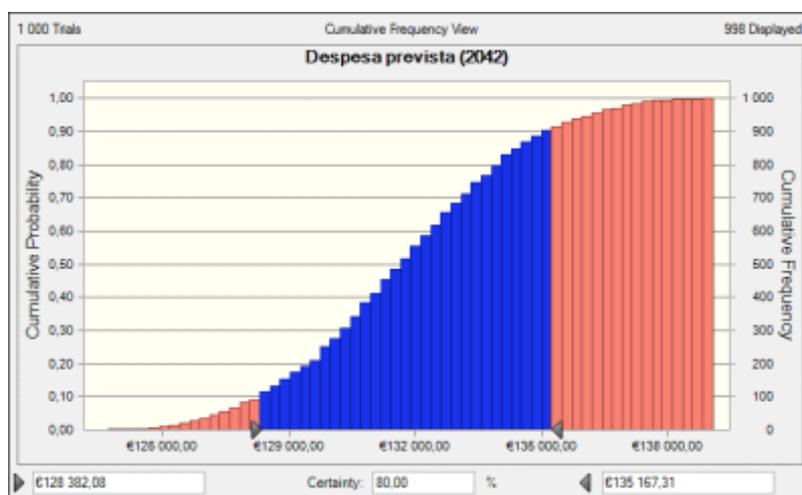


Figura 4.37- Simulação de monte carlo para o ano 2042.

Conclui-se que, em nenhum dos casos, o valor máximo de variação da despesa final anual supera os 10 000€, com um grau de certeza de 80%

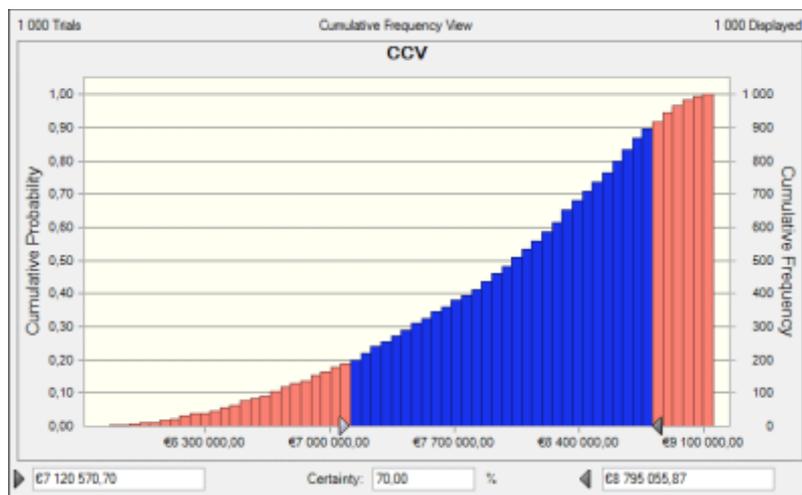


Figura 4.38- Simulação de monte carlo para a totalidade do CCV.

Para encerrar as análises do risco, a Figura 4.38 apresenta uma última simulação de monte carlo, executada com as despesas anuais como variáveis, assumindo também uma distribuição triangular de probabilidades. Uma vez que, quer em anos com manutenção reduzida, quer em anos com manutenção elevada, a despesa anual não variou mais de 10 000€ com 80% de certeza, utilizou-se esse valor para o cálculo do mínimo e máximo de cada ano. Esta consideração foi feita através da subtração e soma de metade do valor referido ao valor mais provável. O resultado obtido mostra que o CCV estará entre os 7 120 570€ e os 8 795 055€ com um grau de certeza de 80%

### **Passo 14- Interpretação e apresentação dos resultados iniciais**

Os resultados dos custos atualizados a 2015, para todas as opções incluídas na ACCV apresentam-se na Figura 4.39.

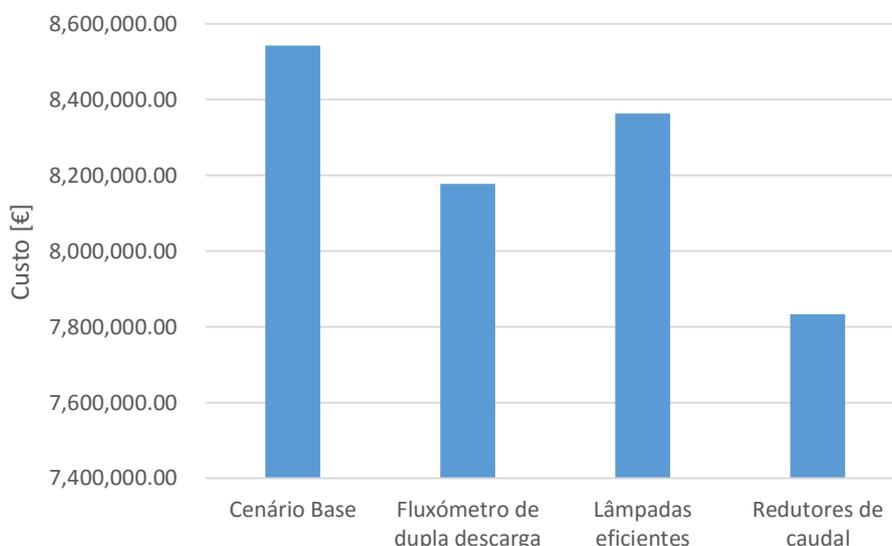


Figura 4.39- Custos atualizados a 2015 das várias opções incluídas na ACCV.

É possível verificar que todas as medidas em análise reduzem o CCV na ordem das centenas de milhares de euros. As medidas que mais encargos poupam à AM, são as que estão relacionadas com o consumo de água. Este facto pode dever-se à forma como é taxado o consumo de água, uma vez que, além da taxa de água fornecida, é taxada uma quantia pelo saneamento. Esta última assume como quantidade de água saneada a mesma quantidade de água que é fornecida pela companhia à AM. De referir ainda que a taxa cobrada pelo saneamento é, no ano corrente, superior à taxa de fornecimento de água. Conclui-se do referido que, ao reduzir-se o custo de água, reduz-se também a quantidade de metros cúbicos de água saneada a pagar, aumentando assim para o dobro o benefício por cada metro cúbico não gasto. Por esta razão, medidas relacionadas com a poupança de água são particularmente atrativas. Ainda assim, a substituição de lâmpadas por lâmpadas com as mesmas características, mas mais eficientes, assume-se como uma medida atrativa, não só pelo retorno possível, mas também pela simplicidade da sua implementação.

Após a comparação global, apresenta-se a análise para o cenário base, contemplando a manutenção do edifício e a substituição de componentes por componentes do mesmo tipo, bem como de todas as alternativas propostas no passo 8.

Analisou-se em primeiro lugar o cenário base, estando os resultados expostos nas Figura 4.40, na Figura 4.41 e na Figura 4.42.

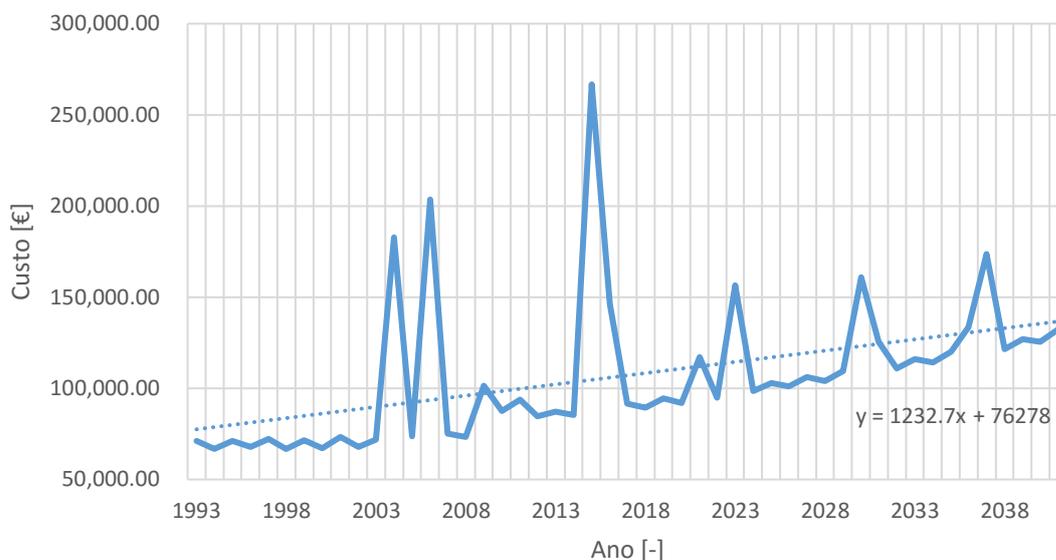


Figura 4.40- Evolução do total dos encargos do edifício em análise.

A representação da Figura 4.40 apresenta a evolução dos custos anuais com o ativo que está a ser analisado. O andamento geral do gráfico sugere um crescimento dos custos relacionados com o edifício, tal como indica a linha de tendência apresentada no mesmo. Esta tendência de crescimento prende-se com a aplicação das taxas de inflação individuais e da taxa de inflação global da economia. Verifica-se ainda que os anos 2005, 2007 e 2016 apresentam valores elevados no global, detalhados mais à frente. Os valores alusivos ao ano de 1992 não foram considerados para esta representação gráfica, uma vez que este ano inclui os custos de construção que, pela sua ordem de grandeza muito mais elevada, tornavam a evolução dos restantes anos praticamente impercetível.

Em adição ao gráfico dos custos totais de anuais, optou-se por apresentar também um gráfico representativo dos custos anuais repartidos por tipo de custos (Figura 4.42).

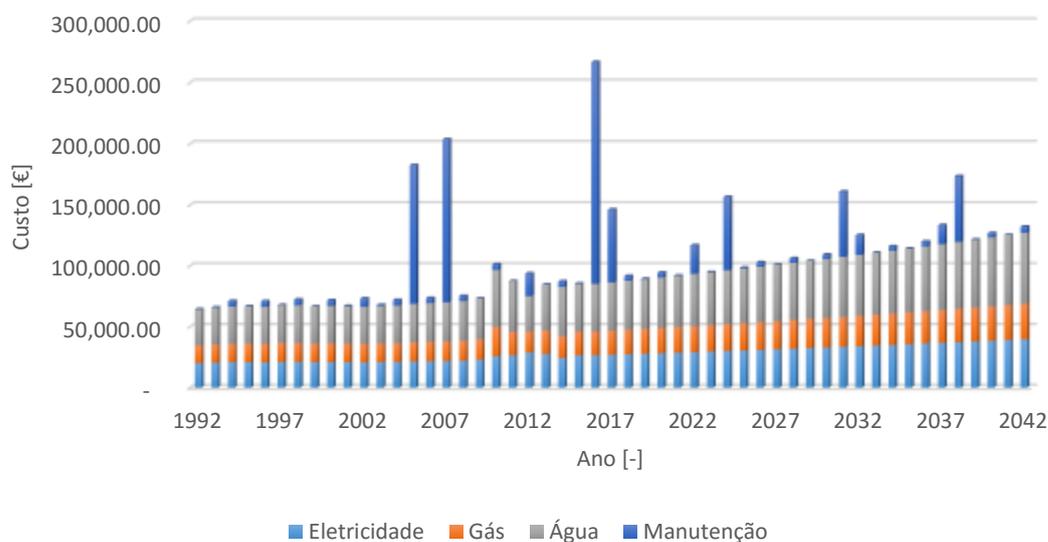


Figura 4.41- Contribuição de cada custo parcial para o custo total.

O gráfico anterior permite visualizar a contribuição dos custos anuais das variadas origens, para o valor de custo final anual. Os custos com gás, água e energia elétrica, apresentam valores representativos que, com ligeiras variações, são transversais a todo o período de análise considerado (50 anos). Destes, é perceptível a grande contribuição com encargos relativos ao consumo de água. Por esta razão as medidas relativas á poupança de água devem ser privilegiadas.

A repartição dos custos torna também possível identificar a causa dos elevados valores de custo total nos anos de 2005, 2007 e 2016. Nos anos identificados foram levadas a cabo as maiores intervenções documentadas no edifício. Os custos são particularmente elevados devido à falta de manutenção no período adequado, que leva ao aceleração da degradação nos elementos, e que desta forma obriga a um maior volume de trabalhos aquando da intervenção, e conseqüentemente um preço mais elevado. Do ano de 2016 em diante deixam de existir valores excessivamente elevados, sendo que os únicos valores que se destacam são os relativos às intervenções periódicas nas fachadas, com um período já estimado anteriormente. Este período apropriado para a reabilitação das fachadas contribui para uma distribuição dos custos mais uniforme e com intervalos bem definidos ao longo dos anos, permitindo que os níveis de degradação não ultrapassem determinados níveis críticos.

Não foram incluídos na representação gráfica os custos de construção por razões gráficas já mencionadas.

Ainda relativamente ao cenário base considerado, apresenta-se um gráfico com a repartição de custos totais (Figura 4.42).

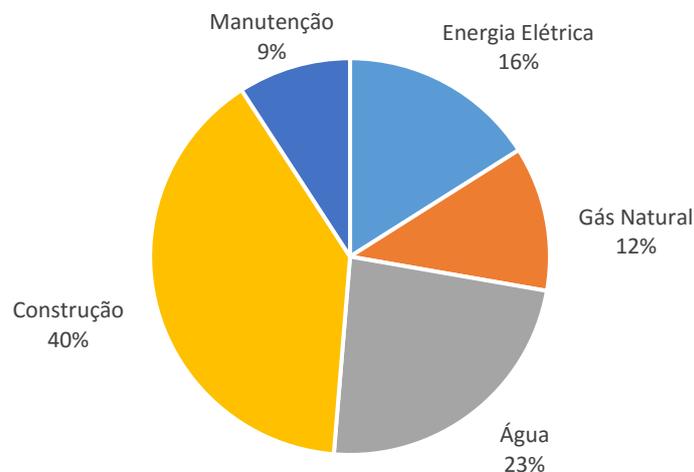


Figura 4.42- Encargos totais repartidos pelas diferentes despesas consideradas.

A repartição dos custos totais, tendo em consideração a totalidade do ciclo de vida do ativo, demonstram que o custo de construção representa apenas 40% do CCV. Se o tempo de análise fosse aumentado, os custos de construção tornar-se-iam ainda menos significativos. Dada a grande longevidade dos edifícios do Exército, da qual são exemplos alguns edifícios do parque edificado do próprio AAMA, é provável que o caso de estudo perdure no tempo por mais do que o tempo considerado para a análise. Os custos com manutenções são uma percentagem ainda mais reduzida do CCV. Os gastos com energia elétrica, gás natural e água assumem aproximadamente 50% do CCV. Daqui pode facilmente concluir-se que, pensar a longo prazo, implicaria neste caso programar intervenções e manutenções com materiais de qualidade e mão de obra qualificada, por forma a minimizar os gastos

com as três variáveis em causa. Custos mais elevados à priori, permitem posteriormente diminuir os gastos com energia e água, que como se pode verificar, são custos muito significativos no CCV.

Na sequência da abordagem ao cenário base abordaram-se as restantes opções propostas no passo 8.

A primeira opção refere-se à substituição das lâmpadas T8 de 36 Watt, por lâmpadas com as mesmas características físicas, mas com menores consumos de energia elétrica, nomeadamente 18 Watt. Não se consideram despesas adicionais para além do preço da lâmpada uma vez que as características exteriores das lâmpadas são iguais.

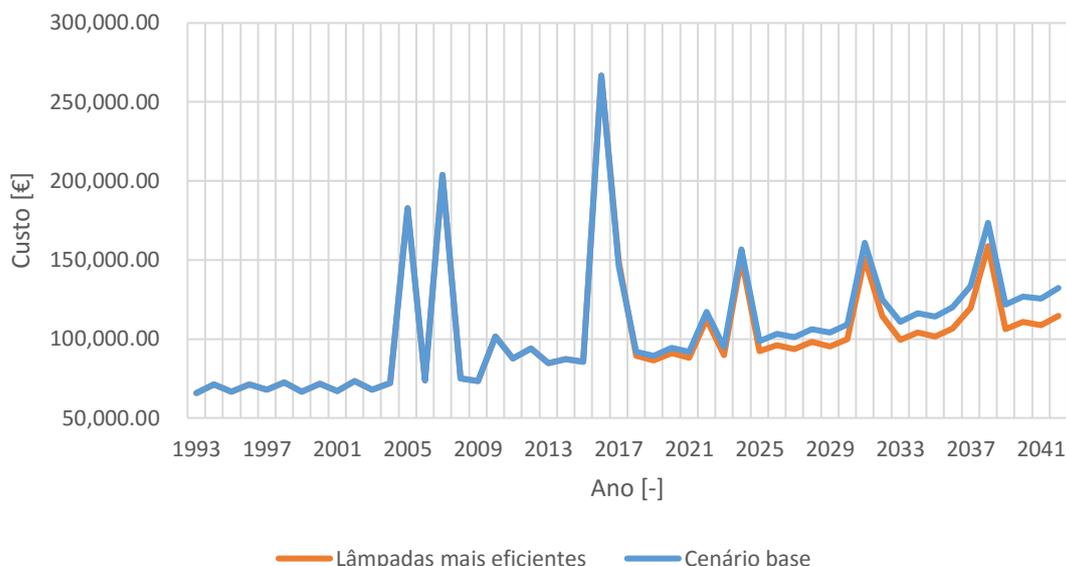


Figura 4.43- Comparação do CCV com e sem a implementação de lâmpadas mais eficientes.

Na Figura 4.43 é visível o patamar entre o ano 2016 e 2020, que corresponde ao período em que a medida seria implementada, e por isso à redução imediata nas faturas mensais e no bolo anual de encargos. Por outro lado, o valor do investimento é absorvido pelos restantes custos e torna-se quase impercetível. Os encargos anuais com a adoção desta medida são, da implementação em diante, sempre mais reduzidos do que seriam sem a implementação da mesma. A Figura 4.44 apresenta os benefícios acumulados ao longo dos restantes anos considerados na ACCV. Por sua vez, a Figura 4.45 apresenta os mesmos benefícios, mas apenas durante os dois primeiros anos, para tornar possível a observação desses anos com maior pormenor.

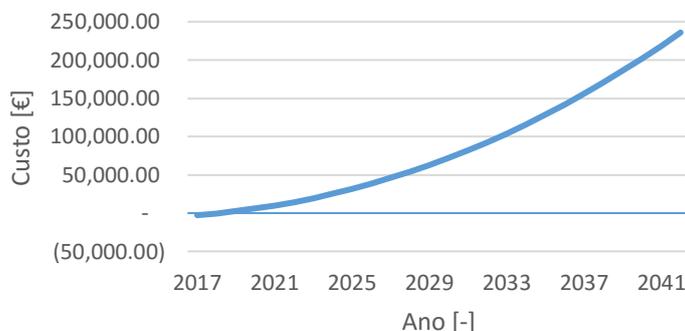


Figura 4.44- Benefícios acumulados com a instalação de lâmpadas mais eficientes.

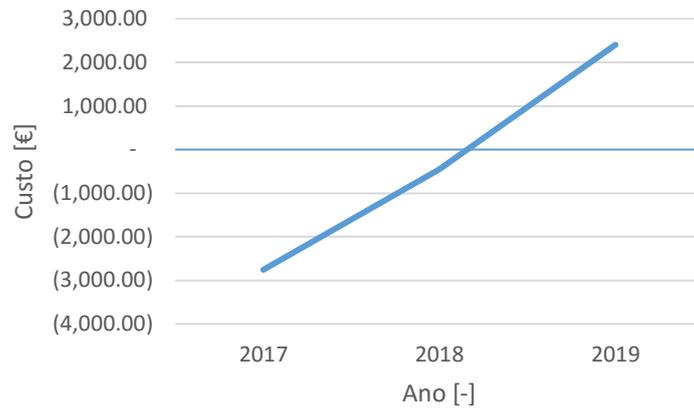


Figura 4.45- Benefício acumulado nos dois primeiros anos após a substituição das lâmpadas.

Como resultado da observação das figuras referidas, conclui-se que o retorno do investimento é conseguido em menos de dois anos. Mais do que isso, em dois anos de utilização, já existirá um benefício superior a um milhão de euros. No total esta medida permitiria poupar uma quantia à volta de 236 000 €, durante o restante período de análise.

Ainda no que diz respeito à implementação de lâmpadas energeticamente mais eficientes, conclui-se que esta medida reduziria para 14% a contribuição da despesa da energia elétrica para os encargos totais do edifício (Figura 4.46).

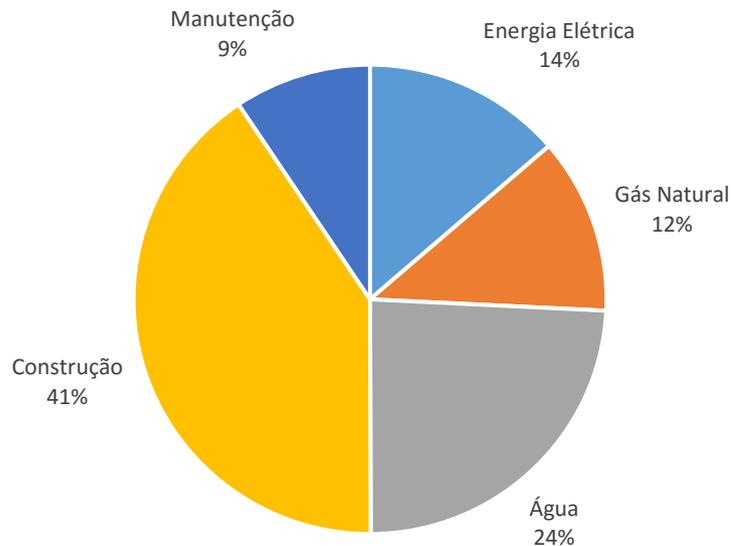


Figura 4.46- Encargos totais repartidos pelas diferentes despesas consideradas, após a implementação de lâmpadas mais eficientes.

Analisada a primeira opção parte-se agora para a análise da instalação de fluxómetros de duplas descarga, que permitiriam que não fosse necessária a descarga com maior caudal em ocasiões para que esta não fosse necessária.

A Figura 4.47 apresenta a comparação do CCV com e sem a implementação da medida em análise.



Figura 4.47- Comparação do CCV com e sem a implementação de fluxómetros de dupla. descarga.

Também no que diz respeito à implementação de fluxómetros de dupla descarga, conclui-se que os encargos anuais com o edifício seriam mais reduzidos após a data de instalação. Também aqui os custos com instalação são quase impercetíveis na análise global, sendo, no entanto, as reduções anuais bem vincadas. A Figura 4.48 mostra a evolução dos benefícios acumulados durante o restante período de análise. A Figura 4.49, por sua vez, apresenta os mesmos benefícios, mas apenas durante os primeiros três anos.

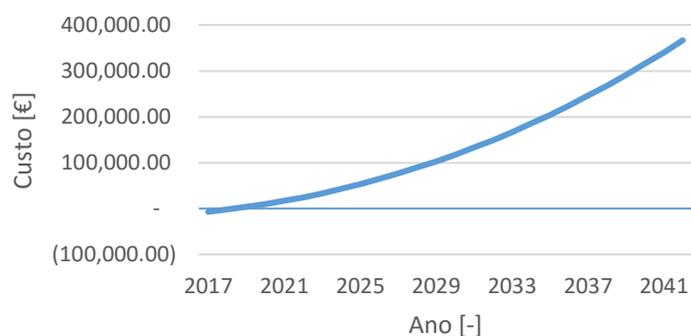


Figura 4.48- Benefícios acumulados com a instalação de fluxómetros de dupla descarga.

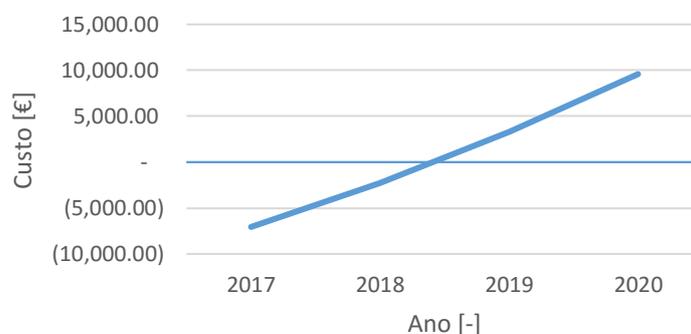


Figura 4.49- Benefício acumulado nos três primeiros anos após a instalação de fluxómetros de dupla descarga.

Do antecedente conclui-se que o benefício pode ascender até aos 366 586 €. Além disso, verifica-se ainda que o retorno do investimento seria assegurado em menos de dois anos, e que ao fim de três anos existiria já um benefício acumulado de quase 10 000€.

Percentualmente, esta medida reduziria para 20% a fatia dos encargos do edifício com água.

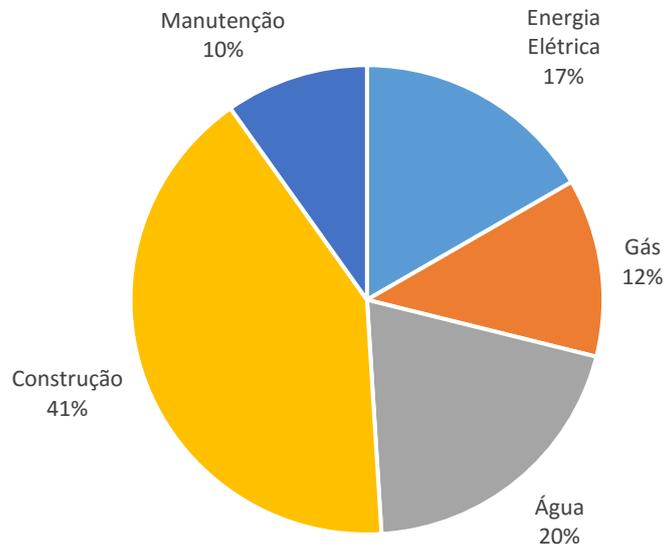


Figura 4.50- Encargos totais repartidos pelas diferentes despesas consideradas, após a implementação de fluxómetros de dupla descarga.

Feita a análise da segunda opção, resta analisar a instalação de redutores de caudal. Estes redutores funcionam, como já foi referido, recorrendo à introdução de ar no fluxo de água. Tem ainda a vantagem de manter a pressão e a sensação de conforto no utilizador. À imagem da abordagem feita para as outras duas opções, a Figura 4.51 mostra o CCV do edifício com e sem a implementação da medida em análise. Tal como nas outras opções, os resultados mostram que o CCV com a implementação desta medida seria significativamente mais reduzido. Além disso, esta medida é a que se assume como mais vantajosa quando comparada com as restantes e com o cenário base.

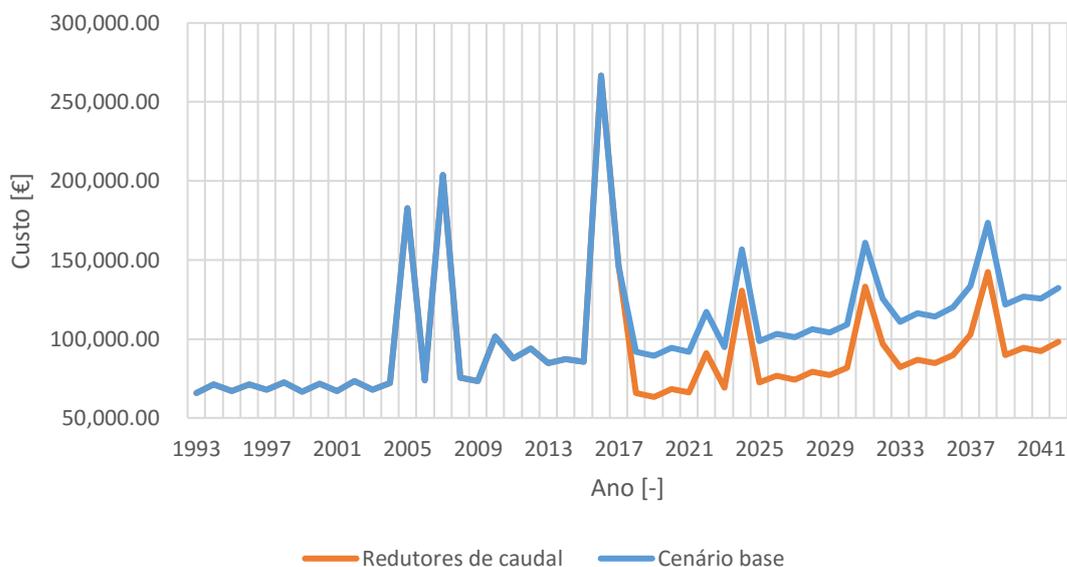


Figura 4.51- Comparação do CCV com e sem a implementação de redutores de caudal.

Esta medida apresenta a maior diferença anual de custos após instalação, comparando com as outras duas medidas analisadas, e no total permitiria à AM poupar cerca de 709 550€.

A Figura 4.52 mostra a evolução dos benefícios acumulados durante o restante período de análise enquanto a Figura 4.53 apresenta os mesmos benefícios, mas apenas durante o primeiro ano.

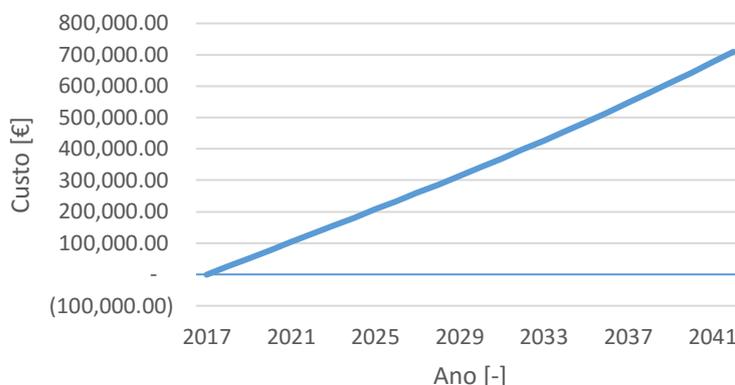


Figura 4.52- Benefícios acumulados com a instalação de redutores de caudal.

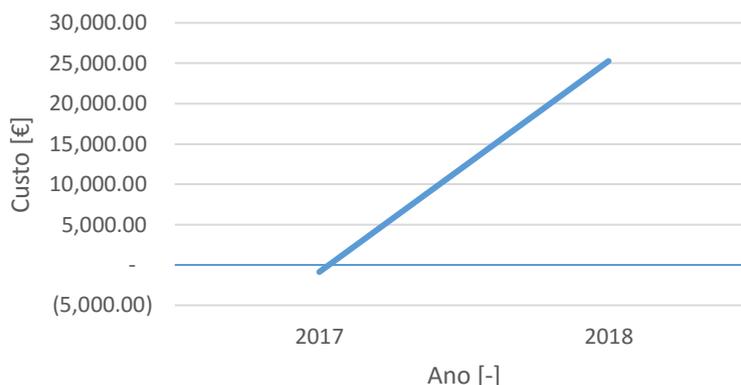


Figura 4.53- Benefício acumulado no primeiro ano após a instalação de redutores de caudal.

Pode observar-se nas figuras referidas que os benefícios são enormes ao longo do tempo, quando comparados com os custos. Ao fim de um ano, não só o investimento estaria recuperado, como seria proporcionada uma redução nos encargos superior a 25 000€.

De referir que, esta estimativa inclui apenas benefícios resultantes da poupança de água. No entanto alguma da água muita da água consumida no edifício (56%) é utilizada pelos alunos durante o banho. Isto significa que o benefício seria ainda maior do que o estimado, se fosse tido em conta também o gás não utilizado. No entanto esta poupança não foi contabilizada pela dificuldade em estabelecer uma relação fidedigna entre o consumo de água quente e de gás para o edifício em questão, devido a fatores como a idade das caldeiras (data de 1993), inacessibilidade das fichas técnicas das mesmas, afetação das caldeiras a mais do que um edifício, entre outros.

A implementação de redutores de caudal em todas as torneiras permitiria uma redução da percentagem de encargos com água no edifício para 17%.

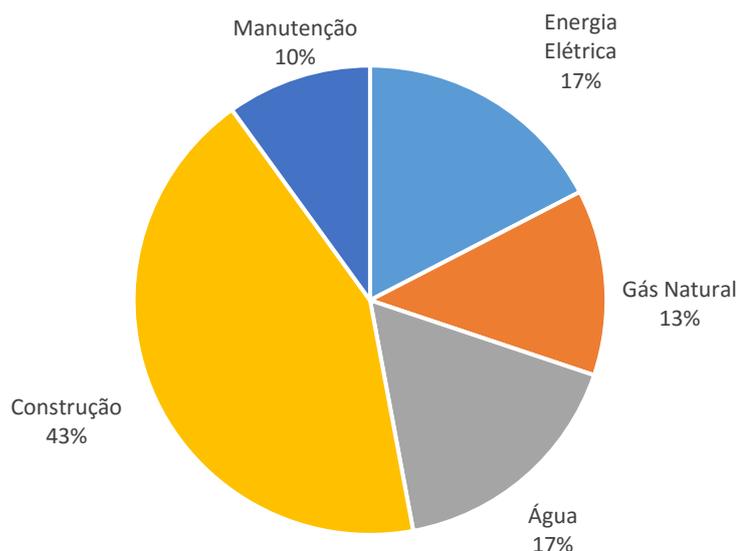


Figura 4.54- Encargos totais repartidos pelas diferentes despesas consideradas, após a implementação de redutores de caudal.

Sendo que o método adotado permite somar os benefícios obtidos pelas três opções analisadas, obteve-se uma previsão de 1 312 141 € de poupança, admitindo a instalação das três medidas equacionadas, até ao fim do período de análise (2042). É um valor considerável que se estabelece como 15% da totalidade do CCV do cenário base, ou 37% dos custos de construção.

### **Passo 15-Apresentação dos resultados finais e preparação do relatório final**

Este passo consiste na elaboração de um relatório formal, que incluiria todos os tópicos definidos na norma ISO 15686-5 e enumerados na metodologia (capítulo 3) aquando da definição das tarefas a executar nesta situação. Como o presente documento foi elaborado em âmbito didático não faz sentido a elaboração de tal relatório.



## 5 Considerações Finais

Em Portugal ainda é relativamente comum avaliar as diferentes opções de construção ou intervenção com base apenas no custo inicial. No entanto, a preocupação com a durabilidade e com a manutenção da funcionalidade dos ativos durante o maior período de tempo possível tem vindo a crescer. Seja por motivos económicos, seja por motivos ambientais, sociais ou de outra ordem, a atenção dada à gestão de ativos físicos e ao CCV dos ativos tem crescido recentemente. Apesar desta crescente preocupação, tanto nacional como internacional, ainda não existe legislação em grande parte dos países que procure definir explicitamente uma forma responsável e sustentável de contemplar os custos (não apenas económicos) a longo prazo no setor da construção. Posto isto considera-se de importância fulcral a introdução de legislação no sentido de avaliar os custos de acordo com a totalidade do ciclo de vida de um ativo, em detrimento de possíveis poupanças a curto prazo.

No que a uma instituição como o Exército diz respeito, assegurar a longevidade dos edifícios à sua responsabilidade tem de ser uma prioridade acérrima e a procura constante de formas para diminuir os encargos com estes ativos deve ser constante.

Dentro da instituição são vários os parques edificados com as características do AAMA, onde é possível fazer reduções de custos consideráveis, através de medidas de custo relativamente baixo, e recorrendo a meios próprios não especializados.

### 5.1 Conclusões

No presente documento foi desenvolvida uma metodologia com base em metodologias de referência no panorama internacional. Esta metodologia pretende promover e facilitar a aplicação da ACCV. Da experiência adquirida, a promoção da ACCV é uma necessidade, uma vez que a nível nacional são escassos os documentos credíveis que abordem esta temática. Menos ainda os que possuem uma metodologia bem mecanizada e com a aplicação a casos de estudo. A metodologia desenvolvida poderá ser um contributo relevante para uma análise direcionada para a componente económica de um ativo. Pode ainda ter um papel relevante na promoção da sustentabilidade do ativo em causa.

Os resultados obtidos demonstram que a metodologia proposta neste documento é passível de ser aplicada a edifícios em geral, e a edifícios do Exército em particular.

Durante a aplicação da metodologia ao caso de estudo foram muitas as dificuldades, quase todas relacionadas com a dificuldade de acesso à informação necessária. Os registos de encargos económicos são informações sensíveis, e, além disso, a complexidade da instituição faz com que diferentes encargos e documentações sejam da responsabilidade de diferentes entidades.

Foi particularmente difícil recolher informações sobre pequenas reparações e substituições, uma vez que são de forma recorrente levadas a cabo por meios internos, e não são documentadas e registadas.

Não obstante das dificuldades, conseguiu-se estabelecer um andamento geral dos encargos com água, gás natural e energia elétrica, com valores reais. Foi possível também identificar algumas intervenções com maior significado, que não foram executadas por meios próprios. As restantes

intervenções e pequenas substituições, que embora tenham existido não estão documentadas, foram estimadas com recurso ao levantamento junto de alunos de anos anteriores ou mais recentes. Com este levantamento estabeleceu-se uma periodicidade previsível para estes procedimentos.

Com o objetivo de estimar o intervalo de intervenções, desenvolveu-se um modelo de degradação referente ao revestimento das fachadas do edifício que foi constituído como caso de estudo, no caso uma fachada com revestimento cerâmico. Conclui-se que pode ser estimada a degradação da fachada com base na existência ou não de juntas de esquadramento, na dimensão dos ladrilhos, no tipo de estrutura de edifício (alvenaria ou betão), na exposição ao vento e por fim na idade. Conclui-se ainda que, para que a degradação não ultrapasse níveis que possam por em causa a segurança, o valor estético e a funcionalidade, a fachada deve ser intervencionada com uma periodicidade de 7 anos. Dado que a última intervenção data de 2007 (9 anos), e que as inspeções periciais levadas a cabo detetaram várias anomalias, conclui-se que a fachada deveria sofrer uma intervenção num futuro muito próximo. Esta intervenção permitiria evitar o aumento da degradação, o que no futuro vai representar custos mais avultados.

No presente documento analisaram-se também os hábitos de consumo dos alunos da academia no que diz respeito a energia e água. A repartição dos consumos dos alunos por local de consumo, ou por atividade diária, é um ponto de partida para o surgimento de novas medidas com vista a aumentar o desempenho dos ativos, mas mais do que isso, pode contribuir para a sensibilização dos alunos para a importância de alterar certos comportamentos diários, que podem significar a redução significativa do CCV do ativo e a poupança de recursos no geral.

Da aplicação da metodologia ao caso de estudo conclui-se que os custos com a construção representam apenas 40% dos custos referentes ao período de análise. Os restantes 60% repartem-se pelos custos de energia, água e manutenções. A percentagem relativa à construção seria ainda mais pequena se o período de análise fosse mais alargado, o que não era descabido, dada a longevidade em geral dos edifícios do Exército. No entanto, face aos dados que conseguimos recolher, o período de análise não poderia ser muito mais alargado.

Após retirar as ilações da análise ao cenário base considerando o risco, conclui-se também que as medidas equacionadas durante a metodologia resultam num benefício muito significativo a longo prazo. Se todas as medidas propostas fossem aplicadas, a poupança estimada andaria à volta dos 15% do CCV do edifício. Esta poupança estimada é da ordem de 37% dos custos de construção. Este é um bom indicador da importância de adotar soluções sustentáveis e de adotar uma postura de pensamento a longo prazo.

Em termos quantitativos, a instalação de redutores de caudal é a mais vantajosa, seguida da instalação de fluxómetros de dupla descarga e por fim a substituição de lâmpadas por outras mais eficientes, ainda que com um custo mais elevado. Em caso de impossibilidade, por um qualquer motivo, da aplicação das três medidas em simultâneo, devem ser aplicadas pela ordem em que foram referidas anteriormente, por forma a tirar os maiores proveitos económicos.

Considera-se assim que os objetivos propostos para o presente documento foram atingidos, e que os conteúdos nele presentes podem ser utilizados para aplicação a outros casos de estudo,

assumindo-se como uma importante ferramenta no desempenho do papel de apoio á decisão e de promoção de soluções eficientes e sustentáveis, economicamente e não só.

## **5.2 Estudos futuros**

O presente documento, como qualquer trabalho científico é suscetível de desenvolvimento e aprimoramento. Assim sendo, nos tópicos que se seguem são propostos possíveis estudos futuros assim como sugestões de medidas a aplicar futuramente, com o intuito de facilitar a aplicação de ferramentas como a do presente documento:

- elaboração de uma base de dados específica com o objetivo de contabilizar o custo com os edifícios, onde mensalmente fossem armazenados os encargos relativos aos edifícios;
- desenvolvimento de um programa informático que permita o armazenamento automático de dados relacionados com o CCV;
- criação de um registo de intervenções, onde fossem registadas as despesas e quantidades de trabalho realizadas com meios próprios da AM;
- instalação de contadores que permitissem controlar os gastos dos edifícios separadamente, facilitando a identificação dos edifícios com mais consumos e de possíveis gastos indevidos ou fugas;
- aumentar o leque de custos a incluir na ACCV (impostos sobre imóveis, limpezas, entre outros);
- aumentar o leque de opções a ser incluídas na ACCV, nomeadamente medidas de otimização da utilização do gás natural;
- aprofundar as análises do risco.
- desenvolver um modelo que permita estimar com rigor as quantidades de gás economizadas aquando da redução dos litros de água utilizada para banhos.
- desenvolver modelos de degradação para os restantes elementos da envolvente exterior ou interior;
- aplicação da metodologia proposta a outros edifícios do AAMA;
- aplicação da metodologia proposta a outros edifícios, sejam eles civis ou militares.



## Referências Bibliográficas

- Abecassis, F., & Cabral, N. (1991). *Análise Económica e Financeira de Projetos* (3.<sup>a</sup> ed.). Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Almeida, N., & Sousa, V. (2014). *Planeamento na Construção - Gestão de Empreendimentos (ou Projectos)* (Presentation). Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- Almeida, P. (2010). *Gestão de Edifícios-Análise de Registos de Grandes Intervenções Não Previstas* (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- American Society of Civil Engineers. (2013). *Report Card for America's Infrastructure*. ASCE.
- Aure, A., Seebach, D., & Moller, M. (2011). *Manual de Utilizador da Ferramenta LCC-CO2*. Consórcio SMART SPP, ICLEI-Local Governments for Sustainability.
- Boussabaine, A., & Kirkham, R. (2005). *Whole Life-Cycle Costing: Risk and Risk Responses*. Oxford, United Kingdom: Blackwell Publishing.
- BS 3811. (1993). *Glossary of terms used in terotechnology*. The British Standards Institution.
- Costa, A. (2010). *Aplicação de medidas de eficiência energética na Academia Militar - impacto económico (Trabalho de Investigação Aplicada)*. Academia Militar, Lisboa, Portugal.
- Dabous, S. A., & Alkass, S. (2008). Decision support method for multi-criteria selection of bridge rehabilitation strategy. *Construction Management and Economics*, 26(8), 883–893.
- Davis, R. (s.d.). *An Introduction to Asset Management*. Chester, United Kingdom: blah d blah design ltd.
- Deco proteste. (2016). Obtido 30 de Setembro de 2016, de <https://www.deco.proteste.pt/investe/ganhe-mil-euros-a-emprestar-dinheiro-ao-estado-s5126644.htm>
- Dell'Isola, A., & Kirk, S. J. (2003). *Life cycle costing for facilities*. RSMeans.
- DG Política Regional Comissão Europeia. (2003). *Manual de análise de custos e benefícios dos projectos de investimento*.
- Diretiva 2014/24/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 26 de fevereiro de 2014. (2014). *Jornal oficial da União Europeia*.
- EN 16627. (2015). *Sustainability of construction works — Assessment of economic performance of buildings — Calculation methods*. United Kingdom: BSI Standards Limited.
- EN 60300. (2009). *Gestión de la confiabilidad Part 3-3: Guía de aplicación - Cálculo del coste del ciclo de vida*. Madrid, España: Asociación española de normalización y certificación.
- Estevan, H., Campanero, M., Trindade, P., Duarte, A., Cortiçada, A., Sota, L., ... Willsher, K. (2011). *As compras públicas com o envolvimento do mercado para desenvolver soluções sustentáveis*. Consórcio SMART SPP, ICLEI-Local Governments for Sustainability.
- Gerador de Preços. Reabilitação. Portugal. (s.d.-a). Obtido 5 de Julho de 2016, de [http://www.geradordeprecos.info/reabilitacao/Revestimentos/Pavimentos/De\\_cortica/Pavimento\\_de\\_cortica.html](http://www.geradordeprecos.info/reabilitacao/Revestimentos/Pavimentos/De_cortica/Pavimento_de_cortica.html)
- Gerador de Preços. Reabilitação. Portugal. (s.d.-b). Obtido de [http://www.geradordeprecos.info/reabilitacao/calculaprecio.asp?Valor=0|0\\_0\\_0\\_0\\_2\\_0\\_0|RAG015|rag\\_mortero\\_horm exterior:c4\\_0\\_1\\_0\\_1c6\\_0\\_1\\_500\\_1\\_2\\_0\\_0\\_4c4\\_0\\_1c5\\_0\\_1c6\\_0\\_1c6\\_0](http://www.geradordeprecos.info/reabilitacao/calculaprecio.asp?Valor=0|0_0_0_0_2_0_0|RAG015|rag_mortero_horm exterior:c4_0_1_0_1c6_0_1_500_1_2_0_0_4c4_0_1c5_0_1c6_0_1c6_0)
- Government of South Australia. (1999). *Strategic Asset Management Framework* (2.<sup>a</sup> ed.). Australia: Department of Treasury and Finance.

- Grussing, M. N. (2015). *Risk-based facility management approach for building components using a discrete markov process - Predicting condition, reliability, and remaining service life* (Doctoral dissertation). University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois, USA.
- Hovde, P. J., & Moser, K. (2004). Performance based methods for service life prediction. *International council for research and innovation in building and construction*, 294.
- Hunkeler, D., Saur, K., Stranddorf, H., Rebitzer, G., Finkbeiner, M., Schmidt, W.-P., ... Christiansen, K. (2003). *Life cycle management*. Florida, USA: SETAC Press.
- IAM. (2014). *Asset Management – an anatomy* (2.<sup>a</sup> ed.). The institute of asset management.
- INE. (2014). *Estatísticas da Construção e Habitação 2014* (2015.<sup>a</sup> ed.). Lisboa, Portugal: Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- ISO 15686-1. (2000). *Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles and framework*. Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO 15686-5. (2008). *Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life cycle costing*. Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO 31000. (2009). *Risk management - Principles and guidelines*. Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO 55000. (2014). *Asset management — Overview, principles and terminology*. Switzerland: International Organization for Standardization.
- Kemps, B. (2012). *Life Cycle Costing : An Effective Asset Management Tool* (Doctoral dissertation). International Masters School.
- Kjellsson, U., & Hagemann, O. (2000). *Unife-Unilife and Unife-Unidata -the First European Life Cycle Cost Interface Software Model*.
- Laborda, D. (2013). *Relatório de optimização energética - A quartelamento da Academia Militar na Amadora*. Ingevita consultoria e engenharia lda.
- Laefer, D. F., & Manke, J. P. (2008). Building reuse assessment for sustainable urban reconstruction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(3), 217–227.
- Langdon, D. (2007a). *Final Guidance - Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction - Guidance on the use of the LCC Methodology and its application in public procurement*. Davis Langdon - Management consulting.
- Langdon, D. (2007b). *Final Methodology - Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology*. Davis Langdon - Management consulting.
- Langdon, D. (2007c). *Final Review - Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology - Literature Review*. Davis Langdon - Management consulting.
- Ling, D. (2005). *Railway Renewal and Maintenance Cost Estimating* (PhD Thesis). Cranfield University, Cranfield, United Kingdom.
- Meireles, I., Sousa, V., Oliveira, A., & Afonso, A. (2016). *User preferences and behaviour change owing to washbasin taps retrofit: A case study of the DECivil building of the university of Aveiro*, Charlesworth, S. (Ed.), Proceedings of the Water Efficiency Conference 2016, 7-9 September, Coventry UK: WATEF Network/University of Bath.

- Mendes, L. (2011). *Análise de custos no ciclo de vida de medidas sustentáveis - Caso de redes prediais e sistemas de tratamento* (Master thesis). Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- Ministério da Economia e do Emprego. (2013). Decreto-Lei n.º 118/2013. *Diário da República*, 159, 4988–5005.
- Okano, K. (2001). Life cycle costing - An approach to life cycle cost management : A consideration from historical development. *Asia Pacific Management Review*, 6(3), 317–341.
- Paulo, P. V., Branco, F., & Brito, J. de. (2014). BuildingsLife : A building management system. *Structure and Infrastructure Engineering*, 10(3), 388–397.
- Perera, O., Morton, B., & Perfrement, T. (2009). *Life Cycle Costing: A Question of Value*. International institute for sustainable development.
- Phelps, A. J. (2009). *An Examination of the Relationship between Rationale , Practice and Outcomes in Municipal Property Asset Management - A Comparative Study of the UK and Russia* (Doctoral dissertation). University of Birmingham.
- PORDATA- Base de dados Portugal contemporâneo. (s.d.). Obtido 25 de Julho de 2016, de [http://www.pordata.pt/Portugal/Taxa+de+Infla%C3%A7%C3%A3o+\(Taxa+de+Varia%C3%A7%C3%A3o+do+%C3%8Dndice+de+Pre%C3%A7os+no+Consumidor\)+total+e+por+consumo+individual+por+objectivo-2315](http://www.pordata.pt/Portugal/Taxa+de+Infla%C3%A7%C3%A3o+(Taxa+de+Varia%C3%A7%C3%A3o+do+%C3%8Dndice+de+Pre%C3%A7os+no+Consumidor)+total+e+por+consumo+individual+por+objectivo-2315)
- Rodrigues, J. V. D. (2014). *O custo do ciclo de vida de edifícios como suporte à gestão de ativos físicos construídos - Metodologia aplicada a edifícios não residenciais* (Dissertação de mestrado). Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Schade, J. (2003). Life Cycle Cost Calculation Models for Buildings. *Open Information environment for knowledge-based collaborative Processes throughout the lifecycle of a building*. Luleå, Sweden: Luleå University of Technology.
- Schimschar, S., Grözinger, J., Korte, H., Boermans, T., Lilova, V., & Bhar, R. (2011). *Panorama of the European non-residential construction sector*. Cologne, Germany: Ecofys.
- Simonoff, J. S., Restrepo, C. E., & Zimmerman, R. (2010). Risk management of cost consequences in natural gas transmission and distribution infrastructures. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 23(2), 269–279.
- Soares, I., Moreira, J., Couto, J., & Pinho, C. (2012). *Decisões de Investimento* (4.<sup>a</sup> ed.). Lisboa, Portugal: Edições Sílabo.
- Sousa, R. D. B. de. (2008). *Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachada*. (Dissertação de Mestrado). Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- Swedish Environmental Management Council. (2011). *Life Cycle Cost ( LCC ) - Description of the Tool and Its Parameters*.
- T MU AM 01001 ST. (2014). *Management Standard - Life Cycle Costing*. New South Wales, Australia: Asset Standards Authority.
- TAM04-10. (2004). *Total Asset Management - Life Cycle Costing Guideline*. *Total Asset Management*. New South Wales Treasury.
- TG4. (2003). *Task Group 4: Life Cycle Costs in Construction*. Enterprise publications, European comission.

- U.S. Department of Transportation. (2015). *Financial Planning for Transportation Asset Management : An Overview*. Washington, DC, USA: Federal Highway Administration.
- U.S. General Services Administration. (2015). *FY 2015 Federal Real Property Profile (FRPP)*. Obtido de <http://www.gsa.gov/portal/content/102880>
- U.S. Government Accountability Office. (2008). *Defense Infrastructure - Continued Management Attention Is Needed to Support Installation Facilities and Operations*. Washington, DC, USA: United States Government Accountability Office.
- United States Census Bureau. (2015). *Annual Value of Private Nonresidential Construction Put in Place By Region, for Selected Types of Construction*. Obtido de <http://www.census.gov/construction/c30/pdf/region.pdf>

## **Anexos**



## **Anexo A- Modelo de degradação da fachada**



## Modelo de degradação da fachada

No âmbito do presente documento, a estimativa dos custos com intervenções periódicas necessárias para manter o edifício considera a reabilitação das fachadas, a reabilitação das pinturas interiores, a manutenção do pavimento e outras pequenas substituições. Apesar da contabilização dos referidos no cálculo do CCV, assumiu-se que os componentes da envolvente exterior, como são por exemplo as caixilharias e coberturas, e da envolvente interior, como sejam os pavimentos, tetos e paredes, apresentam taxas de degradação menores e são passíveis, na maior parte das situações, de intervenção com meios próprios. Consequentemente, os preços relativos a estes constituintes são admitidos no presente documento como custos com uma participação pouco significativa para a totalidade do CCV. Assim o modelo de degradação desenvolvido destina-se a estimar os encargos com intervenções periódicas nas fachadas. Factos como a necessidade de utilização de andaimes limitam a utilização de meios internos para a sua execução, admitindo-se assim que estes encargos constituem a principal fonte de despesa com manutenção/reabilitação dos componentes do edifício. O revestimento exterior das paredes em causa (ladrilhos cerâmicos) apresenta uma taxa de degradação que, por norma, é mais elevada quando comparada aos restantes componentes constituintes do ativo.

Para procurar desenvolver um modelo que permita estimar a periodicidade entre intervenções a adotar, por forma a não serem ultrapassados critérios estéticos, de funcionalidade e de segurança, recorreu-se aos dados de degradação de ladrilhos cerâmicos exteriores de Sousa (2008). Devido à limitação do formato da informação disponibilizada em Sousa (2008), os valores da degradação apresentam pequenas diferenças de aproximação. Utilizados os dados mencionados, obteve-se o modelo de regressão linear que se apresenta na Figura A.1. Pelo motivo já referido anteriormente, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) encontrado foi tenuemente superior ao valor de 0.389 obtido por Sousa (2008) por esse motivo.

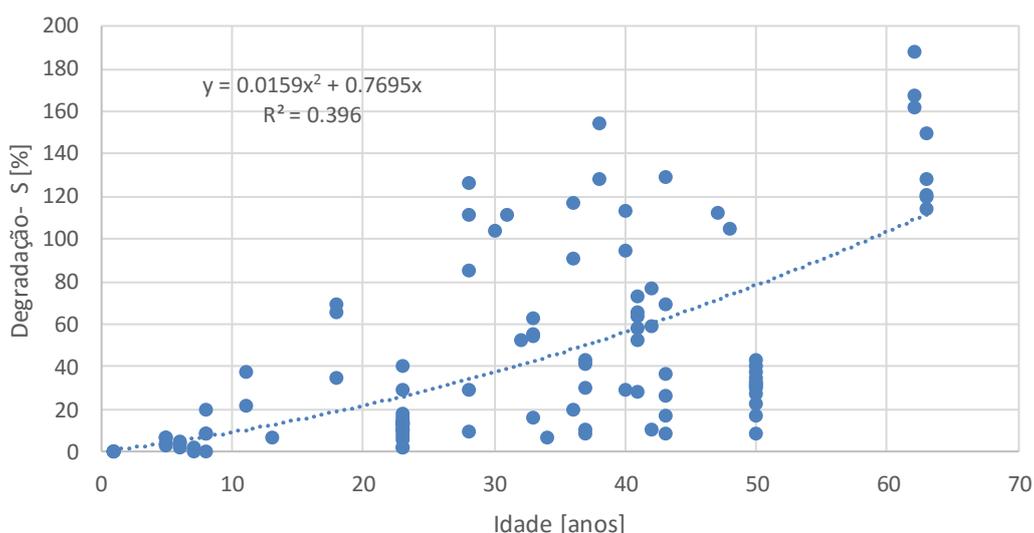


Figura A.1- Modelo polinomial da severidade da degradação de ladrilhos cerâmicos.

Os dados recolhidos de Sousa (2008) possuem uma alargada gama de informações relativas aos edifícios. De entre estas informações constam: o registo de intervenções, o tipo de estrutura do

edifício, a orientação da fachada, a área dos ladrilhos, o acabamento e a cor dos ladrilhos, a existência de juntas de periferia, esquadramento e estruturais, existência de proteção da periferia e dos cantos, a exposição ao vento, exposição a agentes poluentes, exposição à humidade, a distância ao mar e a prática de manutenção regular. No entanto, o modelo apresentado na Figura A.1 tem apenas em consideração a idade das fachadas. Este facto levanta problemas de autocorrelação no modelo de regressão linear, uma vez que se baseia numa expressão polinomial com apenas uma variável.

Pelas razões expostas anteriormente, foi levado a cabo um refinamento do modelo, através de uma avaliação individual de cada variável, procurando saber quais as que se assumiam como estatisticamente mais significativas para explicar a variabilidade dos dados. Este refinamento permite também identificar a solidez da relação entre a idade e a degradação num modelo linear. Utilizando a modelação linear e o critério de Aikake, foram elaborados os modelos com a presença dos melhores subconjuntos de variáveis e seleccionadas as variáveis estatisticamente mais significativas. O Quadro A.1 apresenta a escala numérica em que as variáveis foram convertidas no decorrer desse processo.

Quadro A.1- Codificação das variáveis categóricas.

<b>Cor do ladrilho</b>	<b>Código</b>	<b>Orientação</b>	<b>Código</b>	<b>Juntas periféricas</b>	<b>Código</b>
Claras	1	Norte	4	Não	1
Média	2	Noroeste	1	Sim	2
Escuras	3	Nordeste	3	<b>Juntas de esquadramento</b>	<b>Código</b>
Combinação de cores	4	Este	3	Não	1
<b>Tipo de fachada</b>	<b>Código</b>	Oeste	1	Sim	2
Principal	1	Sul	2	<b>Juntas estruturais</b>	<b>Código</b>
Lateral	2	Sudoeste	2	Não	1
Tardoz	3	Sudeste	3	Sim	2
<b>Acabamento superficial</b>	<b>Código</b>	<b>Estrutura</b>	<b>Código</b>	<b>Exposição a agentes poluentes</b>	<b>Código</b>
Não vidrado	1	Betão	1	Não	1
Vidrado	2	Alvenaria	2	Sim	2
<b>Proteção de zonas periféricas</b>	<b>Código</b>	<b>Reparada</b>	<b>Código</b>	<b>Manutenção regular</b>	<b>Código</b>
Não	1	Não	1	Não	1
Sim	2	Sim	2	Sim	2
<b>Proteção de cantos salientes</b>	<b>Código</b>	<b>Exposição à humidade</b>	<b>Código</b>	<b>Distância ao mar</b>	<b>Código</b>
Não	1	Baixa	1	< 1	1
Sim	2	Alta	2	> 5	2
<b>Ação do vento</b>	<b>Código</b>	<b>Dimensão do ladrilho</b>	<b>Código</b>		
Suave	1	Maior dimensão > 20	1		
Moderada	2	Maior dimensão < 20	2		
Severa	3				

O facto de os dados terem sido recolhidos por uma aluna de mestrado sem experiência prática à data da recolha, a variedade de oferta que existe no que diz respeito a soluções tecnológicas, materiais escolhidos para utilização, técnicas e procedimentos de aplicação, e a variação de caso para

caso das condições de execução, sejam elas condições meteorológicas, ao nível das características do substrato, da qualidade de mão de obra, entre outras, e as diferentes exposições de cada edifício no que diz respeito aos agentes de degradação, levou a que se procura-se identificar *outliers*, casos discrepantes estatisticamente, com o intuito de os excluir posteriormente. Com vista a sinalizar os casos pretendidos, foi utilizada a distância de Cook (D). Um caso específico considera-se estatisticamente discrepante se  $D > 4/n$ , em que n é o número de casos total na amostra recolhida.

Com o emprego da metodologia descrita no parágrafo anterior, foram identificados 10 modelos correspondentes aos melhores subconjuntos. Dentro destes modelos, o número de variáveis explicativas varia entre 5 e 8. Por forma a obter o melhor destes 10 modelos para uma posterior aplicação ao caso de estudo, foi utilizado o coeficiente de determinação ajustado. Para além da idade, que em todos os modelos se demarca significativamente como a variável com maior capacidade explicativa, o modelo resultante da avaliação do coeficiente de determinação ajustado integra ainda, as variáveis seguintes: estrutura do edifício, dimensão dos ladrilhos, juntas de esquadramento, exposição ao vento e área. A Figura A.2 apresenta graficamente a importância relativa das variáveis significativas.

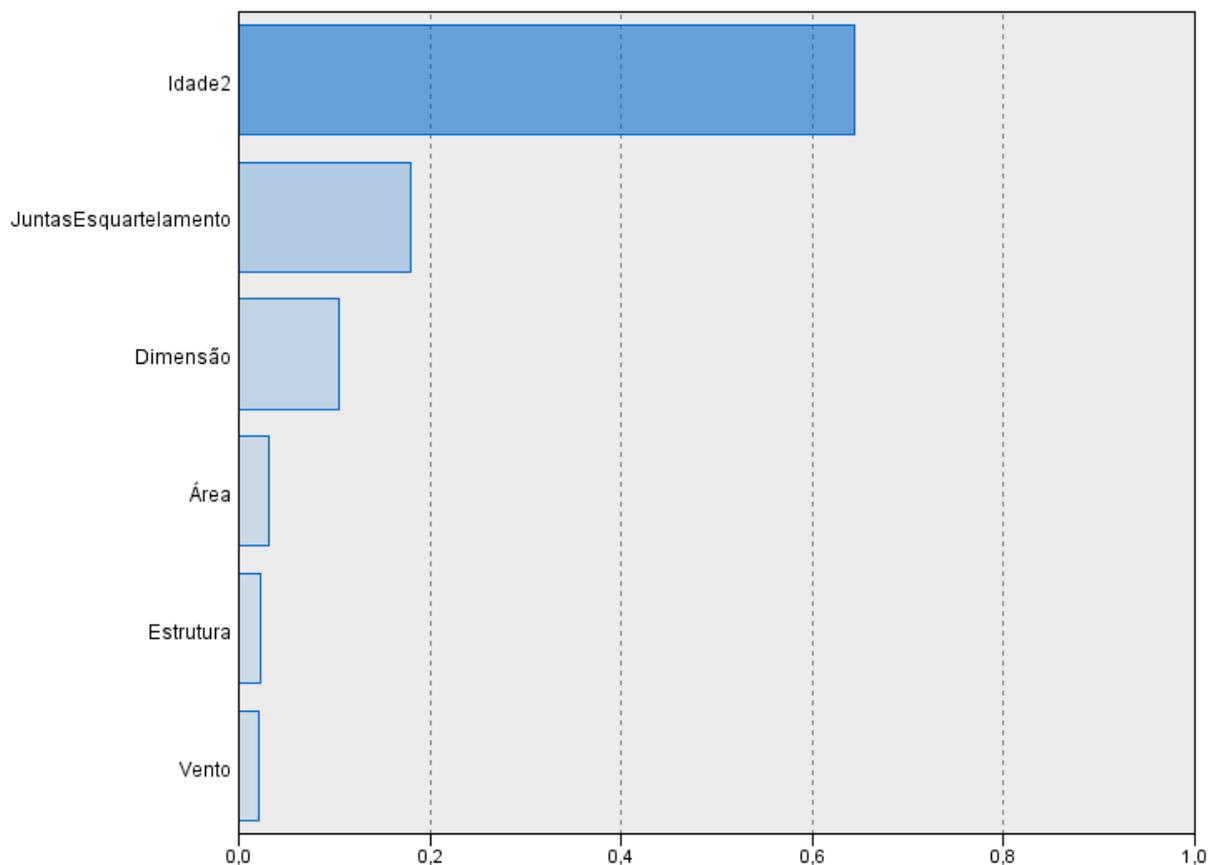


Figura A.2- Importância relativa das variáveis significativas.

Abordada a importância relativa de cada variável significativa estatisticamente, e tendo em conta a codificação das variáveis descrita anteriormente, o sinal do contributo de cada variável para a severidade da degradação encontra-se representado esquematicamente na Figura A.3.

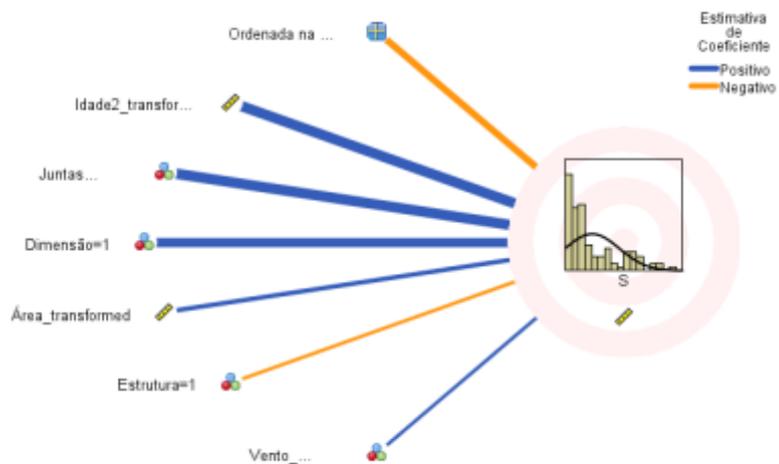


Figura A.3- Sinal das variáveis significativas.

Da figura anterior é possível concluir que:

- a presença de juntas de esquadramento diminui a degradação;
- a diminuição da dimensão dos ladrilhos diminui a degradação;
- áreas significativas de revestimento em ladrilho cerâmico aumentam a degradação;
- os edifícios com estrutura em alvenaria diminuem a degradação;
- o aumento de exposição ao vento aumenta a degradação.

A forma como cada variável influencia a severidade da degradação, está representada individualmente para cada variável na Figura A.4.

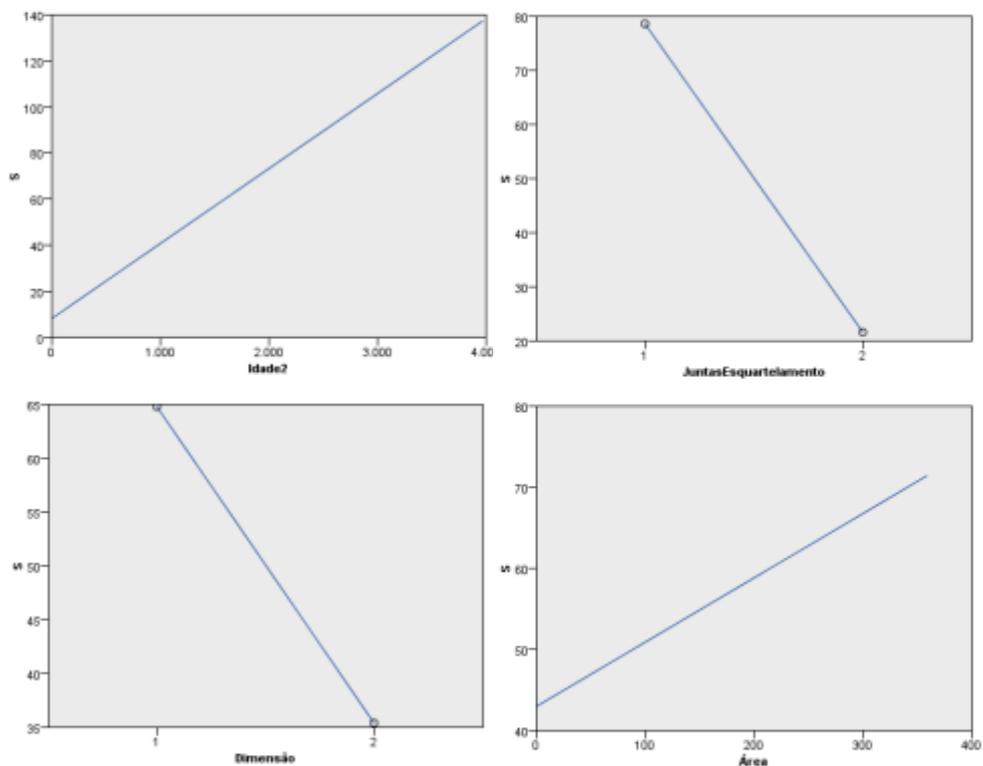


Figura A.4- Influência das variáveis significativas.

No decorrer do processo de avaliação das variáveis, procedeu-se à remoção de 7 outliers da amostra. Procedeu-se depois à determinação do modelo de regressão linear, incluindo apenas as

variáveis que tinham sido sinalizadas anteriormente como estatisticamente significativas. O modelo base desenvolvido é estatisticamente significativo e está apresentado no Quadro A.2. O coeficiente de determinação encontrado é de 0.824.

Quadro A.2- ANOVA modelo base.

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	289194,828	6	48199,138	70,104	,000
	Resíduo	61878,172	90	687,535		
	Total	351073,000	96			

Pela observação dos coeficientes de regressão das variáveis (Quadro A.3) no modelo base, pode-se verificar que o coeficiente que diz respeito à área não é estatisticamente significativo ( $p\text{-value} > 0.1$ ). Além disso, sinalizou-se ainda um outro caso discrepante, pelo valor do resíduo padronizado ser superior a 3.

Quadro A.3- Coeficientes de regressão do modelo base.

Modelo		Coef. não padronizados		Coef. padronizados	t	Sig.
		B	Erro Padrão	Beta		
1	Idade2	,027	,003	,767	8,972	,000
	Área	,016	,018	,056	,842	,402
	Juntas de Esquartelamento	-31,315	10,250	-,628	-3,055	,003
	Dimensão	-20,377	6,348	-,625	-3,210	,002
	Estrutura	38,060	5,686	,855	6,693	,000
	Vento	17,249	5,178	,498	3,332	,001

Excluindo todas as variáveis das formas descritas anteriormente, foi estabelecido um modelo otimizado, que passa a constar no Quadro A.4. O modelo resultante fez com que existisse um aumento do coeficiente de determinação para 0.848, mas mais relevante do que isso, fez com que o coeficiente de determinação ajustado aumentasse de 0.812 para 0.839.

Quadro A.4- ANOVA modelo otimizado

Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
1	Regressão	283731,949	5	56746,390	100,225	,000
	Resíduo	50957,051	90	566,189		
	Total	334689,000	95			

Quadro A.5- Coeficientes de regressão do modelo otimizado.

Modelo		Coef. não padronizados		Coef. padronizados	t	Sig.
		B	Erro Padrão	Beta		
1	Idade2	,026	,003	,750	10,012	,000
	Juntas de Esquartelamento	-27,031	8,162	-,553	-3,312	,001
	Dimensão	-25,648	5,574	-,800	-4,601	,000
	Estrutura	40,019	5,179	,918	7,727	,000
	Vento	19,929	4,670	,589	4,268	,000

Do Quadro A.5 conclui-se que os coeficientes de regressão são todos estatisticamente significativos, resultando no modelo correspondente à equação ( 1 ).

$$S = -27.031 \times JE - 25.648 \times D + 40.019 \times E + 19.929 \times V + 0.026 \times I^2 \quad ( 1 )$$

onde:

JE é o código das juntas de esquadramento;

D é o código da dimensão dos ladrilhos;

E é o código da estrutura do edifício;

V é o código da exposição ao vento;

I é a idade.

A equação ( 1 ) apresenta, contudo, a limitação de não convergir para 0 com a idade. Para solucionar essa limitação desenvolveu-se a equação ( 2 ), mas o coeficiente de determinação diminuiu para 0.710.

$$Sw = 1.252 \times I^{1.445} \times \left( \begin{array}{l} -0.541 \times JE^{0.179} + 5.111 \times D^{-0.050} - 0.712 \times E^{-0.207} \\ -3.521 \times V^{-0.004} \end{array} \right) \quad ( 2 )$$

No presente documento, optou-se por utilizar a equação ( 1 ) visto que apresenta uma vez que possui um coeficiente de determinação mais elevado do que a equação ( 2 ), assumindo-se assim que possui uma maior capacidade explicativa. Além disso, o objetivo da utilização da expressão é a quantificação da periodicidade com que a severidade da degradação justifica uma intervenção e, por essa razão, o facto de não convergir para 0 torna-se irrelevante.

O edifício em análise possui fachadas muito uniformes nas suas características. Desta forma, e dado que a expressão varia apenas de acordo com parâmetros constantes a todas as fachadas do edifício, considerou-se que a degradação das fachadas é semelhante. Na Figura A.5 consta uma fotografia de uma das fachadas.



Figura A.5- Fotografia de uma fachada do edifício em análise.

A reabilitação da fachada deve ser feita quando a mesma deixa de cumprir os requisitos de funcionalidade, segurança ou estéticos. Adotaram-se os patamares de degradação que se apresentam no Quadro A.6.

Quadro A.6- Patamares de degradação do modelo de Gaspar (2008) citado por Sousa (2008).

Patamares de degradação	S
Nível 0	$S \leq 1\%$
Nível 1	$1\% < S \leq 6\%$
Nível 2	$6\% < S \leq 20\%$
Nível 3	$20\% < S \leq 50\%$
Nível 4	$S > 50\%$

Cada nível corresponde a um estado geral do revestimento:

- nível 1, revestimento cerâmico em bom estado;
- nível 2, revestimento cerâmico com anomalias ligeiras ou pontuais
- nível 3, revestimento cerâmico com anomalias ligeiras generalizadas ou anomalias graves.
- nível 4, Revestimento cerâmico com anomalias graves generalizadas.

Tal como em Sousa (2008), considerou-se que para cada forma de degradação de nível inferior a 3, os revestimentos cerâmicos cumpriam as necessidades básicas de segurança, funcionalidade e estética.

Com base no referido, a periodicidade estimada para a reabilitação da fachada compreende-se entre os 6 e os 7, valores para os quais o indicador de severidade de degradação assume valores compreendidos entre os 34% e os 63%

O estado de conservação da fachada em análise está em consonância com o valor encontrado. A ultima intervenção levada a cabo data de 2007 (9 anos) e são já muito visíveis os sinais da degradação avançada do revestimento, como é possível observar na Figura A.6, na Figura A.7 e na Figura A.8.



Figura A.6- Perda de aderência e descolamento dos ladrilhos.



Figura A.7- Vestígios da queda de revestimentos.



Figura A.8- Empolamento do revestimento cerâmico da fachada.

Posto isto, foi utilizada a periodicidade de 7 anos para a reabilitação das fachadas, por forma a que estas não venham a atingir níveis de degradação acentuados.

**Anexo B- Planta do piso 0 do bloco de alojamentos (escala reduzida)**



