

Análise de custos do ciclo de vida de pontes ferroviárias

**Contributo para a melhoria do plano de gestão de ativos da
REFER**

João Diogo Rosa Rocha

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientadores:

Prof. Doutor Nuno Gonçalo Cordeiro Marques de Almeida

Engenheiro Hugo de Vasconcelos Corrêa Patrício

Júri

Presidente: Prof. Doutor João Pedro Râmoa Ribeiro Correia

Orientadores: Prof. Doutor Nuno Gonçalo Cordeiro Marques de Almeida

Vogal: Engenheira Manuela Mesquita Trindade

Outubro de 2015

Resumo

A utilização do custo de ciclo de vida (CCV), como ferramenta de gestão de ativos tem vindo a ganhar relevo não só no contexto empresarial, mas também no sector público. A presente dissertação visa promover a aplicação desta ferramenta no sector ferroviário. A dissertação foi desenvolvida em contexto empresarial.

A dissertação inclui uma pesquisa bibliográfica alargada, tendo como assunto base o conceito de CCV, abrangendo o sector ferroviário e outros sectores envolvendo infraestruturas de engenharia.

O documento apresenta também um modelo proposto para a captação de dados de infraestruturas ferroviárias, com vista a recolher os custos envolvidos na gestão de pontes ferroviárias da REFER.

Com base no modelo desenvolvido, realizou-se um conjunto de análises de ciclo de vida de pontes ferroviárias da REFER, com vista a estabelecer comparações de custos com o Plano de Gestão de Ativos (PGA) adotado na REFER. As análises realizadas incidem sobre os diferentes tipos de material de pontes ao cargo da REFER e a idade das pontes.

Os resultados obtidos demonstram a grande relevância da fase de utilização no CV de ativos físicos ligados ao sector ferroviário. Permitem igualmente concluir que as pontes de estrutura metálica e betão armado apresentam um papel mais relevante no CCV das pontes ferroviárias da REFER do que as pontes de alvenaria de pedra.

Acerca do contributo para a melhoria do plano de gestão de ativos da REFER, propõe-se a inclusão de categorias de custo relevantes no CCV e que não são, atualmente, contabilizadas na PGA da REFER.

Palavras-chave: gestão de ativos, custo de ciclo de vida, análise de custo de ciclo de vida, pontes ferroviárias.

Abstract

ABSTRACT: The utilization of Life Cycle Cost (LCC), as an asset management tool has gained importance, not only in a business context but also in the public sector. These dissertation is intended to promote the application of this tool in the railway infrastructure management, either in business or public context. The dissertation development is made in partnership with REFER, which is the Portuguese public company in charge of Portuguese railway infrastructure management.

The dissertation includes a broad bibliographic focused on the LCC concept and its application in railway sector and other related infrastructure engineering fields.

The document presents a model for the capture and acquisition of railway infrastructure related cost, created with the purpose of gathering costs associated with REFER's railway bridge management.

By applying the developed model to REFER's railway bridges, a set of life cycle analysis were performed, in order to compare the results achieved with the predictions made in REFER's Plan of Asset Management.

The results achieved are coherent with the information gathered during the research, namely about the major importance of Life Cycle's utilization phase of an asset related to the railway sector. Moreover, the obtained results evidence that steel and reinforced concrete bridges are the ones that play the most relevant part in REFER's railway bridges LCC.

The most relevant contribution of this study to REFER's asset management is related to the study of the impact of some major cost categories that aren't currently taken into account in the preparation of REFER's Asset Management Plan (AMP).

Keywords: asset management, life cycle cost, life cycle cost analysis, railway bridges

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Professor Nuno Almeida e ao Engenheiro Hugo Patrício, por todo o apoio que prestaram na elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos, pelos conselhos e apoio na elaboração deste trabalho.

À minha família e à Lara, pela paciência, tolerância e compreensão ao longo de todo este trabalho.

Ao meu Pai, ao Avô Benedito e ao Afonso, por me inspirarem e desafiarem a ser todos os dias um homem melhor.

Índice Geral

Resumo	i
Abstract	ii
Agradecimentos.....	iii
Índice Geral	iv
Índice de Figuras	vii
Índice de tabelas	viii
Simbologia.....	x
1. Introdução	1
1.1 Âmbito e justificação de tema	1
1.2 Objetivo	2
1.3 Metodologia e Organização	3
2 Revisão de Conhecimentos	4
2.1 Metodologia de Pesquisa	4
2.2 Gestão de Ativos Físicos.....	6
2.3 Custo de ciclo de vida de ativos físicos construídos.....	7
2.3.1 Conceito e aplicação	7
2.3.2 Fases do Ciclo de Vida e Custos associados	7
2.3.3 Categorias de Custos	10
2.4 Análise do Custo de Ciclo de Vida (ACCV)	12
2.4.1 Conceito e aplicação	12
2.4.2 Processos e parâmetros da ACCV	13
2.4.3 Análise Financeira e de Sensibilidade	16
2.4.4 Reporte, revisão e melhoria	16
3 Gestão do ciclo de vida de pontes ferroviárias.....	19
3.1 Gestão de ativos físicos no sector ferroviário	19
3.2 Custo de Ciclo de Vida no sector ferroviário.....	19
3.3 ACCV de Pontes Ferroviárias	21
3.3.1 Ferramentas de Custo do Ciclo de Vida	21
3.3.2 Parâmetros fundamentais na ACCV	23

3.3.3	Vida útil e período de análise	23
3.3.5	Análise Financeira e de sensibilidade	26
3.3.6	Reporte, revisão e melhoria	28
4	Proposta de metodologia de ACCV para pontes ferroviárias da REFER.....	29
4.1	Considerações gerais sobre a metodologia	29
4.2	Passo 1- Propósito da ACCV	29
4.3	Passo 2 – Identificar o âmbito da análise	32
4.4	Passo 3 – Relação entre o CCV e a análise de sustentabilidade.....	33
4.5	Passo 4 - Identificar o período de análise e as técnicas de avaliação financeira.....	34
4.6	Passo 5 - Necessidade de análise de risco e sensibilidade	35
4.7	Passo 6 – Identificar os requisitos do projeto e parâmetros chave do ativo.....	36
4.8	Passo 7 – Identificar as opções a incluir na ACCV.....	37
4.9	Passo 8 – Compilar custos relevantes para a ACCV e períodos de ocorrência dos mesmos	38
4.10	Passo 9 – Verificação de parâmetros financeiros e período de análise	43
4.11	Passo 10 – Realizar a análise económica	44
4.12	Passo 11 – Realização da análise de sensibilidade	44
4.13	Passo 12 – Interpretar e apresentar resultados no formato acordado	44
4.14	Passo 13 – Apresentação de resultados finais em formato adequado.....	45
5	Aplicação da metodologia a caso de estudo	47
5.1	Caracterização do caso de estudo.....	47
5.2	Passo 1 – Propósito da ACCV	47
5.3	Passo 2 – Identificar o âmbito da ACCV	47
5.4	Passo 3 – Relação entre o CCV e a análise de sustentabilidade.....	48
5.5	Passo 4 – Definição do período de análise.....	49
5.6	Passo 5 – Necessidade de análise de risco e sensibilidade	49
5.8	Passo 7 – Identificar as opções a incluir na ACCV.....	50
5.9	Passo 8 – Compilar custos relevantes para a ACCV.....	50
5.10	Passo 9 – Verificação de parâmetros financeiros e período de análise	54
5.11	Passo 10 – Realizar a análise económica	54
5.12	Passo 11 – Realização de análise de sensibilidade	54
5.13	Passo 12 – Interpretar e apresentar resultados em formato adequado	54

5.14	Passo 13 - Apresentação de resultados finais em formato adequado	77
6	Conclusões e perspectivas de desenvolvimentos futuros	78
6.1	Conclusões	78
7	Referências bibliográficas	82

Índice de Figuras

Figura 1 - - Enquadramento do CCV no CTCV (adaptado da norma ISO 15686-5).	7
Figura 2 - Influência das diferentes fases do ciclo de vida de um ativo/sistema no custo de ciclo de vida do mesmo (adaptado de Innotrack (2006)).	10
Figura 3 - Conceito de custo de cada elemento do CCV (adaptado de IEC 60300-3-3).....	11
Figura 4 - Níveis de detalhe da ACCV (adaptado de ISO 15686-5; Rodrigues, 2014).	15
Figura 5 - CCV como mecanismo de capacitação de decisões de gestão de ativos.	19
Figura 6 - Distribuição temporal dos custos do CV de pontes ferroviárias (adaptado de Bonstedt , 2009).	24
Figura 7- Taxa de atualização recomenda no projeto Innotrack em função do período de análise (adaptado de Almeida (2013)).....	27
Figura 8 - Ciclo de gestão do risco (adaptado de ISO 31000).....	36
Figura 9 - Divisão em fases preconizada na prEN 16627 (adaptado de prEn 16627, Rodrigues (2015)).	38

Índice de tabelas

Tabela 1 - Conteúdos da norma ISO 55002 acerca do CCV.....	6
Tabela 2 - Categorias de custo do ciclo de vida (adaptado de ISO 15686-5).....	8
Tabela 3 - Recomendações da Diretiva 2014/25/UE de 26 de Fevereiro de 2014 acerca dos custos a incluir nas diferentes fases do ciclo de vida.	9
Tabela 4 - Correspondência de fases de ciclo de vida entre Davis Langdon, as normas ISO 15686-5, IEC 60300-3-3, prEN 16627, Diretiva 2014/25/EU e a terminologia adoptada.	11
Tabela 5 - Processos da ACCV.	14
Tabela 6 - Suporte de informação na apresentação de resultado da análise de custo de ciclo de vida.	17
Tabela 7- Comparação de valências entre as ferramentas BridgeLCC e D-LCC.	23
Tabela 8 - Vida útil de elementos constituintes de pontes, (adaptada de Almeida, (2013)).	25
Tabela 9 - Imposições de fatores invariáveis na comparação entre hipóteses em estudo	27
Tabela 10 - Metodologia de ACCV.	30
Tabela 11 - Objetivos dos passos da ACCV.	32
Tabela 12 – Proposta de modelo de captação de custos.....	41
Tabela 13 - Organização e conteúdos de relatório final (adaptado de ISO 15686-5).	46
Tabela 14 - Inventário de pontes em exploração da REFER (Patrício, 2009).....	47
Tabela 15 - Parâmetros chave de pontes ferroviárias.	50
Tabela 16 - Categorias de custo consideradas no modelo de captação de custos, extensão da sua aplicação e representação das mesas no PGA.	51
Tabela 17 - Custos da fase de construção	51
Tabela 18 - Remuneração dos membros das BMP.	52
Tabela 19 - Custo das operações de MPLP por metro linear de extensão.	53
Tabela 20 - Remuneração dos membros das BIP.	53
Tabela 21 - Peso das diferentes fases do CV e categorias de custo em pontes de betão armado.	57
Tabela 22 - Comparação entre os resultados da ACCV e o PGA, em pontes de betão armado.	58
Tabela 23 - Peso das diferentes fases do CV e categorias de custo em pontes de estrutura metálica.	62
Tabela 24 - Comparação entre os resultados da ACCV e o PGA, em ponte em estrutura metálica.	64
Tabela 25 - Peso das diferentes fases do CV e categorias de custo em pontes de alvenaria de pedra.	68
Tabela 26 - Comparação entre os resultados da ACCV e o PGA, em pontes de alvenaria de pedra.	69
Tabela 27 - Representatividade de cada fase e categoria da ACCV no CCV, em valores totais e por material de ponte.	74

Tabela 28 - Comparação entre os resultados da ACCV e os encargos previstos no PGA, em u.m..	76
Tabela 29 - Principais resultados da pesquisa bibliográfica de artigos científicos.	7-A
Tabela 30 - Principais resultados da pesquisa bibliográfica de Teses de Doutorado e Mestrado.....	7-A
Tabela 31 - Principais resultados da pesquisa bibliográfica de relatórios de projetos de investigação.....	7-A
Tabela 32 - Principais resultados da pesquisa bibliográfica de normas e guias técnicos.	7-B

Simbologia

AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ACV	Apreciação de Ciclo de Vida
ACCV	Análise do custo do ciclo de vida
BIP	Brigada de Inspeção de Pontes
BMP	Brigada de Manutenção de Pontes
CAL	Custo Actual Líquido
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CCP	Código dos contractos públicos
CCV	Custo do ciclo de vida
CV	Ciclo de Vida
EHC	Estrutura Hierarquica de Custos
FHWA	<i>Federal Highway Administration</i>
IAM	<i>Institute of Asset Management</i>
IEC	<i>International Electric Commission</i>
IP	Inspeção principal
IR	Inspeção de rotina
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MPS	Manutenção preventiva sistemática
MPLP	Manutenção preventiva de longa periodicidade
NHCRP	<i>National Cooperative Highway Research Program</i>
OP	Operação
OPEX	<i>Operational Expenditure</i>
PGA	Plano de gestão de ativos
SB	Substituição
U.M.	Unidades Monetárias
UIC	<i>International Union of Railways</i>
UNIFE	<i>Association of the European Rail Industry</i>

Introdução

1.1 Âmbito e justificação do tema

Verifica-se cada vez mais a aplicação do Custo do Ciclo de Vida (CCV) como ferramenta de gestão de ativos. Tal afirmação é suportada pela diversidade de instituições de referência como a ISO (*International Organization for Standardization*), o IAM (*Institute of Asset Management*), ou o IEC (*International Electric Comitee*), que apresentam guias genéricos ligados ao tema (IAM, 2011; IEC, 2010; ISO, 2008; ISO, 2012; ISO, 2012-a). A importância do CCV nas práticas de gestão de ativos, ganha relevo quando olhamos para os trabalhos de institutos ligados à prática da conservação de infraestruturas de transportes, designadamente o NYSDOT (*New York State Department of Transportation*) e o NHCRP (*National Highway Cooperative Research Program*) que apresentam o CCV como um importante elemento para avaliação de estratégias de manutenção a aplicar em infraestruturas

A aplicação do CCV ao sector ferroviário e na gestão de pontes é uma prática com importância nos dias que correm, sobretudo na Europa e Estados Unidos da América, sendo exemplo desse facto a constante realização de projetos direcionados para esta prática, como os projetos *Innotrack* (Innotrack,2006;2007;2008) e *Mainline* (Mainline,2013a;2013b;2014). Projetos como os referidos são propostos por instituições públicas Europeias e desenvolvidos com participação de um vasto conjunto de empresas do sector ferroviário (privadas e públicas), o que atesta o largo espectro de aplicação do CCV, não só no sector privado (por via de controlo da saúde financeira das empresas) como ao sector público (para garantir a sustentabilidade do mesmo).

O reconhecimento do vital papel do CCV na escolha das mais eficientes práticas de gestão de ativos ferroviários apresenta como consequência a presença de referência ao mesmo em guias de gestão de ativos de empresas ferroviárias de grande dimensão, como é o caso da *Network Rail* (Reino Unido) ou *Prorail* (Holanda), ou como parte das recomendações de associações do sector, como é caso do destaque dado a esta temática dado nos guias de gestão de ativos da IUC (*International Union of Railways*) (IUC, 2010a; 2010b).

Para além do apoio prestado aos projetos desenvolvidos na área, existe uma clara posição das instituições Europeias na promoção da aplicação do CCV. Esta posição apresenta uma evidência tal que a Comissão Europeia patrocinou a criação de uma metodologia a-sectorial, desenvolvida pela *Davis Langdon Consulting*, com vista a promover um guia para a aplicação do CCV como ferramenta de avaliação de custos, nomeadamente através da aplicação da Análise de Custo de Ciclo de Vida (ACCV) como metodologia de avaliação financeira entre diferentes projetos e/ou opções de investimento a adotar (Langdon, 2007a, 2007b). Na mesma linha de pensamento surgiu a Diretiva 2014/25/UE de 26 de Fevereiro de 2014, que apresenta a recomendação de que em investimentos públicos ligados aos sectores dos transportes, água, energia, serviços postais, e nas parcerias público-privadas em geral, seja avaliado o CCV dos projetos em causa.

A já explicitada tendência de aplicação da gestão de ativos e das suas valências à gestão empresarial apresenta-se em Portugal, nomeadamente na REFER. Devido ao parque de obras de arte da empresa em causa, o conhecimento do custo associado às mesmas, e da sua distribuição ao longo do tempo é

de extrema relevância, dadas as implicações ao nível do planeamento e financiamento que acarreta. A presente dissertação procura atender às melhores práticas internacionais de Gestão de Ativos Físicos, e contribuir para a sua aplicação em termos da modelação e análise de CCV em pontes ferroviárias da REFER.

Os limites estabelecidos à partida acerca do âmbito da dissertação prendem-se com a não inclusão de receitas, custos ambientais e custos sociais. Tal será proposto como desenvolvimento futuro da presente dissertação. Exclui-se igualmente a realização de análises de risco com base em simulações probabilísticas na realização de análise de custo de ciclo de vida com aplicação do modelo desenvolvido, uma vez que o desenvolvimento do mesmo é o tema central da dissertação.

1.2 Objetivo

O objetivo da dissertação consiste na modelação e análise do custo do ciclo de vida de pontes ferroviárias. A concretização deste objetivo, passa por modelar o CCV das pontes geridas pela empresa através da combinação das melhores práticas internacionais em termos de gestão de ativos e na aplicação do conceito do custo do ciclo de vida.

Do ponto de vista do contributo para a disciplina de gestão de ativos físicos a presente dissertação pretende contribuir como uma melhoria ao nível dos mecanismos de capacitação que suportam a gestão de ativos físicos, nomeadamente na materialização do CCV como mecanismo deste tipo.

A modelação do CCV de pontes permite o conhecimento em detalhe dos custos associados às diferentes fases do ciclo de vida (CV) das mesmas, a compreensão da distribuição dos custos ao longo do tempo, e quais os custos que se apresentam como condicionantes e que devem ser alvo de maior tentativa de otimização.

Pretende-se ainda testar a adequação do modelo desenvolvido, efetuando um conjunto de ACCV a diferentes tipos de pontes ferroviárias. Uma das vertentes da análise consiste em compreender a diferença em termos de impacto económico entre os custos previstos pela REFER e os custos recolhidos pelo modelo. A outra vertente preconizada prende-se com a perceção da influência de diferentes ambientes em que as pontes se inserem, na periodicidade das ações de manutenção principal realizada. Pretende-se traduzir a variação dessas periodicidades em termos dos custos anuais previstos pela empresa atualmente, e aqueles que decorrem da aplicação dessas periodicidades.

1.3 Metodologia e Organização

A metodologia e organização seguidas visam a apresentação estruturada da gestão de ativos em geral, e em particular a construção de modelos de CCV e aplicação dos mesmos à realização de ACCV.

Apresenta-se no capítulo 2 a pesquisa bibliográfica realizada sobre a gestão de ativos, CCV e ACCV. O capítulo 3 foca os mesmos temas, mas no contexto da sua aplicação a pontes ferroviárias.

O capítulo 4 consiste na apresentação de uma proposta de metodologia para a realização de ACCV em pontes ferroviárias.

O capítulo 5 demonstra a aplicação da metodologia de ACCV desenvolvida a um caso de estudo, baseada em propostas existentes mas com especificidades e opções adaptadas ao caso de estudo.

No capítulo 6 são retiradas conclusões acerca da modelação realizada, da aplicação da mesma e apresentadas perspectivas para possíveis trabalhos futuros complementares da presente dissertação.

2 Revisão de Conhecimentos

O presente capítulo tem como finalidade a apresentação do conceito do CCV, e o enquadramento do mesmo na área da gestão de ativos.

Para atingir esse propósito é explicado no ponto 2.1 a forma como foi realizada a pesquisa, bem como a apresentação das diferentes fontes consultadas. No ponto 2.2 é realizado o enquadramento do CCV como ferramenta de gestão de ativos. Seguidamente é apresentada a descrição detalhada de como é aplicado e construído um modelo do CCV no ponto 2.3. No ponto 2.4 é descrito o processo de realização da ACCV, e de todos os fatores a ter em conta na realização da mesma.

2.1 Metodologia de Pesquisa

A pesquisa bibliográfica realizada incidu em artigos científicos, teses de doutoramento e mestrado, e guias técnicos.

A pesquisa científica foi conduzida a partir das bibliotecas científicas *B-on*, *Science Direct*, *Google Scholar*. Para abranger o maior número de resultados possível, a pesquisa foi conduzida em Inglês e Português. Os resultados da pesquisa encontram-se na Tabela 29, do Anexo I. No decorrer da pesquisa científica obteve-se acesso a teses de mestrado e doutoramento. Os resultados desta pesquisa encontram-se na Tabela 30 do Anexo I.

A pesquisa técnica é constituída por guias técnicos, normas e relatórios de projetos associados à indústria ferroviária, provenientes de várias instituições. Os resultados da pesquisa relativos a guias técnicos e normas são apresentados na Tabela 32 do Anexo I. Apresenta-se abaixo uma breve descrição das entidades responsáveis pelas publicações em causa.

A ISO, *International Organization for Standardization*, é a organização internacional independente que mais normas internacionais desenvolveu até ao dia de hoje. As suas normas são aplicadas em cerca de 163 países, sendo no total mais de 19500, desde áreas como a tecnologia até a agricultura, garantindo qualidade, segurança e eficiência nos temas que abordam.

O IAM, *Institute of Asset Management*, é uma organização independente, com vista á compilação e investigação das melhores práticas de gestão de ativos, e acompanhamento da implementação destas em organizações. Apresentam como política de divulgação da sua missão a organização de conferências por todo o mundo. Apresenta parcerias com várias organizações ligadas à gestão de ativos.

A IEC, *International Electric Commission*, é a organização líder na produção de normas associadas à electrotecnologia. Formada em 1906, a IEC apresenta-se como uma plataforma de discussão entre empresas, industrias e governos de todo o mundo no desenvolvimento de normas, independentemente da dimensão dos mesmos.

A UIC, *International Union of Railways*, é uma organização independente criada em 1921, com objetivo de harmonizar e melhorar as condições de construção e operação ferroviárias. Apresenta mais de 200 membros espalhados pelos 5 continentes, parceiras com a IEC, ISO, UNIFE, entre outros. Desenvolve

a sua atividade através de conferências, seminários e projetos de investigação associados à indústria ferroviária.

A UNIFE, *Association of the European Rail Industry*, decorre da junção de três associações ligadas à indústria ferroviária, existindo desde 1991. A missão desta associação consiste em representar os seus associados junto do Parlamento Europeu, na definição de políticas favoráveis à indústria, bem como desenvolvimento de um sistema ferroviária Europeu eficiente. Para conseguir este objetivo, dedica-se a dotar os seus membros de valências que lhes permitam liderar o mercado ferroviário Europeu, através da investigação, inovação, e aposta na qualidade das práticas que preconiza.

A *NetworkRail*, é a empresa gestora e proprietária de todas as infraestruturas ferroviárias do Reino Unido. Apresenta como objetivos proporcionar um serviço de mercadorias e passageiros ferroviários seguro e de confiança. A empresa é membro da UIC e desenvolve práticas de gestão de ativos segundo as normas internacionais.

O NHCRP, *National Cooperative Highway Research Program*, é um programa tutelado pelo TPB, *Transportation Research Board*, sendo o mesmo constituído pelos vários departamentos de transportes dos vários estados dos Estados Unidos da América, a FHWA, *Federal Highway Administration* e a AASHTO, *American Association of State Highway and Transportation Officials*. Apresenta-se como fonte de soluções práticas e de fácil implementação na resolução dos problemas do sector ferroviário do dia, desenvolvendo os seus estudos através da colaboração com empreiteiros e peritos das diversas áreas em que investiga.

A pesquisa associada a relatórios de projetos de investigação está patente na Tabela 31 do 0. Apresentam-se abaixo os projetos que originaram os mesmos.

O UNILIFE/UNIDATA, concluído em 1997, da UNIFE consistiu no desenvolvimento do primeiro software *user friendly* e com flexibilidade suficiente para poder ser utilizado ao mesmo tempo pelos fornecedores e gestores de infraestruturas ligados à indústria ferroviária. Este projeto foi cofinanciado pela Comissão Europeia.

O *Innotrack*, concluído em 2010, apresenta como objetivo de melhorar indicadores de desempenho operacional e reduzir os custos de manutenção dos seus associados, através de várias medidas, sendo uma delas a utilização da ACCV como instrumento de decisão. Este projeto foi desenvolvido pela UIC e cofinanciado pela Comissão Europeia.

O *Mainline*, com conclusão prevista em 2014, apresenta como objetivo a criação de uma ferramenta de ACCV. Este projeto apresenta entre os seus participantes a UIC, NR e a Universidade do Minho e apresenta cofinanciamento por parte da Comissão Europeia.

2.2 Gestão de Ativos Físicos

A norma ISO 55000 define um ativo físico como um determinado bem pelo qual uma organização é responsável e com potencial de incremento de valor à organização e um sistema de ativos como um conjunto de ativos que interagem entre si com vista a cumprir os requisitos de funcionamento definidos pela organização. A norma explica também que a gestão de ativos passa por implementar um conjunto de processos que visam responder a determinados requisitos, e que possibilitam a gestão dos vários ativos pelos quais a organização é responsável, com vista a responder aos requisitos de funcionamento que definiu. A norma refere que o objetivo consiste em obter o incremento de valor potencial máximo para cada ativo, e apresenta como meio de realização, a definição de uma política de gestão de ativos pela gestão de topo da organização.

A norma ISO 55001, define, nos seus pontos 4 a 10, os requisitos a cumprir pelo sistema de gestão de ativos, sendo os mesmos enumerados seguidamente: liderança, planeamento, suporte de aplicação, operação, avaliação de desempenho, melhoria contínua.

De acordo com a norma ISO 55002, a política de gestão de ativos físicos traduz-se em planos estratégicos de gestão de ativos, constituídos por ferramentas e sistemas de informação que devem ser adaptados às particularidades de cada sistema de ativos e requisitos técnicos dos mesmos.

A Tabela 1 apresenta uma referência direta ao CCV como ferramenta de apoio à gestão de ativos físicos presente na norma ISO 55002.

Tabela 1 - Conteúdos da norma ISO 55002 acerca do CCV.

Requisito	Ponto	Descrição
6	6.2.1.3	Utilização do custo de ciclo de vida como ferramenta de planeamento para atingir os objetivos de gestão de ativos.
7	7.5.2	A norma define o custo de ciclo de vida como requisito de informação acerca dos ativos que fazem parte do sistema de gestão de ativos.
9	9.1.1	O custo de ciclo de vida utilizado como comparação com resultados de desempenho operacional dos ativos com vista a capacitar decisões.

Outros guias genéricos de gestão de ativos (IAM, 2011), definem uma moldura de processos para efetuar o desenvolvimento e aplicação de políticas de gestão de ativos, baseados em três elementos principais de gestão de ativos:

- Decisões primárias – decisões tomadas ao mais alto nível com a finalidade de obter repercussões em toda a hierarquia e atividade da empresa;
- Mecanismos de capacitação – instrumentos de análise e produção de documentos que servem de suporte à tomada de decisões primárias;
- Mecanismos de revisão – permitem que exista um *feedback* da implementação das diferentes decisões primárias, e num nível mais geral, da política de gestão de ativos da organização.

Os guias do sector ferroviário (UIC, 2010; NetworkRail, 2011) enquadram o CCV na categoria de mecanismo de capacitação das decisões primárias, definindo-o como processo-chave na definição de políticas de gestão de ativos físicos

2.3 Custo de ciclo de vida de ativos físicos construídos

2.3.1 Conceito e aplicação

De acordo com H.K. Jun (2007) o conceito do custo de ciclo de vida é utilizado como apoio à elaboração de contratos de manutenção na Europa desde 1986. A utilização do CCV passou a ser tida em conta por imposição legal em 1991, nos Estados Unidos da América (Ribeiro, 2007). A nível Europeu, a Diretiva 2014/25/UE de 26 de Fevereiro de 2014 recomenda a utilização do CCV como ferramenta de análise de propostas em concursos públicos, mas não constitui imposição legal à sua utilização.

A norma ISO 15686-5 define CCV como o *custo de um determinado ativo ou das suas partes durante todo o seu ciclo de vida, enquanto cumprir os requisitos de desempenho para os quais foi projetado*, o qual é uma das partes que constituem o *Custo Total do Ciclo de Vida (CTCV)*, como ilustrado na Figura 1. A definição de CTCV nesta norma acrescenta à definição de CCV as receitas e os custos/receitas sociais e ambientais que o ativo gera ao longo da sua vida. O conceito de CTCV é igualmente referido em UIC (2010a) e NetworkRail (2010).

2.3.2 Fases do Ciclo de Vida e Custos associados

Na bibliografia analisada, a divisão do Ciclo de Vida (CV) em fases é feita de diferentes formas e utilizando diferente terminologia.

A divisão concretizada na norma ISO 15686-5, acerca do CCV de edifícios e ativos construídos, consiste em construção, operação, manutenção e fim de vida. A norma apresenta exemplos de custos associados às diferentes fases. Os custos associados às diferentes fases apresentam-se na Tabela 2

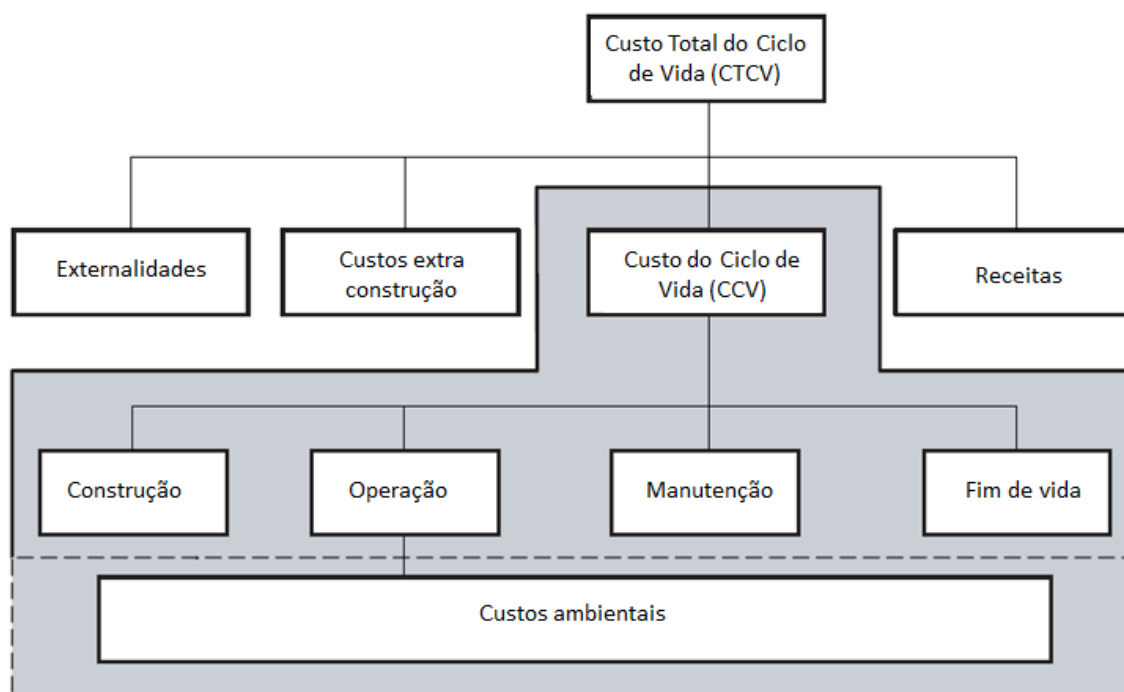


Figura 1 - - Enquadramento do CCV no CTCV (adaptado da norma ISO 15686-5).

Acerca da fase de construção deverão ser incluídos todos os custos desde o projeto até à entrega do ativo ao cliente para o início da sua exploração, custos que se encontram ilustrados na Tabela 2

Do ponto de vista da fase de manutenção a norma ISO 15686-5 preconiza, que, numa definição primária dos custos a ter em conta no funcionamento de determinado ativo a que se aplique, devem ser abordados dois pontos-chave:

- Plano estratégias de manutenção rotineira, cuja execução deve ser monitorizada durante a sua execução, e atualizado sempre que necessário;

- Plano de grandes reparações, substituições e requalificações, que pode ser alterado durante a execução do mesmo, mas que deve constar do plano do custo de ciclo de vida.

Em termos da fase de fim de vida dos ativos, a norma ISO 15686-5 recomenda a definição explícita de quais os custos que a análise contempla (nomeadamente se a construção será vendida enquanto edificado, se é necessária a demolição da mesma, ou se será descartada no local). Os custos exemplificados na norma são os que constam na Tabela 2.

Na norma IEC 60300-3-3, as diferentes fases consideradas são estudo de conceito e definição, projeto e desenvolvimento, fabrico, instalação, operação e manutenção, fim de vida.

No guia Langdon (2007a), as fases consideradas são planeamento de investimento e pré construção, projeto e construção, operação e manutenção, fim de vida/alienação.

A Diretiva 2014/25/UE de 26 de Fevereiro de 2014 apresenta recomendações sobre os custos a incluir em cada fase, informação que se encontra resumida na Tabela 3, de acordo com as fases consideradas na diretiva.

Tabela 2 - Categorias de custo do ciclo de vida (adaptado de ISO 15686-5).

Fase de Construção	
Categoria de Custo	Descrição
Honorários Profissionais	Projeto do ativo, licenças para a fase de construção;
Trabalhos Temporários	Remoção de detritos no terreno que impeçam a construção; Remoção de vegetação;
Construção do Ativo	Todas as operações ligadas à execução do projeto do ativo até este estar totalmente edificado e pronto a entrar em funcionamento;
Aquisição do Ativo	Aquisição de um ativo já construído;
Adaptação ou Remodelação do Ativo	Operações de remodelação em ativos já construídos;
Impostos	Impostos sobre todos os bens necessários à construção do ativo;
Outros	Eventuais despesas não orçamentadas e que se venham a realizar no decorrer da construção do ativo;
Fase de Operação	
Aluguer do Ativo	Caso em que a operação se dá num ativo alugado;
Seguros	Seguros sobre o ativo, seguros de responsabilidade civil, seguros de acidentes em trabalho, entre outros;
Consumíveis	Combustíveis, óleos, eletricidade, entre outros;
Impostos	Impostos sobre todos os bens necessários à operação do ativo;
Outros	Eventuais despesas de implementação de alterações para obter conformidade com alterações legais;

Fase de Manutenção	
Gestão da Manutenção	Gestão do ativo, planeamento, e execução de inspeções;
Adaptação e/ou Remodelação do ativo	Custos ligados a eventuais ampliações, reformulações de uso, reforços estruturais;
Pequenas Reparações	Reparações de pequena dimensão e encargos, substituição de pequenos componentes;
Grandes Reparações	Planos de grandes reparações, substituição e requalificações, de bem periodicidade definida e custo elevado;
Limpeza	Custos associados à limpeza do ativo;
Manutenção de terrenos adjacentes	Atividades ligadas à manutenção dos espaços exteriores adjacente aos ativos;
Redecoração	Redecoração do ativo;
Impostos	Tributação aplicada a todas as atividades executadas no âmbito da fase de manutenção do ciclo de vida do ativo;
Outros	Eventuais despesas não orçamentadas e que se venham a realizar no decorrer da manutenção do ativo;
Fase de fim de vida	
Inspeções de Alienação	Inspeções de verificação das condições do ativo;
Alienação e Demolição	Custos ligados a desativação, demolição, deposição e transporte de materiais, limpeza do local onde se encontrava o ativo;
Estabelecimento de condições contratuais	Restabelecimento das condições iniciais, estabelecimento de condições acordadas contratualmente;
Impostos	Tributação aplicada a todas as atividades executadas no âmbito da fase de fim de vida útil do ciclo de vida do ativo;
Outros	Eventuais despesas não orçamentadas e que se venham a realizar no decorrer das operações de desativação e fim de vida útil do ativo;

Tabela 3 - Recomendações da Diretiva 2014/25/UE de 26 de Fevereiro de 2014 acerca dos custos a incluir nas diferentes fases do ciclo de vida.

Fase	Recomendações
Aquisição	A diretiva descreve que esta fase deve conter todos os custos relacionados com a aquisição do ativo (a utilização desta terminologia está ligada à natureza da diretiva, ou seja, estar formulada sob a óptica de se referir a contratos públicos dos quais podem constar prestação de serviços e não obrigatoriamente a construção de ativos físicos)
Operação	Recomendação da inclusão de custos ligados a consumo energético e outros consumíveis
Manutenção	Sobre este ponto a diretiva limita-se a enunciar <i>custos de manutenção</i> .
Fim de vida útil	Custos de recolha e reciclagem do ativo (especificamente das suas diferentes partes constituintes), referindo-se genericamente aos custos a incorporar como <i>custos de fim de vida útil</i> .

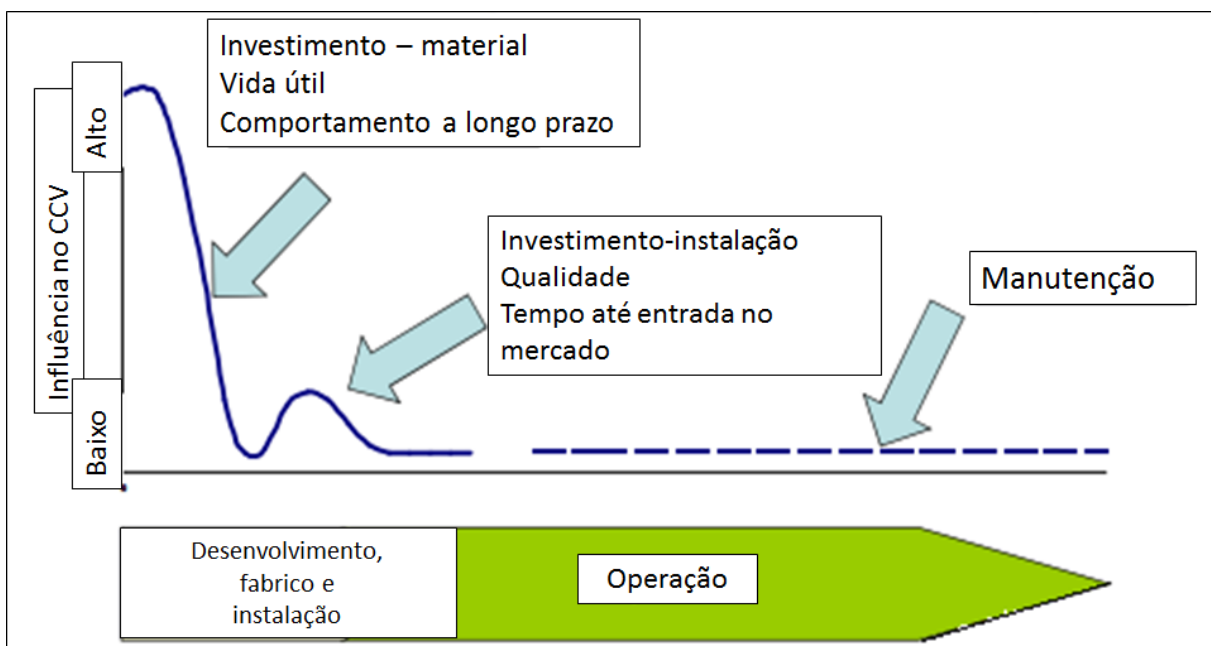
Os investimentos a realizar por uma determinada organização devem ter em conta a estratégia de manutenção e operação pretendida para os sistemas que serão alvo desses investimentos, uma vez que é necessária a interação entre estes dois polos para garantir que todas as vertentes em que é possível reduzir o custo das atividades de manutenção com base em decisões tomadas em fase de projeto são conseguidas (IAM,2011). De acordo com Utne (2008), apesar de a maioria dos custos

surgirem na fase de operação e manutenção (cerca de 30% a 60 % dos custos), o seu valor é condicionado pelas decisões tomadas na fase de projeto.

A bibliografia consultada refere que a fase de desativação é aquela que apresenta um menor peso no custo de ciclo de vida, surgindo em UIC (2010) a indicação de que esta fase corresponde a cerca de 15% dos custos, ao passo que H. K. Jun (2007) apresenta a visão de que na modelação de custo de ciclo de vida o valor associado à fase de desativação não é contabilizado. Independentemente da sua consideração ou não, os custos desta fase de ciclo de vida são igualmente influenciados pelas decisões tomadas na fase de planeamento/projeto, de acordo com Utne (2008) e UIC (2010a).

A norma ISO 15686-5 recomenda a análise de todos os custos associados às diferentes fases de ciclo de vida, realçando também a importância que as decisões tomadas na fase planeamento/ construção apresentam nas várias fases do ciclo de vida. É importante realçar que norma ISO 15686-5 é sobretudo direcionada para a modelação do custo de ciclo de vida de edifícios, e que apresentam custo de manutenção distintos daqueles a considerar numa infraestrutura ferroviária, explicitando no entanto que é aplicável a qualquer ativo físico construído.

A influência das decisões da fase de projeto/planeamento também é descrita em Innotrack (2006), conforme ilustra a Figura 2.



2.3.3 Categorias de Custos

Figura 2 - Influência das diferentes fases do ciclo de vida de um ativo/sistema no custo de ciclo de vida do mesmo (adaptado de Innotrack (2006)).

As normas IEC 60300-3-3, ISO 15686-5 e prEN 16627 apresentam como primeira categorização de custos as diferentes fases que consideram para o CV. As normas apresentam diferenças na designação das fases. A Tabela 4 apresenta as designações e correspondência entre as mesmas, as fases preconizadas na Diretiva 2014/25/EU, na metodologia de Davis Langdon (Langdon, 2007a), e a terminologia adotada na dissertação.

Tabela 4 - Correspondência de fases de ciclo de vida entre Davis Langdon, as normas ISO 15686-5, IEC 60300-3-3, prEN 16627, Diretiva 2014/25/EU e a terminologia adotada.

Terminologia adotada	IEC 60300-3-3	ISO 15686-5	prEN 16627	Diretiva 2014/25/EU	Davis Langdon
Construção	Conceção e Definição; <i>Design</i> e Desenvolvimento; Fabrico e Instalação;	Construção	Processo de Construção	Aquisição	Planeamento de investimento e pré construção; Design e construção;
Utilização	Operação e manutenção	Operação Manutenção	Fase Utilização	Operação Manutenção	Operação e manutenção
Fim de vida útil	Alienação	Fim-de-vida	Fase fim de ciclo de vida	Fim de vida útil	Fim de vida/alienação.

A terminologia adotada neste documento é baseada na distinção em fases da prEN 16627, uma vez que esta norma é a principal referência para a categorização de custos do modelo desenvolvido nesta dissertação.

Para além da divisão em fases, a norma IEC 60300-3-3 recomenda uma definição cuidada e detalhada realizada de acordo com uma cadeia hierarquicamente organizadas por custos, através de uma matriz tridimensional, ilustrada na Figura 3. Esta matriz é descrita em Almeida (2013), como "... uma matriz que organiza os custos de cada elemento segundo três vertentes - ciclo temporal de análise (totalidade da vida útil, fase de conceção, fase de construção; fase operacional, etc.), componente da estrutura e categoria de custos (mão de obra, material, etc.). Dessa forma, cada elemento da matriz corresponde então ao custo associado a uma determinada categoria, num determinado elemento estrutural e numa determinada fase temporal da análise...". A autora refere ainda que a utilização desta matriz acata vantagens ao nível da facilidade da pesquisa de custos e comparação de diferentes custos, fácil identificação de custos em falta, facilidade de atualização, sendo a mesma visão transmitida em IEC (2004).

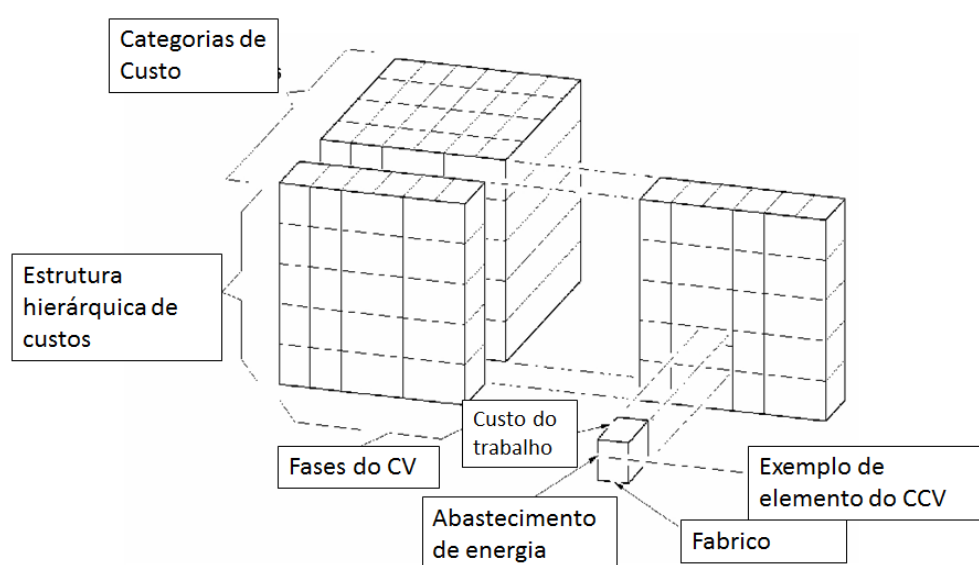


Figura 3 - Conceito de custo de cada elemento do CCV (adaptado de IEC 60300-3-3).

Para além da categorização hierárquica de custos, a classificação dos mesmos pode assumir várias formas. Por exemplo a norma ISO 15686-5 remete apenas para classificação de acordo com as fases do CV; A norma IEC 60300-3-3 para além da divisão de fases, considera também a classificação em custos correntes e não correntes.

2.4 Análise do Custo de Ciclo de Vida (ACCV)

2.4.1 Conceito e aplicação

A norma ISO 15686-5 define ACCV *como a metodologia económica sistemática para avaliação do custo de ciclo de vida durante um determinado período de análise, de acordo com o âmbito pré-estabelecido*. A aplicação da ACCV a empreendimentos de construção pode apresentar diferentes vertentes, objetivos e âmbitos. De acordo com a norma a escolha do âmbito da análise deverá ir ao encontro dos requisitos do cliente da análise, não só ao nível dos custos a considerar, detalhe e abordagem utilizada na análise, mas também no período de estudo e envolvente macroeconómica a considerar no estudo. A norma distingue ainda dois tipos de ACCV:

- A primeira consiste em definir, os custos associados a um ativo num período, e aplicar essa informação na restante vida útil do ativo (podendo esta análise ocorrer em qualquer uma das fases da vida ativo);
- A segunda tem fim como utilizar informações sobre o CCV de um ativo, para realizar uma ACCV acerca de um ativo semelhante, testando vários cenários.

No ano de 2007 Comissão Europeia patrocinou a criação da primeira metodologia transversal na elaboração de ACCV em ativos físicos construídos, referida no guia Langdon (2007b), cuja aplicação deve ser realizada em paralelo com a norma ISO 15686-5. Nesse guia, são definidas aplicações da ACCV na tomada de decisões em diferentes fases do desenvolvimento do empreendimento:

- Análise preliminar de investimentos em decisões estratégicas, ou seja, avaliar entre vários investimentos, através da ACCV, qual o mais vantajoso;
- Análise detalhada de empreendimentos para tomada de decisões na fase de projeto, ou seja, avaliar com base na ACCV qual a opção, na concepção de um projeto, que é mais vantajosa;
- Análise detalhada de um sistema ou subsistema de um empreendimento para tomada de decisões na fase de projeto, ou seja, definir com base nos resultados da ACCV, qual a opção que é mais vantajosa para um determinado sistema ou subsistema.

O guia Langdon (2007a), apresenta uma distinção de tipos de ACCV sob um prisma diferente:

- Análise absoluta, quando a ACCV serve para apoiar processos de planeamento, orçamentação e contratação de investimentos em ativos construídos;
- Análise relativa, quando a ACCV tem como finalidade a escolha entre dois ou mais investimentos ou opções de projeto.

Existe igualmente uma elencagem das valências da ACCV em Langdon (2007b), acerca da sua aplicação ao sector público e privado:

- Do ponto de vista da entidade pública, a utilização de ACCV com dados históricos para escolher entre vários projetos possíveis para satisfazer determinada necessidade;
- Do ponto de vista do concorrente, apoiar a sua proposta nos custos obtidos através da modelação de CCV para posterior análise;
- Do ponto de vista do parceiro privado (vencedor de concurso), efetuar as melhores decisões ao nível da manutenção com base numa ACCV constantemente revista e atualizada ao longo de toda a exploração.

A mesma visão é defendida em Hoffart (2011), acerca da aplicabilidade da ACCV como ferramenta útil ao sector público e privado.

A ACCV que se pretende realizar enquadra-se na norma ISO 15686-5 como uma análise na qual se analisam dados conhecidos de um determinado ativo, e se aplicam esses dados no estudo de um determinado período da vida útil do ativo. No contexto estabelecido em Langdon (2007a) a ACCV que se pretende realizar apresenta-se, como uma ACCV absoluta, uma vez que apresenta uma clara finalidade de planeamento e orçamentação para o cliente.

2.4.2 Processos e parâmetros da ACCV

De acordo com a norma IEC 60300-3-3, a realização da ACCV deve ser sempre conduzida de forma organizada, e com todas as fases que constituem essa aplicação extensamente documentadas. Neste sentido, a norma define um conjunto de processos a seguir na realização da análise. O desenvolvimento da metodologia comum de Langdon (2007b), transversal a várias indústrias, assenta igualmente num conjunto de processos chave.

Apesar dos processos referidos em IEC 60300-3-3 e Langdon (2007b) apresentarem a mesma finalidade e atividades, não apresentam designação semelhante. A Tabela 5 apresenta a correspondência entre as designações das duas fontes e inclui igualmente a indicação de alguns detalhes de execução patentes nas fontes já referidas, exceto sobre o último processo-chave, sendo que essas informações serão apresentadas no ponto 2.4.4; a mesma tabela apresenta a terminologia de processos de ACCV adotados neste documento.

A escolha da terminologia prende-se somente com a descrição que permite perceber de forma imediata o que é tratado em cada fase, resultando da combinação das duas fontes referidas na Tabela 5. A descrição realizada na coluna “Detalhes de execução” reflete indicações dos processos considerados na norma IEC 60300-3-3 e em Langdon (2007b), nos quais os processos adotados neste documento são baseados.

Apesar de não recorrer a uma definição formal de processos como IEC 60300-3-3 e Langdon (2007b), a norma ISO 15686-5 define que a realização da ACCV não deve ser iniciada sem que exista com entendimento prévio sobre os seguintes pontos:

- O período de análise;
- A estrutura, organização e detalhe do modelo, para recolha dos custos a incluir na ACCV, de forma a garantir pertinência da mesma de acordo o âmbito e análise estabelecidos;

- Se o cliente requer uma análise de sensibilidade, e se sim, com que níveis de confiança;
- O método para ter em conta a variação do valor do dinheiro ao longo do tempo (para além da definição dos custos a incluir na análise é necessário definir a forma de os estimar, atualizar, e ter em conta a incerteza associada aos mesmos).

Tabela 5 - Processos da ACCV.

Processos adotados	IEC 60300-3-3	Langdon (2007b)	Detalhes de Execução
Plano da Análise de Custo do Ciclo de vida	Plano da Análise de Custo do Ciclo de vida;	Definição dos objetivos da análise; Identificação dos parâmetros e requisitos preliminares da análise; Confirmação dos requisitos de projeto e instalações;	Definição de objetivos, âmbito, período de análise, ambiente de operação, limitações de análise, alternativas em estudo, recursos necessários;
Escolha ou desenvolvimento de modelo	Escolha ou desenvolvimento de modelo;	Compilação de informação de custos e performance; Realização da análise, de forma iterativa quando necessário;	Escolha de modelo de CCV de acordo com: Disponibilidade de dados, capacidade de analisar as várias hipóteses em estudo, apresentar output que permitam cumprir os objetivos estipulados, permita a realização da análise e reportar os resultados da mesma em tempo útil;
Aplicação do modelo e realização da análise económica	Aplicação do modelo;		Recolha de dados e avaliação de diferentes cenários em estudo, obtendo como resultados quais os mais vantajosos, bem como quais os elementos de maior influência nos custos;
Interpretação e Documentação de resultados	Documentação da ACCV; Revisão dos resultados de ACCV;	Interpretar e reportar resultados;	Quantificar diferenças nas performances das diferentes alternativas que não sejam perceptíveis diretamente nos outputs do modelo; Agrupar os dados por categorias, pertinentes de acordo com o caso em estudo; Realizar análise de sensibilidade, indicando quais os fatores que demonstram maior influência nos custos; -
Atualização da análise	Atualização da ACCV;	-	Aplicável a casos em que o modelo de LCC seja mantido ao longo da vida útil do ativo, e seja possível aumentar a robustez (estimativas de custos) do modelo com a introdução de novos dados

De acordo com a norma ISO 15686-5 o período de análise deve ser definido de acordo com os requisitos do cliente e tendo em conta determinados fatores que devem ser tidos em conta na escolha desse período:

- Em geral, traduz a recomendação de que o período de análise deve igualar a vida útil do ativo;
- Salvaguarda por outro lado, a possibilidade e validade de realizar ACCV com vista a cobrir o período ligado por exemplo a um determinado contrato de manutenção, um empréstimo, ou simplesmente, um período que seja habitualmente utilizado pela organização (cliente) para a análise económica dos seus investimentos. A norma esclarece que caso surjam custos pertinentes fora do período de análise considerado, é possível incluí-los na ACCV (por exemplo custos de aquisição). A norma apresenta como

horizonte máximo de análise 100 anos, referindo que períodos superiores podem originar estimativas pouco realistas.

De acordo com Langdon (2007b) para ACCV de projetos em fase de estudo, devem ser tomados períodos longos (cerca de 60 anos), ao passo que para estudos que abordem opções a tomar na operação do ativo, períodos curtos, cerca de 25 anos

A posição defendida em Almeida (2013) é a de que independentemente dos vários períodos analisados, a distância temporal que separa o período de análise da restante vida útil do ativo deverá ser considerada em termos da variação do valor residual do mesmo

Acerca do detalhe, e tomando de novo como referência a norma ISO 15686-5, a mesma refere dois pontos de decisão acerca do nível de detalhe, determinando que este deve ser correspondente ao:

- Nível de detalhe utilizado no cálculo dos custos a incluir no modelo de CCV;
- Nível de detalhe requerido pelo cliente nas fases chave do projeto.

A norma estabelece ainda três níveis de detalhe que a ACCV pode assumir, sendo os mesmos o nível estratégico, sistémico e de detalhe, exemplificados na Figura 4.

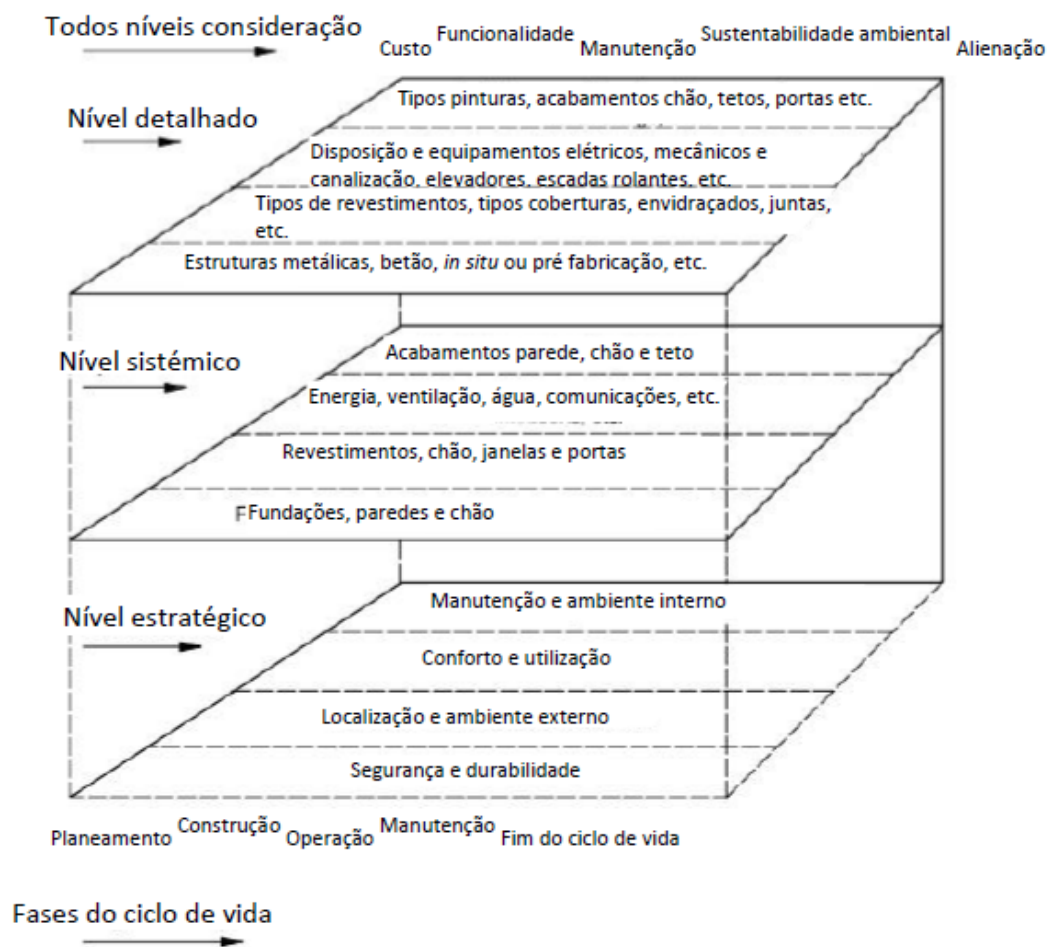


Figura 4 - Níveis de detalhe da ACCV (adaptado de ISO 15686-5; Rodrigues, 2014).

De acordo com Langdon (2007b), o nível de detalhe a adotar é função do nível de evolução do projeto/ativo alvo de ACCV. Assim, para decisões que se enquadrem num cenário de estudo de alternativas entre projetos, ou seja, escolha de investimentos, será adequado um nível de detalhe baixo, ao passo que numa situação em que se pretenda perceber, para um ativo já construído, qual a melhor opção em relação a uma estratégia de manutenção a adotar, deverá ser feita uma abordagem com um nível de detalhe elevado.

2.4.3 **Análise Financeira e de Sensibilidade**

De acordo com as normas ISO 15686-5 e IEC 60300-3-3 a comparação entre diferentes projetos é realizada por via de várias técnicas de análise custo/benefício dos mesmos, e através de indicadores como a Taxa Interna de Retorno (TIR) ou o Valor Atual Líquido (VAL).

A TIR é uma metodologia de análise que representa a taxa de atualização que é necessário aplicar para que o valor dos *cash-flow* trazidos ao presente, iguale o valor do investimento, ao passo que o VAL consiste em obter, para o período de análise, o valor do investimento, através da soma dos *cash-flow* atualizados (através da consideração de uma taxa de atualização). Nos casos em que não é prevista a geração de receitas por parte do ativo, apenas custos o VAL assume a forma de CAL (Custo Atual Líquido)

Segundo as normas ISO 15686-5 a variação de certas estimativas utilizadas na execução da ACCV pode influenciar os resultados. Como tal, é necessário testar essa influência.

De acordo com UIC (2010b), a variação de fatores como a taxa de atualização, período de análise e avaliação do valor residual do ativo são fatores cuja influência na ACCV deve ser avaliada em vários cenários. A estes fatores, a norma IEC 60300-3-3 recomenda a avaliação da influência da carga fiscal direta, ao contrário da carga fiscal indireta, cuja influência não deve ser tida em conta. De acordo com Langdon (2007a), a carga fiscal é um fator cuja importância se reflete sobretudo no sector privado.

Para além dos fatores anteriormente referidos, cuja incerteza se prende com o facto de dependerem da evolução macroeconómica, existe ainda a incerteza que possa existir associada aos dados que servem de base às projeções futuras. Com fim a de minorar estas incertezas, as normas IEC 60300-3-3 e ISO 15686-5, bem como Langdon (2007), recomendam a utilização de valores com desvios percentuais face aos valores projetados, por forma a obter um espectro de valores mais alargado, conferindo assim maior credibilidade à análise, ou, para casos em que seja necessária maior precisão, ou a introdução do risco associado aos valores estimados, com recurso a estimativas com base em distribuições de probabilidade, nomeadamente simulações de Monte Carlo.

2.4.4 **Reporte, revisão e melhoria**

Segundo a norma IEC 60300-3-3 existe a necessidade de melhorar as estimativas e resultados fornecidos pelo modelo ao longo do tempo, ganhando este processo relevância crítica quando o modelo de CCV é utilizado na fase de manutenção e operação, uma vez que a cada instante surgem novos dados que permitem uma melhoria do comportamento do modelo. De acordo com a mesma fonte, a melhoria implica a revisão dos seguintes pontos-chave:

- Os resultados face ao âmbito e objetivos estabelecidos para a ACCV;
- O modelo, por forma a verificar se a sua aplicação foi efetuada de forma correta e cumprindo os objetivos da ACCV;
- As hipóteses assumidas, não só a sua razoabilidade, bem como a correta documentação que as suporta.

A norma explica que sempre que sejam detetadas não conformidades devem ser empreendidas ações corretivas no sentido de as suprimir.

A norma ISO 15868-5 recomenda que a apresentação de resultados ao cliente enuncie o âmbito, restrições, hipóteses assumidas, riscos e relevância da análise de sensibilidade efetuada, bem como se foram cumpridos os objetivos propostos para a análise. Em termos da apresentação dos custos, estes devem ser apresentados e categorizados de acordo com os requisitos do cliente. A norma exemplifica que, por vezes, as diferentes fases do custo de ciclo de vida são suportadas por diferentes entidades.

A apresentação de resultados deve ser feita de acordo com os conteúdos da Tabela 6, elaborada a partir dos documentos propostos nas normas ISO 15686-5 e IEC 60300-3-3.

Tabela 6 - Suporte de informação na apresentação de resultado da análise de custo de ciclo de vida.

IEC 60300-3-3	ISO 15686-5	Descrição
Sumário Executivo	Sumário Executivo	Abordagem geral, direcionada a decisores e ao público em geral, contendo uma breve descrição dos objetivos, resultados, conclusões e recomendações da análise.
Propósito e âmbito	Propósito e âmbito; Listagem de objetivos;	Descrição dos custos incluídos/ excluídos, período de análise, e qual o cenário de operação tido em conta na análise, bem como, alternativas estudadas, hipóteses assumidas e restrições. De acordo com a norma IEC 60300-3-3, esta informação constar no plano de CCV, pode apenas ser feita referência ao mesmo.
Descrição do modelo de CCV	Materiais em análise; Hipóteses assumidas; Riscos, restrições e alternativas consideradas;	Descrição geral do modelo de CCV, hipóteses relevantes assumidas, explicação dos custos incluídos e do cálculo dos mesmos, bem como representação da estrutura de custos considerada.
Aplicação do modelo de CCV	Discussão e interpretação de resultados, incluindo risco associado às hipóteses consideradas e exclusões;	Apresentação dos resultados, descrevendo os custos mais significativos, bem como os resultados da análise de sensibilidade e quaisquer resultados decorrentes de análises relacionadas sem tradução direta nos custos.
Discussão de resultados	Descrição da análise de sensibilidade e da sua influência; Apresentação de resultados em representação gráfica; Apresentação de um plano de reparações e manutenção, caso seja requerido pelo cliente;	Discussão e interpretação de resultados e explicitação de qualquer incerteza associada aos mesmos bem como de qualquer assunto que sirva como referência para a tomada de decisão de projeto; De acordo com a norma ISO 15686-5 a apresentação gráfica é um meio cuja clareza apresenta vantagens na apresentação de resultados, sem que a sua inclusão seja obrigatória;
Conclusões e recomendações	Conclusões e recomendações para desenvolvimentos futuros;	Verificação acerca do cumprimento dos objetivos, recomendações sobre as decisões a tomar e aconselhamento acerca de eventuais melhorias a efetuar em análises futuras

A norma ISO 15686-5 apresenta no seu requisito 9.3 a necessidade de ser realizada uma aprovação dos resultados através de auditoria à ACCV, embora não esclareça quanto ao carácter interno ou externo da mesma. O requisito 9.3 apresenta o intuito de garantir que sejam criados registos das informações prestadas, bem como de quem as prestou, para que caso se verifiquem irregularidades, possam ser apuradas responsabilidades. Tais registos devem conter informações acerca da origem dos dados utilizados e validação dos mesmos, as discussões acerca do âmbito da análise, cópias dos ficheiros utilizados na ACCV, seguros de responsabilidade civil e passagem de partes relevantes a outras partes no decorrer do processo.

3 Gestão do ciclo de vida de pontes ferroviárias

Este capítulo descreve a aplicação sectorial dos conceitos apresentados no capítulo anterior, destacando o estado da arte da gestão do ciclo de vida de pontes ferroviárias

3.1 Gestão de ativos físicos no sector ferroviário

A bibliografia apresentada no capítulo 2.2 inclui guias e normas ligados à gestão de ativos em geral, mas também abrange guias associados à indústria ferroviária. A aplicabilidade dos guias gerais ao caso da indústria ferroviária e a correspondência com os guias sectoriais aplicáveis, será analisada seguidamente.

Em termos da implementação da política de gestão de ativos, as recomendações que constam nas normas da família ISO 55000 e em UIC (2010a), são semelhantes. Assim podemos concluir que existe pertinência na aplicação dos conteúdos da norma internacional ao sector ferroviário.

Acerca da moldura de processos que constitui a gestão de ativos, ilustrada na Figura 5 os pontos de vista defendidos em IAM (2011), UIC (2010a) e NetworkRail (2011), são concordantes na classificação do CCV como mecanismo de capacitação de decisões.

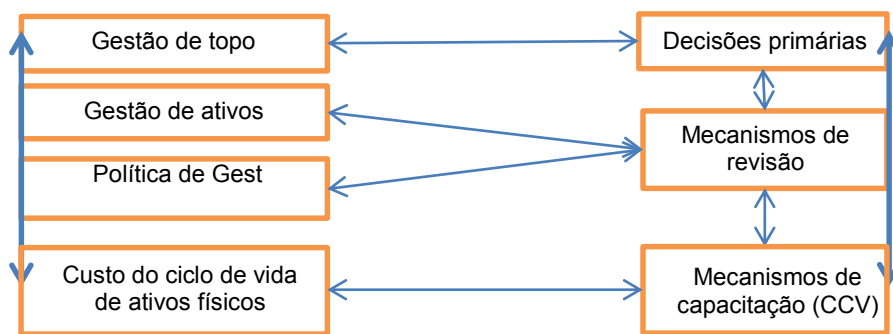


Figura 5 - CCV como mecanismo de capacitação de decisões de gestão de ativos.

Se for tido em conta que, no sector ferroviário, uma importante fatia dos custos, relacionam-se com a utilização e manutenção dos ativos que estão afetos à sua atividade, é perceptível a relevância da aplicação do CCV como ferramenta de apoio à decisão na gestão de ativos ferroviários.

3.2 Custo de Ciclo de Vida no sector ferroviário

O ponto 2.3.1 apresenta indícios de que a utilização do CCV é uma tendência crescente, não só por iniciativa de organismos públicos, mas também com um papel de relevo de organizações privadas.

Nos mesmos guias que apresentam a adoção do CCV como prática, existe igualmente referência ao CTCV. Esta referência encontra-se não só em guias gerais como a norma ISO 15686-5, mas também em guias associados ao sector ferroviário, como UIC (2010a) e NetworkRail (2010). O assunto desta dissertação é o CCV, e não o CTCV, ou seja, os custos sociais, ambientais ou quaisquer outros associados que existam num período anterior à aquisição do ativo, não são contabilizados na modelação que se pretende realizar, pois encontram-se além do âmbito desta dissertação.

No ponto 2.3.2 apresentam-se as fases de ciclo de vida preconizadas por ISO 15686-5, IEC 60300-3-3 e na Diretiva 2014/25/UE de 26 de Fevereiro de 2014. O destaque dado a estas fontes reside no facto

de serem aquelas que conferem maior detalhe na explicação e exemplificação do que deve constar em cada fase. Este ponto é importante, na medida em que o objetivo da dissertação passa pelo estabelecimento das fases para modelação do CCV do caso em estudo.

Como já referido, a designação de fases varia muito de fonte para fonte e só com algum nível de detalhe se torna possível comparar as várias nomenclaturas. A investigação de quais as diferenças, ao nível dos conteúdos de cada fase, permite compreender que as diferenças na distinção de fases não são críticas ao nível do conteúdo. Tal conclusão prende-se também com o facto de ISO 15686-5 apresentar maior detalhe na definição dos custos a considerar em cada fase, ou seja, as restantes fontes são concordantes, mas com um nível de detalhe inferior.

No mesmo ponto são expostos vários pontos de vista sobre a influência das decisões nas várias fases do ciclo de vida no CCV. Todas as fontes referidas neste ponto apresentam a visão de que a fase de projeto é aquela com maior influência no CCV. É interessante constatar que desde normas gerais, como ISO 15686-5, guias associados a organizações do sector ferroviário, como UIC (2010) e Innotrack (2006), e artigos científicos, como Utne (2008) partilham esta visão.

Os artigos científicos de Utne (2008) e H.K. Jun (2007), e o guia UIC (2010b), quanto ao peso de cada fase do CV no CCV, definem as fases de utilização como a que mais condiciona, indicando também que aquela que apresenta menor peso é a fase de fim-de-vida, verificando-se que H.K. Jun (2007) apresenta a visão de que esta fase não é por norma alvo de contabilização. Devido ao seu carácter mais geral, a norma ISO 15686-5 apresenta a visão de que todos os custos devem ser exaustivamente estudados aquando da construção do modelo de CCV.

Acerca do ponto 2.3.3 existe uma unanimidade visões, entre Almeida (2013) e a norma IEC 60300-3-3, acerca da Estrutura Hierárquica de Custos (EHC). Apesar de não ser referido no ponto, a utilização desta estrutura é defendida nos relatórios de projetos ligados ao sector ferroviário (Mainline (2013a); Mainline (2013b); Innotrack (2006)).

Em termos da classificação de custos, são expostas as recomendações das normas ISO 15686-5 e IEC 60300-3-3. Consultando guias mais próximos do assunto desta dissertação, como NCHRP (2003) e Almeida (2013), obtemos recomendações mais específicas, uma vez que para além da definição segundo as fases de ciclo de vida, ganha relevo não só a divisão como custos a suportar pelo proprietário da ponte, pelos utilizadores e pela sociedade em geral, bem como a sua distinção como custos directos ou indirectos. Sobre este ponto, importa realçar que *Mainline* (2013a) propõe uma divisão semelhante, definindo, custos para o utilizador, custos para o gestor de infra-estruturas e custos ambientais, acrescentando que a par da categorização de custos, deverá ser desenvolvida uma base de dados complementar, com informações sobre valor, periodicidade, fornecedor do serviço, qualidade do serviço dos custos. O desenvolvimento desta valência associada ao modelo permite uma crescente otimização do mesmo (um histórico de dados maior permitirá simulações mais flexíveis).

3.3 ACCV de Pontes Ferroviárias

Os projetos UNILIFE/UNIDATA, *Mainline* e *Innotrack*, apresentados em 2.1, apresentam entre os seus objetivos o desenvolvimento de Ferramentas de Custo do Ciclo de Vida (FCCV), e como já referido, são co-financiados pela Comissão Europeia. Assim podemos mais uma vez aferir que a aplicação da ACCV, e consequentemente do CCV, é uma tendência seguida na gestão de ativos da indústria ferroviária, e como tal, nas pontes ferroviárias.

3.3.1 Ferramentas de Custo do Ciclo de Vida

Para a revisão de conhecimentos ao nível Ferramentas de Custo de Ciclo de Vida (FCCV), foram consultados relatórios dos projetos *Mainline* e *Innotrack*, uma vez que ambos empreendem uma pesquisa alargada acerca de FCCV com vista ao desenvolvimento/ escolha de FCCV para utilização no desenvolvimento dos próprios projetos. Apesar dos dois estudos referidos anteriormente apresentarem diferentes óticas nos relatórios (o primeiro apenas compara FCCV enquanto o segundo apresenta uma eleição da melhor ferramenta de acordo com os critérios que estabelece), tendo em conta o âmbito da dissertação foi estabelecido que qualquer FCCV a considerar deveria cumprir os seguintes requisitos:

- Estar direcionada para aplicação na industria ferroviária e/ou modelação de CCV de pontes, ou não estar direcionada a qualquer industria em particular;
- Apresentar um *interface* simples (com vista a permitir uma fácil execução de modelos do caso de estudo caso se revele útil);
- Apresentar um manual de acesso livre;
- Permitir a comparação de várias alternativas de projeto em simultâneo
- Estar disponível com licença *freeware*.

Qualquer um destes critérios, com exceção do último, corresponde a critérios de comparação/ eleição abordados nos relatórios em causa.

De acordo com *Mainline* (2013b), um dos principais objetivos do projeto constitui a criação de uma ferramenta de ACCV, e como parte da concretização desta ferramenta apresenta no seu relatório D5.4 uma extensa revisão de ferramentas de custo de ciclo de vida. É importante realçar que esta revisão apresenta apenas comparações entre as diferentes ferramentas, não sugerindo preferência por nenhuma.

Aplicados os critérios anteriormente enunciados, conclui-se que das 13 FCCV estudadas em *Mainline* (2013b), apenas 3 cumprem o primeiro critério, sendo que apenas as ferramentas *BridgeLCC* e *D-LCC* cumprem os restantes critérios.

O projeto *Innotrack* apresentou, como um dos seus objetivos a formulação e desenvolvimento de uma FCCV baseada nas melhores práticas nesta área ao nível Europeu. Com vista ao cumprimento deste objectivo foi empreendido o relatório D 6.2.2- *Benchmark of LCC tools*, com vista a comparar as várias ferramentas de CCV existentes na internet. Esta pesquisa foi definida com base em mais de 50 critérios pré-estabelecidos como requisitos para um *software* que pudesse ser incorporado, ou servir de base,

ao desenvolvimento da FCCV do projeto, e por comparação de 5 ferramentas é eleita a ferramenta D-LCC, já anteriormente referida.

A FCCV *BridgeLCC* foi desenvolvida pelo *National Institute of Standards and Technology* - NIST, um instituto federal dos Estados Unidos da América, parte do *US Department of Commerce* cuja missão é desenvolver tecnologias e normas de referência com a indústria daquele país (NIST, 2011). O principal objetivo da ferramenta consiste em comparar as vantagens e desvantagens existentes na utilização de novos materiais em pontes, servindo igualmente o propósito de comparar alternativas entre materiais convencionais, através de um esquema de EHC. Para este fim, através de um interface simples, o utilizador pode introduzir os custos que pretende modelar, e num modo de utilização avançada, através de alteração de taxas de inflação e de desconto, ou de valores de outros parâmetros, realizar análise de sensibilidade ao projeto. O programa possibilita também a realização de análise do risco, através da adoção de funções de previsão de comportamento existentes no programa e recorrendo a simulações probabilísticas para perceber como o risco associado a um determinado parâmetro pode afetar o CCV. A análise financeira para cálculo do CCV que esta FCCV realiza foi desenvolvida com base na norma ASTM E917 – 13 -*Standard Practice for Measuring Life-Cycle Costs of Buildings and Building Systems* O *BridgeLCC* encontra-se disponível para *download* no site NIST (2011).

A FCCV *D-LCC* foi desenvolvida pela *ALD Reliability Engineering Ltd*, uma empresa com sede em Israel e que se encontra ligada à consultoria e desenvolvimento de *software* nas áreas de análise de fiabilidade e engenharia, controlo de qualidade e análise de segurança. De acordo com o *site* da empresa, o *D-LCC* apresenta, com base numa EHC, valências gerais semelhantes às acima descritas para o *BridgeLCC*, excetuando a valência ligada à simulação probabilística. O principal destaque desta ferramenta é o seu *Optimal Repair Level Analysis* (ORLA), descrito como uma ferramenta que permite comparar diferentes opções ao nível de manutenção, a par da sua interligação a um outro *software* de RAMS - *Reliability, Availability, Maintainability and Safety* – que permite efetuar análises de risco através de análises de modo de falha, entre outros. O *site* da empresa explica que a técnica de avaliação financeira que o programa utiliza é o VAL. A FCCV *D-LCC* encontra-se disponível para *download* em versão demo no site da *ALD Reliability Engineering Ltd*.

Apresenta-se abaixo na Tabela 7, uma comparação entre as valências dos programas referidos anteriormente patentes em *Mainline* (2013b) e *Innotrack* (2008).

Tabela 7- Comparação de valências entre as ferramentas BridgeLCC e D-LCC.

Requisitos	BridgeLCC	D-LCC
Apresenta manual de instruções?	Sim	Sim
Apresenta assistência por telefone/ <i>online</i> ?	Sim	Sim
Apresenta interface <i>user friendly</i> ?	Sim	Sim
Requer um curso especializado para ser utilizado?	Não	Não
Permite adaptação da estrutura de custos a cada projeto?	Não	Sim
É possível importar variáveis globais (custo de combustíveis, custos de trabalho, etc) ou requer inserção manual?	Não	Sim
Permite definir variáveis com valor base variável no tempo?	Não	Não
Permite estimar a influência de cada parâmetro no nos restantes parâmetros?	Não	Não
Permite a importação de dados do MS Excel?	Não	Sim
O Programa tem capacidade de realizar análise de risco aos parâmetros do CCV?	Não	Não

3.3.2 Parâmetros fundamentais na ACCV

O ponto 2.4.3 aborda os pontos fundamentais para a realização da ACCV de acordo com a norma ISO 15686-5. Os relatórios D 5.4 do projeto e *Mainline* e D 6.5.4 do projeto *Innotrack* apresentam uma visão semelhante, definindo como fatores que servem de ponto de partida à ACCV o período de análise, divisão em fases e explicação de quais os custos a incluir, definição da EHC, o método de avaliação financeira e explicação da frequência das intervenções previstas no ativo; com exceção deste último, ambas as fontes são concordantes, e como tal, verifica-se a aplicabilidade dos conteúdos.

3.3.3 Vida útil e período de análise

De acordo com Bonstedt (2009), a ACCV numa ponte representa uma análise económica condicionada por *inputs* de engenharia, com vista a comparar diferentes alternativas para um projeto e obter valores atualizados dos custos das diferentes alternativas ao longo da vida útil da ponte.

De acordo com Frangopol (2007), as pontes são elementos fundamentais para a operacionalidade das redes de transportes que integram, uma vez que a sua inoperacionalidade põe em causa a ligação entre os segmentos que liga. Seguindo a linha de raciocínio de Frangopol (2007), a necessidade de manter em todos os cenários a operacionalidade das pontes, associa as mesmas a um regime de manutenção detalhado e cuidado, e como tal oneroso.

De acordo com Bonstedt (2009) na prática corrente do projeto de pontes, são utilizados valores da ordem da ordem dos 100 anos de vida útil. A figura 6 adaptada do mesmo autor, ilustra a distribuição dos custos ao longo da vida útil de uma ponte.

Por consulta de Almeida (2013), a definição do período de 100 anos como o período a considerar para a vida útil de uma ponte, pressupõe a consideração de diferentes propostas de definição de vida útil, como por exemplo:

- Vida útil – intervalo temporal no qual a ponte satisfaz os requisitos para os quais foi projetada, de acordo com o plano de manutenção previsto para a mesma (ISO 15686-5);
- Vida útil de projeto – período definido pelo projetista para a vida útil da ponte (ISO 15686-5);
- Vida útil funcional – intervalo de tempo até que a ponte já não consiga dar resposta aos requisitos funcionais para a qual foi dimensionada (excesso de tráfego, por exemplo) (Langdon 2007).

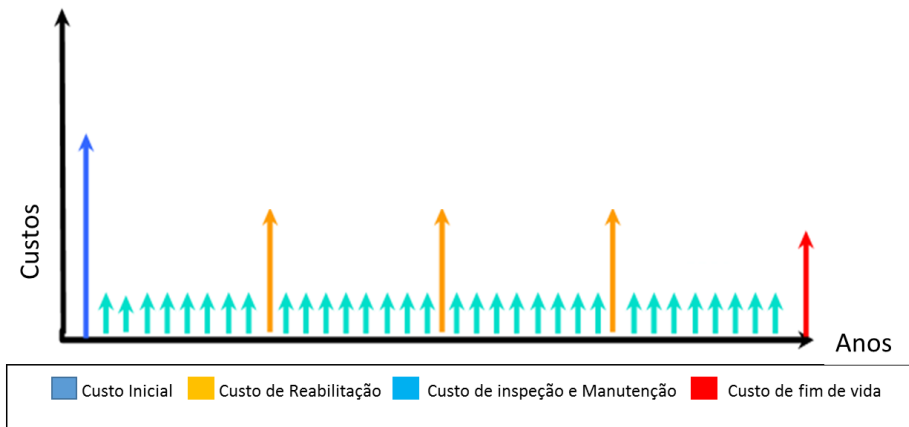


Figura 6 - Distribuição temporal dos custos do CV de pontes ferroviárias (adaptado de Bonstedt , 2009).

Garantir o cumprimento de uma vida útil de projeto, implica o cumprimento de todos os requisitos da mesma, o que apenas é possível recorrendo a um regime de manutenção com elevado detalhe, e com várias vertentes de atuação. De acordo com Frangopol (2007), o ênfase dado a um determinado parâmetro de engenharia (na performance pretendida para determinado ativo) *versus* o custo associado à obtenção dos resultados definidos para esse parâmetro, transforma a escolha de uma estratégia de manutenção num problema com várias soluções possíveis, cuja solução depende de um compromisso, por um lado entre a segurança e fiabilidade estrutural necessárias, e as restrições orçamentais que tão frequentemente existem no dia-a-dia. O conhecimento deste problema e o contacto com uma duração aproximada da vida útil duma ponte, bem como com a forma como os custos de distribuem ao longo da mesma constituem uma base para perceber a já referida importância na definição do período de análise da ACCV.

No ponto 2.4.1 é explicitado que o período de análise deve ser estabelecido de acordo com os requisitos do cliente. Por outro lado, é igualmente clarificado que considerar períodos de análise da ordem dos 100 anos origina análises pouco credíveis. Recuperando o texto acima em que é definido como período de vida útil usual para uma ponte 100 anos, verifica-se que se torna difícil realizar uma ACCV à totalidade da vida útil de uma ponte. No mesmo texto foi referida que existe a necessidade de um nível de detalhe elevado na análise dos regimes de manutenção associados a pontes, e anteriormente, foi concluído que a fase de operação e manutenção é aquela que apresenta maior relevo nos custos dos ativos ligados à indústria ferroviária; de acordo com o ponto 2.4.1, Langdon (2007b) refere que uma ACCV relacionada com manutenção e operação, deverá ter no máximo um período de análise da ordem dos 25 anos, valor que se encontra próximo do valor de 30 anos recomendado pela Comissão Europeia para a ACCV de ativos no sector dos transportes.

De acordo com NHCRP (2003), independentemente do nível de detalhe, o CCV da manutenção de uma ponte é referente à estrutura como um todo, apesar de poderem ser executadas ACCV a vários elementos da ponte. Tal é perceptível comparando o tempo de vida útil de 100 anos anteriormente enunciado como referência para o projeto de pontes com os valores patentes na Tabela 8, onde está patente a vida útil esperada para alguns elementos de pontes.

Tabela 8 - Vida útil de elementos constituintes de pontes, (adaptada de Almeida, (2013)).

Elemento	Vida útil
Juntas	30
Tabuleiros	50
Encontros	100
Pilares e fundações	120

Assim podemos concluir que, mesmo considerando a manutenção dos diferentes elementos, para garantir a vida útil de toda a estrutura, a manutenção dos mesmos terá que ser realizada por forma a garantir a vida útil da totalidade da estrutura. No entanto, a definição do período de análise na ACCV de uma ponte ferroviária, dificilmente atingirá a totalidade da vida útil da ponte. Por outro lado, permite atingir o detalhe necessário para que a ACCV seja útil para a organização modelar não só as fases de maior impacto económico, mas também as restantes. Caso se pretenda obter uma estimativa do CCV global, em determinada fase, poderá sempre aplicar-se a visão de Almeida (2013) referente a quantificar a restante vida útil do ativo em termos do valor residual do mesmo, não contendo esta opção obviamente a quantificação da totalidade dos custos de operação e manutenção da vida útil do ativo.

3.3.4 Detalhe da ACCV

O ponto 2.4.2 apresenta as visões de ISO 15686-5 e Langdon (2007b) acerca do nível de detalhe a adotar. As visões demonstradas são complementares, uma vez que a norma internacional remete para o detalhe requerido pelo cliente e congruente com o estabelecido no modelo de CCV, enquanto Langdon (2007b) se centra na relação entre o objetivo da ACCV e do projeto em causa.

Fazendo a ponte para aplicação prática da ACCV, de acordo NHCRP (2003) a divisão recomendada pelos especialistas consiste em dividir a ponte em três pontos, sendo os mesmos o tabuleiro, a superestrutura e a infraestrutura, considerando na manutenção ações como a pintura, inspeção de pilares, substituição de juntas, entre outros. Na mesma fonte é explicitado que o nível de detalhe a ter em conta na análise de CCV é condicionado pela complexidade que existe em atribuir a cada elemento constituinte da ponte um modelo próprio de degradação, referindo Ribeiro (2007) que tal se deve não só às dificuldades práticas associadas a esse cálculo, bem como pelo desconhecimento que por vezes existe em relação ao comportamento de novos materiais aplicados.

De acordo com *Innotrack* (2006), uma forma de garantir um nível de detalhe ajustado não só aos requisitos do cliente, mas também aos objetivos da ACCV, consiste na existência de uma *frame* que contemple todos os custos definidos no modelo de CCV, e onde são assinalados quais os custos a ser incluídos na ACCV que se realizará.

Conclui-se então que o nível de detalhe preconizado para a análise, deverá então ser um compromisso entre o detalhe suficiente para garantir um planeamento da manutenção que permita o cumprimento dos requisitos de projeto em termos da vida útil, devendo ser igualmente adequado a uma aplicação prática tão simples quanto possível.

3.3.5 Análise Financeira e de sensibilidade

De acordo com Almeida (2013), tendo em conta a natureza do investimento e função a desempenhar por uma ponte, na qual não existe uma expectativa de retorno do investimento sob a forma de capital, não faz sentido considerar as diferentes opções de projeto através da TIR; pelo contrário, o VAL, na medida em que reporta o valor que o ativo terá no fim do período de análise, apresenta-se como uma ferramenta adequada a ACCV de pontes. Esta visão é partilhada por NHCRP (2013).

O VAL é o somatório dos *cash-flow* ao longo do período de análise. A atualização destes custos é feita através de uma taxa de atualização, composta por três parcelas; uma relativa ao custo de oportunidade do capital, outra correspondente ao prémio de risco do investimento, e ainda uma terceira relacionada com a evolução da taxa de inflação, como descrito em NHCRP (2013). O cálculo do VAL encontra-se descrito na norma ISO 15686-5 e ilustrado na expressão 1.

$$\sum_{n=1}^P \frac{Cfn}{(1+d)^n} \quad (1)$$

Cfn - *cash-flow* ano *n*;

d - taxa de atualização;

Antes de aplicar a taxa de atualização, é necessário perceber se os custos em causa são custos reais ou nominais, uma vez que constitui desvio aos cálculos a inclusão do impacto da taxa de inflação em duplicado. O cálculo da taxa de atualização é um processo complexo, pelo que serão utilizados valores de fontes credíveis, como explicado abaixo.

De acordo com Almeida (2013), o processo de definição da taxa de desconto, é influenciado por vários fatores. A autora defende que a taxa de atualização deve ser definida tendo também em conta o período de análise. A autora considera que para períodos muito longos uma taxa de atualização muito alta, origina uma perda de relevância dos custos à medida que se avança ao longo do período de análise, e como tal a perda de pertinência na realização de ACCV. Com base na identificação desta limitação, Almeida (2013), conclui que "...A aplicação de altas taxas de desconto tende a favorecer o investimento com ciclos de vida curtos e elevados custos recorrentes e, por outro lado, as taxas de desconto baixas tendem a favorecer os investimentos com altos custos de capital, ciclos de vida longos e baixos custos recorrentes...". Em termos quantitativos, surgem indicações em Innotrack (2007) através da Figura 7, patente em Almeida (2013), que aconselha para os investimentos de carácter público uma taxa de atualização na ordem dos 4%, com períodos de análise compreendidos entre 30 e 40 anos.

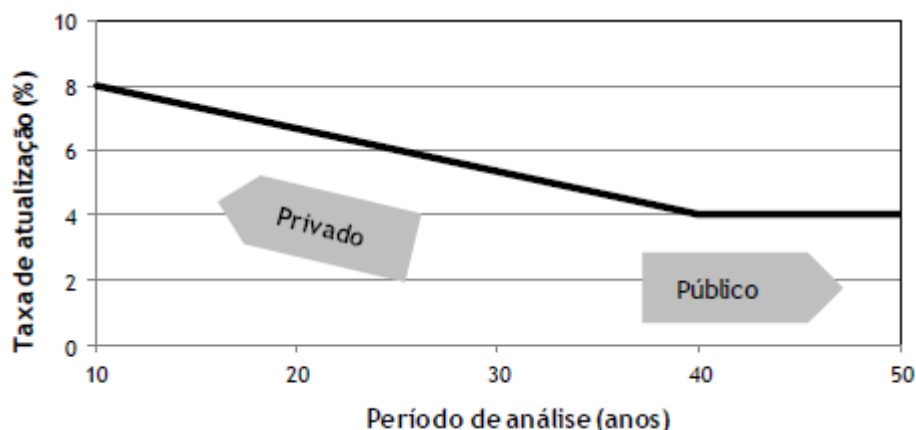


Figura 7- Taxa de atualização recomenda no projeto Innotrack em função do período de análise (adaptado de Almeida (2013)).

De acordo com Langdon (2007a), para investimentos de cariz público, poderá ser utilizada uma taxa de atualização nula, para casos em que o investimento inicial seja muito avultado com vista a gerar poupanças nas fases de manutenção e operação, sendo que em geral a escolha dos governos é de taxas na ordem dos 3 a 5%.

O Despacho nº13208/2003 da II Série do Diário da Republica, recomenda que na análise de propostas de parcerias público-privadas deverá ser considerada uma taxa de atualização de 4%, não tendo revelado a pesquisa, indicações ao nível de diretivas Europeias acerca do assunto.

Conclui-se assim que o VAL é o indicador financeiro a utilizar na realização de ACCV de pontes ferroviárias. Apesar da adequabilidade deste indicador na comparação de vários projetos para que a comparação entre projetos seja viável, é necessário que todas as hipóteses em estudo respeitem as imposições da Tabela 9.

Tabela 9 - Imposições de fatores invariáveis na comparação entre hipóteses em estudo

Fonte	Imposição
NHCRP(2013)	Requerer os mesmos níveis de manutenção
ISO 15686-5	Apresentar o mesmo período de análise
EIC 60300-3-3	Igual disponibilidade operacional Igual disponibilidade intrínseca Igual custo das peças de reposição Igual custo de mão-de-obra Igual probabilidade de sucesso da missão

A análise do ponto 2.4.5 permite concluir que realização de análises financeiras dependentes de taxas de atualização e de outras estimativas acarreta sempre alguma incerteza, ganhando nessa perspetiva relevo a realização de uma análise de sensibilidade. A solução descrita com maior relevância neste ponto, e com acordo entre as fontes consultadas, é a consideração de desvios percentuais nos custos. Esta solução é descrita em NHCRP (2003). A par da referida solução, este guia apresenta as outras técnicas referidas em 2.4.5 para vencer a incerteza de projeções. Verifica-se assim a sua aplicabilidade ao caso de estudo, e como tal, a relevância da realização da análise de sensibilidade.

3.3.6 Reporte, revisão e melhoria

O ponto 2.4.4 apresenta as indicações para a melhoria do modelo de CCV, e como tal na aplicação do mesmo, segundo EIC 60300-3-3. Neste ponto é explicitado a utilidade da inclusão de todos os dados que surgem da operação de ativos; a esta recomendação, *Innotrack* (2006) vem acrescentar a necessidade de recolha de todos os dados ser realizada através de suportes *normalizados*, com vista a facilitar a introdução dos dados e leitura dos mesmos.

Realizada a revisão do processo, existe a necessidade de apresentar os resultados da ACCV. As informações patentes em 2.4.4, remetem para que esta apresentação seja feita de acordo com os requisitos do cliente. *Mainline* (2013a) e *Innotrack* (2006) apresentam uma visão semelhante, mas divergem ao nível da quantificação dos resultados da ACCV. De facto, *Mainline* (2013a) recomenda a quantificação dos resultados da ACCV sob forma de valor monetário, custos ambientais e emissões de carbono, enquanto *Innotrack* (2006) recomenda apenas a primeira das três quantificações. Do ponto de vista da aplicabilidade a esta dissertação, as indicações de *Mainline* (2013a) apresentam-se fora do âmbito estabelecido, aproximando-se do conceito de CTCV.

Em termos do suporte documental da apresentação resultados *Mainline* (2013a) recomenda a inclusão dos seguintes conteúdos nos documentos: previsões de CCV, avaliação da variação de resultados que existe na abordagem probabilística e abordagem determinística no cálculo de estimativas, resultados sob a forma de gráficos, plano de intervenções futuras e perfil de comportamento para a totalidade da vida útil. Por comparação com a Tabela 6, pode-se concluir que as indicações do presente parágrafo são complementares às da mesma, e como tal aplicáveis ao caso de estudo. Para além das anteriores indicações, e com abrangência ao nível da gestão de ativos na organização, o projeto *Mainline* (2013a) apresenta a sugestão de criação de uma base de dados onde figurem todos os ativos da organização, incluindo classificação e condição do ativo/elemento, bem como o seu perfil de deterioração e vida útil do mesmo.

O ponto 2.4.4 refere igualmente as indicações da norma ISO 15686-5 acerca da aprovação de resultados e auditoria; *Innotrack* (2006) apresenta indicações no mesmo sentido, surgindo de novo a ideia de que a recolha de todos os dados seja realizada através de suportes normalizados, para que seja simplificada a rastreabilidade dos dados envolvidos no processo. Tal medida acrescenta robustez à ACCV.

4 Proposta de metodologia de ACCV para pontes ferroviárias da REFER

O Presenta capítulo apresenta uma proposta de metodologia para a ACCV, organizada em diferentes passos, e com o objectivo de obter uma metodologia sistematizada e de aplicação transversal em pontes ferroviárias.

4.1 Considerações gerais sobre a metodologia

No presente capítulo apresenta-se uma metodologia de ACCV, baseada sobretudo na metodologia de Langdon (2007a), e na norma ISO 15686-5. A Tabela 10 apresenta a metodologia considerada, bem como as fontes em que cada passo é baseado. A Tabela 11 apresenta os objetivos associados aos diferentes passos.

Com exceção do passo 8, a metodologia foi desenvolvida consultando primeiramente Langdon (2007a) em paralelo com a norma ISO 15686-5, sendo pontualmente incluídas indicações da norma IEC 60300-3-3. Às indicações recolhidas foram posteriormente aplicadas as conclusões relativas à ACCV de pontes recolhidas na revisão de conhecimentos. O passo 8, devido à sua especificidade foi desenvolvido através da consulta do guia NHCRP (2003), sendo os custos enunciados neste guia enquadrados no CCV através da norma ISO 15686-5, e codificados de acordo com a prEN 16627. O modelo de custos apresentado resultado das indicações patentes nos documentos em causa e do conhecimento da estratégia de manutenção de pontes da REFER. O modelo deverá ser construído de forma parametrizada, para que a alteração de fatores numéricos seja desde logo repercutida nos resultados.

Não foi realizada análise de risco, uma vez que esta se encontra excluída do âmbito da dissertação. Apesar deste facto, o passo 5 apresenta algumas breves indicações sobre a realização da mesma, com vista a facilitar futuras aplicações da metodologia em que este tipo de análise pode vir a figurar.

4.2 Passo 1- Propósito da ACCV

A norma ISO 15686-5, apresenta como propósito de realização de uma ACCV a obtenção de um *input* num processo de decisão a partir dos resultados da mesma. O resumo do cliente deverá informar acerca dos objetivos e utilização pretendida para os resultados.

De acordo com Langdon (2007a) o cumprimento deste requisito deverá ser feito definindo o propósito da ACCV e os resultados esperados pelo cliente para a mesma. Em termos do propósito, a ACCV deverá ser identificada como absoluta ou relativa, devendo igualmente ser identificada a medida em que os resultados desta contribuem para um acréscimo de confiança no processo de tomada de decisão (e.g. comparar as implicações económicas de diferentes soluções de projeto para a ponte, conhecer o custo total ou de parte do ciclo de vida da ponte, comparar a opção mais viável entre reabilitar ou demolir uma ponte). O ponto 2.4.1 da dissertação apresenta a relação existente entre as fases do ciclo de vida de ativos e os propósitos possíveis para a realização de ACCV associada aos mesmos.

Tabela 10 - Metodologia de ACCV.

Passo	Designação	Etapas	Langdon (2007a)	ISO 15686-5	Revisão de conhecimentos	NHCRP (2003)	prEN 16627	IEC 60300-3-3
1	Identificar o propósito da análise	Identificar o propósito da análise	1	4.1 e 4.4.1	2.4.2	-	-	-
						-	-	-
						-	-	-
2	Identificar o âmbito inicial da análise	Escala de aplicação	2.2	4.4.2		-	-	-
		Atividades e fases do ciclo de vida	2.3/2.4	4.2.1	2.3.2	-	-	-
		Custos a incluir/excluir e restrições a parâmetros chave	2.5	4.2.1/5.2/5.3/5.4	2.3.2/3.3.2	-	-	-
		Requisitos do cliente quanto ao formato de apresentação de resultados	2.6	9.1	2.4.4	-	-	-
3	Relação entre o CCV e a análise de sustentabilidade	Avaliação de sustentabilidade	3.2	6.5	-	-	-	-
		Medidas de avaliação da sustentabilidade	3.2	6.5	-	-	-	-
		Relação entre a ACCV e a Apreciação de CV e utilização em paralelo	3.4 e 3,5	6.5	-	-	-	-
4	Identificar o período de análise e as técnicas de avaliação financeira	Período de análise	4.2 e 4.3	5.3	3.3.3	-	-	-
		Técnicas de avaliação financeira	4.5 a 4.7	7.1 a 7.4 /Anexo B	3.3.5	-	-	-
5	Análise de risco e sensibilidade	Análise de risco	5.2 a 5.6/5.7.1	8.1 a 8.3	-	-	-	-
		Análise de sensibilidade	5.7.1	8.4 /Anexo C	-	-	-	-

Passo	Designação	Etapas	Langdon (2007a)	ISO 15686-5	Revisão de conhecimentos	NHCRP (2003)	prEN 16627	IEC 60300-3-3
6	Identificar os requisitos do projeto e parâmetros chave do ativo	Definição da funcionalidade do ativo	6.2	-	-	-	-	-
		Identificação de parâmetros chave e restrições	6.3/6.6 e 6.7	-	-	-	-	-
		Confirmação do âmbito estabelecido	6.5/6.8/6.9	-	-	-	-	-
7	Identificar as opções a incluir na ACCV	Opções possíveis para a ACCV	7.2	4.4.3	-	-	-	-
		Escolha de opções relevantes para a ACCV	7.3	-	-	-	-	-
8	Compilar custos relevantes para a ACCV e períodos de ocorrência dos mesmos	Identificação de custos relevantes e associação de períodos temporais	8.2 a 8.6	4.2.2/5.4.2 e 5.4.3	2.3.2/ 3.3.3 e 3.3.4	Pgs 38-41	8 e 11	-
		Construção da EHC	8.3	4.4.2	2.3.3/ 2.4.2/ 3.3.4	Pg 18	-	4.5.2
		Bases de dados para a estimativa de custos	8.7	4.5 e 4.6	-	Pgs 38-41	-	-
9	Verificação de parâmetros financeiros e período de análise	Verificação do período de análise	9.2	-	-	-	-	-
		Verificação de parâmetros financeiros e técnica de análise económica	9.3 a 9.5	-	-	-	-	-
10	Realizar a análise económica	Informatização da EHC, custos e periodicidades	11.2 e 11.3	-	-	-	-	-
		Registo de resultados	11.4	4.6	-	-	-	-
11	Análise de sensibilidade	Realização de análise de sensibilidade	13	-	2.4.3	-	-	-
12	Interpretar e apresentar resultados iniciais no formato acordado	Revisão de Resultados	14.1	-	2.4.4	-	-	4.6.6
		Apresentação inicial de resultados	14.2 a 14.4	-	-	-	-	-
13	Apresentação de resultados finais em formato adequado	Formato Final	15.2/15.3 e 15.4	9.1	2.4.4/3.3.6	-	-	-
		Evidências para auditoria	15.5	9.3	2.4.4/3.3.6	-	-	-
		Atualização da análise	-	-	2.4.4/3.3.6	-	-	4.6.7

Tabela 11 - Objetivos dos passos da ACCV.

Passo	Objetivos
1	Definição clara dos objetivos da ACCV, nomeadamente através do enquadramento desta enquanto relativa ou absoluta, propósito e resultados esperados para a mesma
2	Definição da escala de aplicação, fases do CV a ter em conta, âmbito e restrições acerca de custos e informações relevantes de enquadramento, e requisitos específicos do cliente ao nível do formato de relatório.
3	Avaliação da necessidade de definição de sistemas de avaliação do impacto ambiental, e definição dos critérios utilizados, e definição da relação existente entre a ACCV e a Avaliação de CV, nomeadamente em termos de inputs do processo de decisão.
4	Definição do período de análise, de forma justificada, explicitada, de forma justificada, a utilização de custos reais ou nominais, utilização e quantificação da taxa de atualização, forma de tratamento da inflação e dos custos ligados a impostos diretos, explicitada de forma justificada, a técnica de avaliação financeira a aplicar;
5	Definição de opções acerca da realização de análise de risco/sensibilidade, bem como os intervalos de confiança e técnica a aplicar
6	Definição clara do âmbito do projeto e as suas características chave; definição clara das características chave e de performance do ativo; revisão das opções tomadas acerca de parâmetros chave da análise até ao presente momento, à luz das novas informações.
7	Definição das opções em estudo na ACCV.
8	Identificação dos custos a incluir na ACCV, organizados numa EHC, e com período temporal de ocorrência associado e realização do cálculo de todos os custos intervenientes na ACCV, com explicitação do método de cálculo e fontes dos dados utilizados.
9	Efetuada a revisão dos valores assumidos para o período de análise, parâmetros financeiros e técnica de avaliação financeira, justificando a sua manutenção ou alteração com base nas indicações definidas no passo 3.
10	Associar todos os custos e parâmetros da análise; realização da análise económica, e gerada evidência dos resultados para posterior análise e interpretação.
11	Realização a análise de sensibilidade e apresentadas as conclusões decorrentes da mesma.
12	Realização da revisão dos resultados da análise, e aplicadas medidas corretivas caso necessário; realização da apresentação de resultados iniciais ao cliente, de acordo com os requisitos do mesmo; realização da interpretação de resultados para que estes sejam apresentados em valores úteis ao cliente para a tomada de decisão.
13	Construção de um relatório final adequado, e com apresentação de resultados e conclusões de acordo com os requisitos do cliente; geração de evidências para utilização em futura auditoria; criação de mecanismos para uma atualização contínua dos dados do modelo de CV (se aplicável).

Todos os objetivos deverão ser enunciados de forma clara, nomeadamente acerca dos resultados pretendidos, por forma a servirem de base à realização da ACCV

4.3 Passo 2 – Identificar o âmbito da análise

A norma ISO 15686-5 define que a ACCV deverá cobrir um conjunto de custos durante um determinado período de análise ao longo da vida física, técnica, económica ou funcional de um ativo construído. A norma refere igualmente a necessidade de ser apresentado desde logo o cenário de manutenção e operação da ACCV.

Langdon (2007a) apresenta a construção do âmbito, em 4 etapas, nomeadamente através do esclarecimento da escala de aplicação, identificação das atividades que decorrerão em cada fase do CV, os limites da análise, e uma definição do formato pretendido para os resultados.

A escala de aplicação deverá explicitar se a ACCV será sobre um ativo, um conjunto de ativos, ou um sistema ou parte específico de um ativo (e.g. tabuleiro ou pilares da ponte, conjunto de pontes de uma linha).

A identificação das atividades que decorrerão em cada fase deverá explicitar as atividades consideradas na análise, nomeadamente o cenário de operação e manutenção, e consequentemente as fases do CV que serão também tidas em conta (e.g. estudo de viabilidade económica do nº de vias de uma ponte a construir na fase de projeto/planeamento, reformulação do plano de inspeções na fase de manutenção). Deverá igualmente esclarecer se a ACCV decorrerá durante fases sucessivas do CV do ativo, uma vez que tal apresenta implicações ao nível do detalhe da análise a preconizar.

A identificação dos limites da análise, nomeadamente ao nível de custos a incluir na análise, e restrições do ponto de vista económico, do cliente, financeiro, legal ou contratual que possam influenciar parâmetros chave da análise. Os requisitos tomam especial destaque acerca de restrições, exclusões ou inclusões relativos aos parâmetros chave da ACCV, nomeadamente a vida útil, período de análise, custos a incluir e parâmetros financeiro, de acordo com os mesmos.

A definição do formato de relatório poderá ser útil caso o cliente possua uma estrutura própria de relatório, para que toda a informação produzida seja recolhida no mesmo formato (e.g. documentos *standard* de institutos públicos de gestão de infraestruturas). Todos resultados deverão ter em conta as restrições impostas pelo cliente e aquelas que resultam da legislação aplicável (e.g. comparação de soluções construtivas que não respeitem os vários Euro Códigos).

4.4 Passo 3 – Relação entre o CCV e a análise de sustentabilidade

A norma ISO 15686-5 apresenta duas vertentes distintas de impactos de sustentabilidade, nomeadamente a vertente social, e ambiental, enquadrando-as, salvo exceções descritas abaixo, no âmbito do CTCV em paralelo com o CCV. A vertente social refere-se a impactos na sociedade em geral (e.g. geração de empregos) e cujos custos ou benefícios decorrentes não devem ser incluídos no CCV, a menos que o cliente o peça expressamente (e.g. ponte financiada por instituto público em que a avaliação do investimento deverá ter em conta o retorno em termos do aumento do PIB *per capita*), e se for esse o caso, tal deverá ser explicitamente definido no passo 2, no ponto relativo a restrições e custos a incluir. Em termos de impactos ambientais, a menos que se tratem de custos directos (e.g. impostos verdes), os mesmos não deverão ser imputados no CCV, sob pena de dupla consideração de impactos, como explicado adiante.

Langdon (2007a), refere que a avaliação da sustentabilidade é feita na vertente ambiental, social e económica, dando especial destaque à vertente ambiental. A vertente ambiental deverá ser abordada através de avaliações extra ACCV que forneçam *input* no processo de decisão, sendo contabilizados no CCV apenas nos casos em que constituam custos diretos sobre a ponte. São sugeridos alguns processos como ACV (Apreciação do Ciclo de Vida) que contempla a avaliação de impactos e custos do ativo no durante o CV, Avaliação de impacto ambiental (estudo dos impactos ambientais locais causados por diferentes opções de projeto) ou análises multicritério (definição de objetivos ambientais e avaliação das soluções face aos mesmos).

A dificuldade de ligação entre a ACCV e a ACV prende-se com facto de a ACCV apresentar como *output* custos associados a um ativo, enquanto a Avaliação de CV, apresenta medidas de impacto ambiental em função de objetivos e pontuações, cuja quantificação monetária é

complexa. No entanto, sempre que possível, a ACV pode ser utilizada para medir eventuais poupanças decorrentes de políticas ou estratégias nos vários custos do CV.

4.5 Passo 4 - Identificar o período de análise e as técnicas de avaliação financeira

A norma ISO 15686-5 refere que o período de análise deverá ser baseado nos requisitos do cliente, podendo exceder o ciclo de vida do ativo. A norma recomenda a adoção de um período de análise que iguale a duração total do ciclo de vida, salvo condicionantes impostas pelo cliente, que deverão ser cabalmente explícitas. A norma define um período de 100 anos como o limite de expressão dos parâmetros financeiros a implementar na análise

Langdon (2007a), apresenta várias condições que podem servir de base à definição do período de análise, como a vida útil do ativo, a duração do projeto em análise, períodos de empréstimo, valores definidos pelo cliente. A fonte em causa adverte que para períodos de análise mais longos estão associados a análises com maior risco, uma vez que existe uma maior incerteza nas estimativas realizadas.

Recuperando o ponto 3.3.3 da presente dissertação, temos como referência de vida útil para uma ponte o período de 100 anos. No mesmo ponto é dada a indicação de que a avaliação comparativa de regimes de manutenção requer elevado detalhe, e tal consideração remete o período de análise a considerar para valores da ordem dos 25 a 40 anos; esta consideração aplica-se no caso em que ACCV decorre durante a fase de utilização do ativo, em que existe a possibilidade de substituir estimativas iniciais por dados de funcionamento reais. Se se optar por uma avaliação com menor detalhe, o período de análise a considerar poderá ser diferente, remetendo-se essa escolha para os requisitos anteriormente mencionados.

Langdon (2007a) apresenta em termos de técnicas de avaliação financeira o valor atual líquido (VAL), período de retorno, poupança líquida/benefício líquido, rácio de poupanças no investimento, taxa interna de retorno ajustada, custo anual e custo anual equivalente. Não é referida nenhuma indicação acerca da escolha mais adequada em função do projeto em causa, sendo essa ilação remetida para os exemplos de aplicação da metodologia patentes em Langdon (2007b). No anexo B da norma ISO 15686-5 encontram-se referidas técnicas referidas anteriormente como patentes em Langdon (2007a). Recuperando o ponto 3.3.5 da presente dissertação, concluiu-se que para a avaliação financeira de pontes, o indicador mais indicado será o VAL. Verifica-se no entanto, que todas as receitas que ativo possa gerar, são excluídas do CCV, e como tal, em vez do Valor Atual Líquido, deverá ser utilizado o Custo Atual Líquido (CAL). Caso seja requerido pelo cliente a utilização de outro instrumento de avaliação financeira, para substituição ou comparação, a norma ISO 15686-5 prevê que qualquer um dos indicadores que apresenta é válido, desde que seja explícito o significado dos resultados que produz.

A utilização do CAL requer a consideração de taxas de atualização. De acordo com Langdon (2007a), a utilização de uma taxa de atualização poderá ser dispensada caso se pretenda apenas conhecer os custos a associar anualmente a um ativo, sem diferentes opções em estudo. Nos

casos em que se verifique o estudo entre opções diferentes, a atualização torna-se essencial. Existe também uma relação entre o período de análise e a taxa de atualização, nomeadamente, uma vez que avultados investimentos iniciais devem permitir a obtenção de poupanças a longo prazo, e portanto ser associados a maiores taxas de atualização, enquanto a um investimento inicial menor deverão ser associadas menores taxas de atualização.

De acordo com a norma ISO 15686-5 deverão ser utilizados custos reais sempre que possível, para assegurar exatidão do seu valor, independentemente do seu enquadramento temporal. Langdon (2007a), defende que caso inflação afete de forma semelhante todos os custos, poderá ser excluída da ACCV, ou seja, poderá ser utilizada uma taxa de atualização real. Caso a inflação seja tratada de forma separada da taxa de atualização (situação em que se prevê variação da inflação de forma muito distinta nos vários custos), tal deverá ser explícito, sendo então adotada uma taxa de atualização nominal. É aconselhada a utilização de preços reais, que deverão ser atualizados de acordo com o anteriormente disposto. Acerca de encargos fiscais, é referido que estes podem apresentar grande influência no CCV, e que como tal, desde a fase de conceção deve ser empreendida uma estratégia para obter a maior eficiência fiscal possível.

4.6 Passo 5 - Necessidade de análise de risco e sensibilidade

A norma ISO 15686-5 identifica a análise de risco como uma forma de combater a incerteza associada aos dados e métodos de cálculo que originam as estimativas utilizadas no CCV.

Langdon (2007a), apresenta os dois principais riscos associados ao CCV, nomeadamente o facto de o valor total do CCV calculado ser diferente do expectável, e no caso em que correspondendo ou não ao valor total, a distribuição de custos real se venha a verificar distinta da preconizada no modelo. Para conseguir uma correta gestão do risco, são identificados três processos, que correspondem a identificar os riscos, avaliar a sua importância e impacto, e tomar ações de reacção a esse risco (aceitar, mitigar, transferir ou evitar o risco). A gestão do risco deverá ser realizada de acordo com a dimensão do investimento em causa e com informação e aprovação do cliente, e caso seja aprovada, deverá ser feita com um plano definido, orçamentação e recurso definidos, e com atualização e monitorização dos riscos ao longo do tempo. Nos requisitos 8.2.2 a 8.2.5 a norma identifica causas prováveis do risco associado aos resultados da ACCV. A avaliação do risco e incerteza pode ser realizada através de vários tipos de abordagem, nomeadamente determinística (análise de sensibilidade, técnicas de avaliação financeira envolvendo atualização de custos), qualitativa (matrizes de risco, análises SWOT) ou quantitativa (análises de Monte Carlo com diferentes níveis de confiança estabelecidos), dependendo a robustez das abordagens determinística e qualitativa do histórico de dados disponível. O cliente deverá sempre ser informado sobre o risco e incerteza associados à ACCV, devendo a extensão total da análise de risco representar os requisitos do mesmo. O ciclo de gestão do risco sugerido em Langdon (2007a) é ilustrado pela figura 8.

A norma ISO 15686-5 distingue risco de incerteza com base na associação à quantificação da probabilidade de ocorrência de um evento do risco e a incerteza numa abordagem não

quantitativa da possibilidade de ocorrência. A análise de sensibilidade enquadra-se num mecanismo de observação da incerteza, devendo ser aplicada de acordo com limites que se enquadrem com o paradigma estabelecido no âmbito pelo cliente. O propósito da análise de sensibilidade é conhecer quais os fatores que mais influenciam os resultados da ACCV e a robustez dos mesmos.

Langdon (2007a) identifica como os fatores que mais influenciam a análise de sensibilidade o período de análise, taxa de desconto e inflação, ciclos de manutenção e os dados que servem de base à análise.

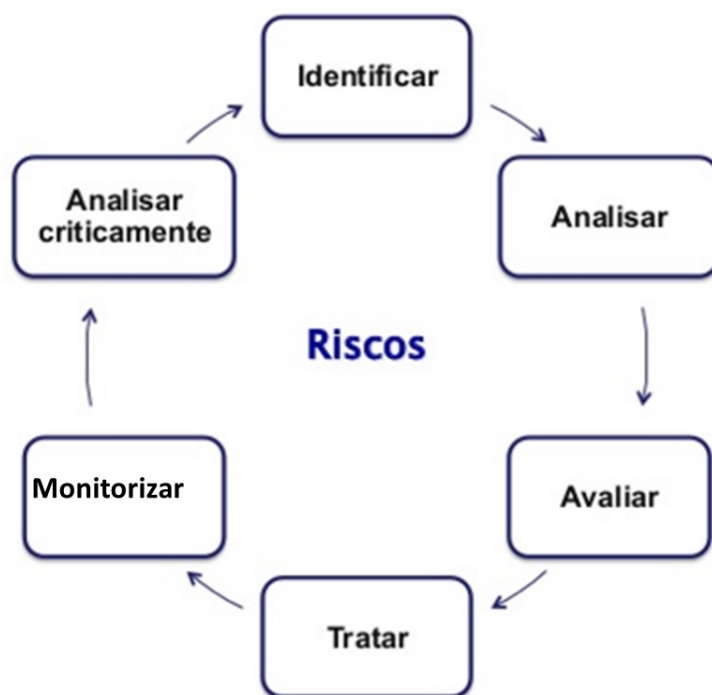


Figura 8 - Ciclo de gestão do risco (adaptado de ISO 31000)

Dentro dos limites impostos na norma ISO 15686-5 e aqui referidos, a análise de sensibilidade deverá ser levada a cabo através da variação dos valores dos parâmetros referidos (em valores mínimos e máximos pelo menos), ao mesmo tempo que a construção do modelo deverá garantir que a variação de um valor seja automaticamente repercutida em todos os valores no qual está implicado.

A pesquisa de casos de estudo de análise de sensibilidade do ponto de vista dos custos resultou infrutífera. No entanto, de entre os fatores chave referidos, recomenda-se especial enfoque na variação de ciclos de manutenção e operação, por aplicação do ponto 3.2 da presente dissertação, onde é referida a relevância destes custos no CV de infraestruturas ferroviárias (indicação relevante para comparação de várias opções).

4.7 Passo 6 – Identificar os requisitos do projeto e parâmetros chave do ativo

A norma ISO 15686-5 defende que a relação entre os parâmetros da análise e os objetivos da mesma deverão ser baseados na utilização pretendida para os resultados.

De acordo com Langdon (2007) a identificação dos requisitos do projeto deverá ser feita através da funcionalidade pretendida para o ativo e das suas características chave.

Do ponto de vista da funcionalidade deverá ser identificada a utilização, relação com o espaço e acessos. Do ponto de vista da utilização, esta será definida pelas atividades que ocorram no ativo (e.g. travessia de peões, travessia de metropolitano), do ponto de vista da relação com o espaço apresentando as necessidades espaciais para o funcionamento (e.g. número de vias da ponte). Do ponto de vista dos acessos as diferenças substanciais entre uma ponte e um edifício permitem a perceção da não aplicabilidade desta rúbrica a pontes ferroviárias.

Do ponto de vista das características chave, deverão ser identificadas as características que se relacionam com o desempenho do ativo (e.g. durabilidade de materiais, soluções de facilidade de manutenção), a engenharia ambiental (e.g. minimização do consumo energético) e o processo construtivo do ativo (e.g. projeto preparado para reabilitação e demolição do ativo), bem como os requisitos a elas associados (e.g. minimizar o consumo energético em 30%).

Deverão ser igualmente explícitas todas as restrições do projeto que podem interferir na ACCV (e.g. acessos, topografia do local, restrições de planeamento urbano, restrições de emissões ambientais, restrições orçamentais).

Definidas todas estas características deverá ser confirmado o âmbito previamente acordado com o cliente, o orçamento do projeto (fundamental para comparar os resultados de diferentes opções em análise em termos de custos iniciais e futuros), bem como o enquadramento temporal do mesmo (não só a duração bem como a previsão de *cash flow* do cliente).

4.8 Passo 7 – Identificar as opções a incluir na ACCV

A norma ISO 15686-5 apresenta a visão de que cada opção em análise deverá constituir uma ACCV própria, com as devidas previsões de custos e utilização (e.g. aumento de tráfego), devendo as mesmas ser registadas.

De acordo com Langdon (2007a), as opções a analisar na ACCV deverão estar relacionadas com os objetivos (passo 1), âmbito (passo 2 e revisto no passo 6) e requisitos do projeto/ativo (passo 6). Tipicamente as opções em causa enquadram-se em dois tipos de cenário:

-Numa fase de planeamento/avaliação de investimentos, as opções tendem a ser sobre diferentes utilizações do ativo, possibilidade de reabilitar ou construir de novo, ou seja, sobre o uso do ativo;

-Numa fase mais avançada do projeto, as opções tendem a recair sobre opções de maior detalhe de partes ou sistemas do ativo, como diferentes esquemas de pintura, ou diferentes sistemas de drenagem da via.

A escolha de que opções, e que quantidade de opções, deverão ser esclarecidas pelo cliente. Caso tal não aconteça, as opções a avaliar deverão incidir sobre custos relevantes para o CCV do ativo, sendo que a identificação das opções deverá ser feita com base na experiência da equipa de projeto, e caso a dimensão do estudo o justifique, com intervenção de todos os intervenientes do projeto e consulta a especialistas.

4.9 Passo 8 – Compilar custos relevantes para a ACCV e períodos de ocorrência dos mesmos

A definição de custos relevantes para a ACCV tem como base a norma ISO 15686-5, a pré norma prEN 16627, e o guia de custo de ciclo de vida de pontes rodoviárias NHCRP (2003). Será utilizada a codificação da norma prEN 16627. Com vista à construção de uma EHC normalizada, as indicações patentes em NHCRP (2003) foram enquadradas nas fronteiras do CCV definidas na norma ISO 15686-5, e posteriormente comparados com os patentes na prEN 16627, surgindo o modelo de custos codificado de acordo com esta norma. A apresentação de custos será feita de acordo com a divisão em fases preconizada na norma prEN 16627.

Langdon (2007a) apresenta vários exemplos de custos associados às várias fases do CV de ativos construídos, definindo que a inclusão destes deve corresponder à extensão do período de análise definido. É igualmente referido um conjunto de exceções de custos cuja inclusão/exclusão pode não decorrer diretamente da definição do âmbito e objetivos, devendo-se a requisitos do cliente ou do projeto em si (ex: não contabilização de custos operacionais em parcerias publico privadas). O período de análise e o detalhe definido para a ACCV apresentam-se como altamente influentes na materialização das categorias de custo a definir, como referido nos pontos 3.3.3 e 3.3.4

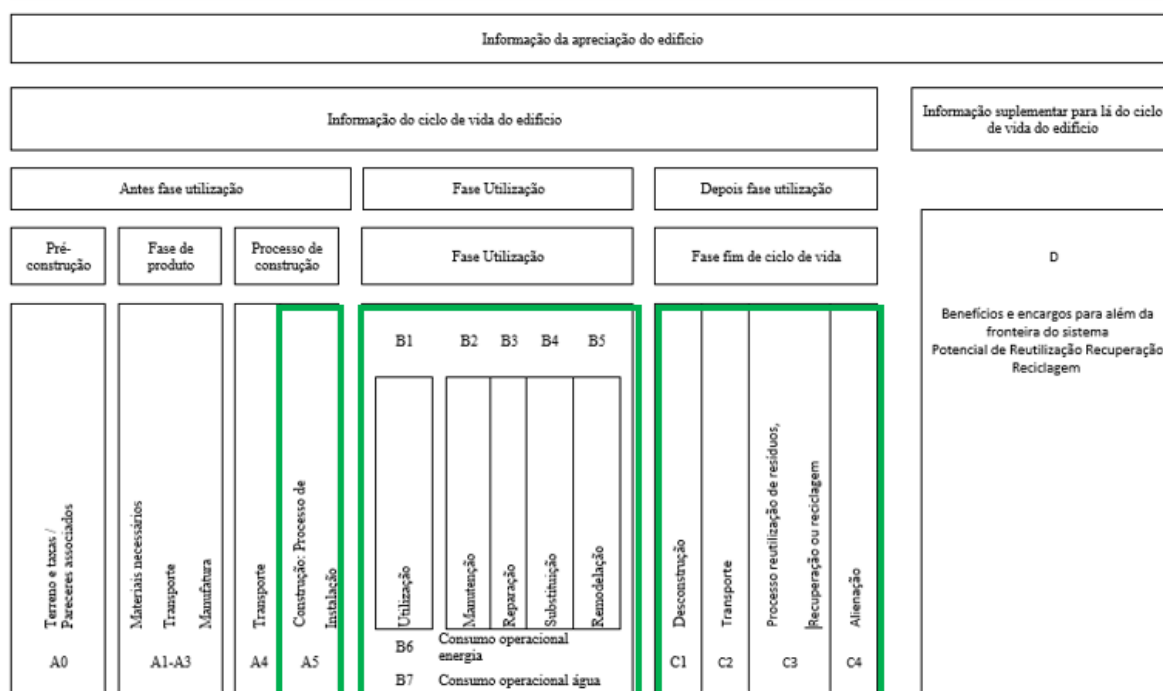


Figura 9 - Divisão em fases preconizada na prEN 16627 (adaptado de prEn 16627, Rodrigues (2015)).

De acordo com NHCRP (2003), a ponte deverá ser dividida em subestrutura, tabuleiro e superestrutura, devendo estes três elementos chave ser analisados em separado. Tal não foi aplicado, sendo a ponte considerada como um todo, por forma a ser compatível com os dados disponíveis. A norma ISO 15686-5 apresenta os três níveis de detalhe referidos no ponto 2.4.2

da presente dissertação (nível detalhado, nível sistémico e nível estratégico). Optou-se por construir a EHC no nível estratégico, por forma a ser compatível com os dados disponíveis e o modelo apresentar uma implementação simplificada. Caso a ACCV evolua, e como tal se venha a verificar um nível de detalhe superior na mesma, recomenda-se a construção da EHC com base na tridimensionalidade recomendada pela norma IEC 60300-3-3, e referida no ponto 2.3.3 desta dissertação.

A Tabela 12 apresenta uma proposta de captação de custos a considerar na ACCV, focada nos grupos de custos marcados a verde na Figura 9.

Na fase de construção, NHCRP (2003) recomenda a inclusão dos custos de financiamento (juros) e de custos ligados à realização de qualquer estudo anterior à construção da ponte. De acordo com a norma ISO 15686-5, os custos de financiamento e estudo de impacto ambiental encontram-se excluídos do âmbito do CCV. NHCRP (2003) inclui igualmente os custos relacionados com a aquisição e expropriação de terrenos de construção; estes custos são excluídos pela norma ISO 15686-5, que salvaguarda no entanto que podem ser incluídos custos tradicionalmente fora do CCV, caso tal seja exigido no desenvolvimento de uma ACCV.

NHCRP (2003) não apresenta, na ótica do gestor de infraestruturas, qualquer custo associado à operação de pontes ferroviárias. A fase de utilização da prEN 16627 acopla as fases de manutenção e operação da norma ISO 15686-5. Optou-se por isso por acoplar ambas as fases nas subcategorias da categoria B da EHC.

Na fase de manutenção NHCRP (2003), descreve como manutenção a execução de atividades programadas de manutenção para garantir o correto funcionamento da ponte, e a reparação ou substituição de componentes em elevado estado de deterioração, mas que não comprometem a normal utilização da mesma. O guia designa igualmente as atividades de inspeção como integrantes da manutenção da ponte. Neste guia não são referidos custos relacionados com o planeamento de atividades de manutenção. As normas ISO 15686-5 e prEn16627 enquadram a substituição ou reparação de qualquer componente em categorias distintas das destinadas às atividades de manutenção programada. Verifica-se ainda nas normas a inclusão de custos ligados ao planeamento, e contratação/acompanhamento de atividades de manutenção (se aplicável), sendo por isso esses custos incluídos na EHC proposta.. Quanto à reparação e substituição, NHCRP (2003) agrupa ambas as atividades, referindo-se a reparações e substituições de grande envergadura, ao contrário da norma prEN 16627. Apesar de separar as duas categorias (B3 - reparação e B4 - substituição), do ponto de vista dos conteúdos, há uma perfeita concordância, referindo ambas as fontes os encargos ligados às atividades de reparação e substituição, à contratação (se aplicável) e acompanhamento das atividades. A categoria “B5 – remodelação” não é aplicável a pontes, exceptuando casos em que o propósito de utilização da mesma seja modificado/alargado (ex: passagem de ponte ferroviária a ponte pedonal), não sendo tal eventualidade considerada na presente EHC, e por isso, a categoria “B5 – remodelação” não incluída. A categoria “B6 – consumo operacional de energia” é referida no requisito 5.4.9 da norma ISO 15686-5, mas não foi considerada na ACCV, uma vez que não foram disponibilizados dados sobre a mesma. A categoria “B7 – consumo operacional de água”

não foi considerada na ACCV, uma vez que não foram disponibilizados dados sobre a mesma, e por não se traduzir num custo operacional característico de pontes ferroviárias.

NHCRP (2003) apresenta a fase de fim de vida associada à demolição do ativo, remoção dos mesmos e intervenção para mitigar impactos na paisagem. A norma ISO 15686-5 apresenta a visão de que os custos de fim de vida podem ser afetados por custos de desmantelamento, e custos que envolvem o restabelecimento de boas condições ao local em causa, defendendo a ótica do “poluidor pagador”. A prEN 16627 apresenta todos os custos referidos, apresentando custos que se relacionam com a gestão dos resíduos e solução final para estes. Apesar de todas as fontes consultadas referirem a demolição como solução de fim de vida, deverá igualmente ser considerada a hipótese de desativação do ativo.

De acordo com Langdon (2007a), a identificação dos custos relevantes para a EHC deve ser acompanhada do esclarecimento da sua ocorrência de forma repetida (e neste caso em que intervalos temporais) ou isolada, devendo existir um enquadramento temporal dos mesmos no CV, e consequentemente no período de análise definido. A definição de tais periodicidades poderá requerer a estimativa da vida funcional dos componentes da ponte, através de modelos de degradação, referindo a norma ISO 15686-5 fatores (e. g. qualidade do componente, ambiente exterior, manutenção) que influenciam a vida funcional dos componentes.

Acerca das fontes de informação para cálculo de custos, Langdon (2007a) defende que, inicialmente, os dados utilizados são dados históricos de outros ativos, sendo que com o evoluir do projeto e conhecimento de cada vez mais condições e especificações do mesmo, os custos podem ser calculados de forma mais detalhada e rigorosa, identificando o contrato de aquisição do ativo (e atribuindo ao valor do mesmo um importante impacto no CCV), como documento que define muitos dos fatores que permitem o maior nível de detalhe. NHCRP (2003), baseia a estimativa de todos os custos na experiência da agência (valores históricos), para a obtenção de boas estimativas. No caso de operações ligadas a construção, reparação, substituição e reparação, remete para a utilização de valores de referência de custo/área, custo/metro extensão ou de modelos paramétricos de estimativas de custos baseados nos mesmos parâmetros e no caso de operações de manutenção recomenda a utilização de modelos paramétricos de degradação, baseados num índice de condição da ponte (ou componentes específicos) de acordo com parâmetros como o ambiente em que se insere e o número de ciclos de carga máximos previsto.

Tabela 12 – Proposta de modelo de captação de custos

Proposta	NHCRP (2003)	ISO 15686-5		PrEN 16627
Atividade	Atividade/Custo	Atividade	Custo	Actividade/Custo
A.5.1 – Honorários de arquitetura/Projeto/Especialidades	Custos de projeto/engenharia (incluindo todos os estudos que aconteçam antes da construção da ponte entrar em concurso);	Projeto de Engenharia e especialidades; (estudos prévios de impacto ambiental estão excluídos do âmbito do CCV)	Honorários de projetos de estruturas e especialidades;	Honorários de trabalho no projeto
A.5.2 - Aquisições de terreno, expropriações e outros custos compensatórios;	Aquisições de terreno, expropriações e outros custos compensatórios;	Fora do âmbito do CCV;	-	-
A.5.3 - Instalação, construção e comissionamento	Colocação de Instalações auxiliares	Preparação do local;	Limpeza do terreno;	Trabalhos temporários de preparação do terreno e instalação
	Custos de licenciamento	Planeamento e licenciamento;	Encargos de licenciamento municipal; Processo de contratação pública	Impostos e outros custos relacionados com a permissão de construção
	Execução de acessos e construção do ativo	Construção e trabalhos no terreno;	Escavação, execução de fundações, superestrutura, acabamentos;	-
	-	-	-	Gestão e transporte de resíduos da construção
	-	Utilização de recursos e pessoal do escritório;	Gestão do processo de concurso público	Honorários de gestão de recursos e direcção
A.5.4 – Custo de acompanhamento de obra (fiscalização)	Acompanhamento de obra	-	-	Honorários de fiscalização
B1.1 – Seguro de responsabilidade civil		Operação	Seguros, Custos Regulatórios, Impostos ambientais	Custos regulatórios, seguros

Proposta	NHCRP (2003)	ISO 15686-5		PrEN 16627
Atividade	Atividade	Atividade	Custos	Custos
B2.1 – Manutenção preventiva sistemática	Manutenção e reparação - atividades programadas de manutenção com vista a manter as pontes em condições aceitáveis para a sua utilização, designadas por manutenção de rotina ou normal (e.g. limpeza, pinturas) ou reparação e substituição de componentes em estado crítico, mas que não afetam o nível aceitável de deterioração da ponte.	Manutenção preventiva (baseada na condição, prevista ou programada); Limpeza e pequenas reparações; Corretiva (correção de imprevistos, acidentes ou falhas)	Atividades de manutenção preventiva regular (e.g. manutenção de aparelhos de apoio, limpeza da estrutura); substituição de componentes de grande dimensão; Manutenção de terrenos de fundação;	Componentes e produtos auxiliares utilizados na manutenção, Honorários de trabalhadores
B2.2-MPLP – Manutenção preventiva longa periodicidade				
B2.3 – Inspeção de Rotina	Inspeção – atividades de inspeção programada ou extraordinárias (devido a eventos extraordinários como grandes impactos, detetada elevada condição de deterioração); são consideradas custos pouco relevantes e podem ser incluídas nos custos de manutenção e reparação	Inspeção cíclica (inquéritos de condição, inspeções específicas, inspeções de monitorização de condição)	-	Componentes e produtos auxiliares utilizados na manutenção, Honorários de trabalhadores, Custos de contratação de entidade exterior
B2.4 – Inspeção principal				
B2.5 – Gestão, planeamento e acompanhamento da manutenção	-	Planeamento da manutenção (agendamento, recursos, orçamentação)	Alocação de técnicos para o efeito	Custo de realização dos processos de manutenção
B3.1 – Manutenção corretiva imediata (reparação)	Substituição e reparação – atividades que incluem substituição de parte da estrutura da ponte, ou reparações de grande dimensão na ponte	Manutenção preventiva (baseada na condição, prevista ou programada); Corretiva (correção de imprevistos, acidentes ou falhas)	Substituição de bases de pilares; grandes pinturas;	Custos de contratação de entidade exterior e dos processos de reparação e substituição
B4.1 – Manutenção corretiva imediata (substituição)				

Proposta	NHCRP (2003)	ISO 15686-5		PrEN 16627
Atividade	Atividade	Atividade	Custos	Custos
C1.1- Inspeções de condição final	Demolição, remoção e remediação – remoção da estrutura da ponte e, por vezes, plano de mitigação de impactos na paisagem	Inspeções de alienação	Inspeções de condição final	-
C1.2 – Desmantelamento e demolição/desativação		Alienação e demolição	Desmontagem, alienação de materiais e limpeza do local	Operações de desmontagem, desmantelamento e/ou demolição
C2 – Transporte de resíduos de fim de vida				Transporte de materiais para local de armazenamento
C3 – Gestão de resíduos de fim de vida				Processo de gestão de resíduos
C4 – Custos de solução final para os resíduos de fim de vida		-	-	Custos de tratamento e solução final de resíduos (tratamento, inceneração ou aterro)

A norma ISO 15686-5 apresenta diferentes fontes de informação em função da fase (ou detalhe da análise) do ciclo de vida, e estabelece que o nível de detalhe do CCV deve ser semelhante ao utilizado no cálculo dos custos de aquisição do ativo. Na fase inicial do projeto, e portanto numa análise com menor detalhe, a base de dados deverá ser baseada em *benchmarking*, nomeadamente através de utilização de valores de referência de custo/área, custo/metro; à medida que o projeto evolui, e portanto a análise ganha um maior detalhe, é recomendada a estimativa de custos para componentes detalhados do sistema, com base nos custos conhecidos dos mesmos ou dados históricos de aplicações semelhantes

4.10 Passo 9 – Verificação de parâmetros financeiros e período de análise

Langdon (2007a) recomenda a verificação do período de análise definido no passo 3 à luz das definições realizadas nos passos 6 e 8, nomeadamente ao nível dos fatores chave do ativo, fatores chave e âmbito do projeto e opções a analisar na ACCV.

Ao nível dos parâmetros financeiros, deverá ser verificada a validade das opções tomadas no passo 3 e, nomeadamente ao nível de da utilização de custos reais ou nominais, utilização e quantificação da taxa de atualização, forma de tratamento da inflação e dos custos ligados a impostos diretos, bem como acerca da técnica de avaliação financeira a aplicar. O processo de revisão dos referidos parâmetros deverá ser sucedido da aplicação dos mesmos à EHC, devendo ser tida em atenção a questão da atualização de custos no tratamento de cada custo integrante. A escolha entre as duas hipóteses em causa reside por norma na ocorrência dos custos no presente ou no futuro, podendo eventualmente, desde que assinalado, optar pela atualização de custos presentes, ou pela não atualização de custos futuros.

4.11 Passo 10 – Realizar a análise económica

Langdon (2007a) prevê a materialização do modelo de custos através da computação dos elementos que o constituem, nomeadamente através de *softwares* comerciais de folhas de cálculo, ou através de *softwares* específicos de ACCV (como os referidos no ponto 3.3.6). A fonte em causa aconselha como organização a inclusão de uma primeira folha de cálculo onde devem figurar valores chave como o período de análise e taxa de atualização, folhas de cálculo com os vários custos e a sua periodicidade, e folhas com todos os elementos de custo e os valores que tomam ao longo do período de análise e folhas de cálculo com apresentação e análise de resultados. A construção do modelo deverá ser feita introduzindo nas folhas de cálculo previamente formatadas, os parâmetros chave da análise, a EHC desenvolvida, os custos e periodicidades associados, e por fim, os custos calculados como percentagem. Os resultados produzidos nesta etapa deverão ser guardados.

A norma ISO 15686-5 apresenta a recomendação de que o modelo deverá ser construído de forma parametrizada, com vista a testar várias hipóteses (possibilitando assim que a variação de um único parâmetro influencie todos os custos dependentes deste).

O passo seguinte consiste na realização da análise, cálculo do CAL e registo de resultados para posterior apresentação.

4.12 Passo 11 – Realização da análise de sensibilidade

Langdon (2007a) refere que a análise de sensibilidade deve ser realizada de acordo com os fatores identificados no passo 5. É recomendada a apresentação da variação dos parâmetros definidos em suporte gráfico, através de um “gráfico-aranha”, observável no ponto 13.2 de Langdon (2007a). A variação dos parâmetros apresenta como objetivo a definição dos limites inferior e superior dos resultados, para cada variável. Deverá ser explicitada a influência de cada um dos fatores testados. A interpretação dos resultados da análise deverá ser feita tendo as anteriores indicações em conta

Recomenda-se a aplicação de todas as medidas descritas neste ponto.

4.13 Passo 12 – Interpretar e apresentar resultados no formato acordado

Langdon (2007a) atribui grande importância à etapa de revisão de resultados. Como tal refere a necessidade de apresentar uma análise de contexto profissional aos mesmos, alertando o cliente para toda as incertezas e limitações da análise. A revisão da metodologia utilizada para avaliação do risco é fundamental, uma vez que face aos resultados obtidos, poderá ser identificada a necessidade de realização de posteriores análises de risco e/ou sensibilidade. A necessidade de nova iteração na ACCV poderá decorrer não só de eventuais falhas detetadas na revisão, como de novas sugestões ou pedidos por parte do cliente quando confrontado com os resultados iniciais da análise.

A norma IEC 60300-3-3 refere que a revisão dos resultados da análise deverão ser feitos verificando se foram corretamente interpretados e atingidos os objetivos estabelecidos para a análise, efetuando uma revisão do modelo (verificar as hipóteses assumidas e se o modelo se revelou adequado à ACCV), promovendo a precisão dos inputs do modelo, a extensão da sua aplicação e a avaliação dos resultados obtidos (discussão dos mesmos), e revendo a razoabilidade de todas as hipóteses assumidas.

Langdon (2007a) define que a apresentação de resultados inicial deverá ter um formato variável de acordo com o propósito da análise e requisitos do cliente. Nesta primeira fase de apresentação de resultados, o cliente poderá requerer simplesmente resultados em formato de tabela ou gráficos, acompanhados da análise de sensibilidade e recomendações de análises futuras. Caso seja requerida a apresentação de um relatório formal, o autor remete para a estrutura preconizada na norma ISO 15686-5 e tratada no ponto 2.4.4, nomeadamente na tabela 6.

De acordo com Langdon (2007a), antes de apresentar os resultados iniciais ao cliente, é necessário realizar uma primeira interpretação de resultados. Assim, deverão figurar nessa apresentação descrições do peso das diferentes categorias de custos, apresentação de resultados em percentagem do capital de aquisição do ativo, por fase do ciclo de vida, por elemento do ativo, etc. Caso seja requerido pelo cliente, poderá existir a necessidade de confrontar resultados históricos de ativos semelhantes com os resultados da ACCV. Uma das formas sugeridas para interpretar os resultados remete para o julgamento profissional e experiência, ou seja, apreciação de resultados por profissionais experientes. O utilizador deverá sempre ser alertado para o facto de os resultados da análise serem decorrentes de estimativas, ou seja, os resultados nunca serão tão precisos como os dados que lhe servem de base, e que a ACCV não é uma ciência exata, devendo os resultados obtidos ser considerados razoáveis e não extremamente fiáveis.

O cliente poderá requerer novas interações, com vista a aproximar os resultados das suas expectativas ou verificar diferentes cenários.

4.14 Passo 13 – Apresentação de resultados finais em formato adequado

O formato recomendado em Langdon (2007a) é baseado no formato definido na norma ISO 15686-5. Devido à extensão das indicações, o processo de construção e conteúdos a considerar no relatório final será apresentado na

Tabela 13.

De acordo com a norma ISO 15686-5, deverão ainda ser geradas evidências para auditoria futura, que deverão incluir:

- custos calculados;
- provas da vida funcional;
- fontes dos dados utilizados e validações realizadas;

- discussão sobre o âmbito da ACCV;
- cópia dos *softwares* ou modelo utilizados;

Deve ainda ser gerada, na óptica de prevenção de responsabilidades dos intervenientes na ACCV, evidência de seguros, entregas intermédias e discussões e acordos com o cliente.

De acordo com a norma IEC 60300-3-3, refere que é vantajoso em certos casos de estudo manter o modelo de CCV em atualização durante o CV do produto, com vista à atualização dos resultados da ACCV. A atualização do modelo de CV pode implicar alterações ao nível da EHC, estimativas de custos, e outras alterações. Mais informação sobre este ponto encontra-se descrita na norma ISO 15686-3.

Tabela 13 - Organização e conteúdos de relatório final (adaptado de ISO 15686-5).

Descrição do passo	Conteúdo
Sumário Executivo	Objetivos da ACCV; Hipóteses Chave assumidas; Extensão de cálculos realizados; Limitações, variabilidade e riscos considerados; Breve descrição de resultados e conclusões;
Propósito e âmbito	Âmbito e propósito acordados com o cliente; Período de análise definido; Custos incluídos e excluídos da ACCV;
Objetivos da ACCV;	Descrição dos principais objetivos da ACCV e implicações destes ao nível do detalhe e precisão da ACCV;
Ativos ou partes de ativos em análise;	Caracterização dos ativos em estudo;
Hipóteses assumidas	Descrição das hipóteses de cálculo e de previsão de comportamento de fatores intervenientes na ACCV;
Restrições e riscos identificados	Apresentação de restrições e riscos identificados, e implicações dos mesmos. Caso não tenha sido considerado risco, tal deverá ser explicitado.
Alternativas consideradas	Deverão ser explicitadas, justificadamente as alternativas consideradas em termos de materiais, sistemas construtivos ou em termos de variação de fatores chave.
Discussão e interpretação de resultados	A apresentação de resultados deverá ser feita no formato acordado com o cliente; A interpretação de resultados a apresentar deverá ser feita de acordo com as conclusões da discussão com o cliente realizada aquando da interpretação dos resultados iniciais;
Apresentação gráfica de resultados	Apresentação de acordo com os requisitos do cliente.
Plano de manutenção e substituição (se requerido)	Indicação detalhada das periodicidades e perfis de custos
Apresentação de conclusões	As principais conclusões deverão ser dirigidas aos objetivos da ACCV e devem reflectir as capacidades de análise do analista enquanto especialista da matéria em análise, ou caso necessário (ou requerido pelo cliente) um consultor externo;

5 Aplicação da metodologia a caso de estudo

O Presenta capítulo apresenta a aplicação de uma proposta de metodologia para a ACCV, num caso de estudo ligado ao sector ferroviário Nacional.

5.1 Caracterização do caso de estudo

A REFER é a empresa pública responsável pela prestação do serviço público de gestão da infraestrutura integrante da rede ferroviária Portuguesa, sendo tutelada pelos ministros ligados à área das finanças e transportes.

De entre os vários ativos tutelados pela REFER, as pontes ferroviárias representam um total 62,32 km de um total de 2838 km de linha férrea em exploração. Tal extensão traduz-se num total de 2069 pontes, estando explicito na Tabela 14 a sua quantificação do ponto de vista do material estrutural (Patrício, 2009). A ação do núcleo de pontes da REFER é dividida entre os núcleos de inspeção e manutenção. O planeamento da gestão de ativos sobre tutela da REFER é realizado no Plano de Gestão de Ativos (PGA) da empresa, sendo que o atual PGA apresenta a gestão de ativos a realizar até ao ano de 2034.

Tabela 14 - Inventário de pontes em exploração da REFER (Patrício, 2009).

Tipo de construção	Nº de pontes
Mista	47
Metálica	324
Alvenaria	850
Betão	848

5.2 Passo 1 – Propósito da ACCV

A ACCV a realizar prende-se com a aplicação do modelo de captação de custos apresentado no capítulo 4, ao conjunto de pontes em exploração pela REFER (Tabela 14), em função da fase do ciclo de vida em que estas se encontram. Trata-se de uma ACCV absoluta, uma vez que apresenta finalidade de apoiar processos de planeamento, orçamentação e contratação de investimentos em ativos construídos. A REFER pretende conhecer, por aplicação da metodologia desenvolvida, os custos associados às pontes ferroviárias que tutela, para comparação com os valores estimados no seu PGA. O conhecimento e robustez destas estimativas é fulcral no processo de tomada de decisão relativa à definição de quais as necessidades de financiamento (tarifas de exploração e subsídios relativos à política de transportes do país), que são definidas com base no mesmo.

5.3 Passo 2 – Identificar o âmbito da ACCV

A ACCV será aplicada a todas pontes do portefólio de obras de arte da REFER, com exceção das pontes em estrutura mista. Tal facto deve-se ao facto de estas representarem uma baixa percentagem do total de pontes (cerca de 2%) , e pelo facto de existir maior escassez de dados em relação às mesmas. Em função da idade das mesmas e da fase da vida útil das mesmas, serão analisadas as fases do CV correspondentes. Não existirá variação do nível de detalhe da análise, independentemente de esta se estender por fases sucessivas do CV de um ativo.

A REFER apresenta diferentes esquemas de manutenção de pontes, nomeadamente, e na terminologia da norma EN 13306 – Manutenção – Terminologia de manutenção, a manutenção preventiva sistemática (MPS), manutenção preventiva de longa periodicidade (MPLP) e a manutenção corretiva imediata (MCI). A MPS apresenta carácter periódico (anual), aplica-se a todo o tipo de pontes e é realizada pelas Brigadas de Manutenção de Pontes (BMP), encontrando-se ligada a trabalhos de manutenção de pequena dimensão (e.g. a limpeza geral de toda a estrutura, lubrificação dos aparelhos de apoio, desobstrução e limpeza do sistema de drenagem, remoção de pequenas bolsas de ferrugem ou retoques de pinturas). O objetivo deste tipo de manutenção é retardar ao máximo a degradação da ponte. A MPLP apresenta periodicidade fixa, mas que varia em função do material da ponte (não se aplica a pontes de alvenaria de pedra). Este tipo de atividade é realizada através de contratação externa inclui trabalhos como reforço de fundações, pinturas da estrutura, substituição de elementos danificados, substituição de aparelhos de apoio. A MCI apresenta carácter reativo, sendo realizada quando algum elemento da estrutura põe em causa o funcionamento em corretas condições de exploração ou segurança (surge tipicamente a seguir a acidentes ferroviários, estados climatéricos extremos, entre outros), podendo ser realizada pelas BMP ou através de contratação externa. De acordo com a norma, e também com a divisão preconizada no modelo de custos (que engloba inspeção e manutenção na fase de utilização do ativo), constituem igualmente o esquema de manutenção a Inspeção de Rotina (IR) e a Inspeção Principal (IP). A IR é realizada pelas Brigadas de Inspeção de Pontes (BIP), e compreende sobretudo a inspeção visual de todas pontes. A IP apresenta uma periodicidade de 4 anos, e é realizada por entidades externas à REFER e por equipas internas desta instituição, incluindo trabalhos como inspeções subaquáticas, batimetrias de leitos de cursos de água, nivelamento geométrico de precisão e aquisição de imagens de elementos submersos através de sonar.

A especificação de todos os custos utilizados no cálculo do CCV será explicitado no passo 8, sendo desde já importante definir que todos se encontram dentro da definição de CCV preconizada nas normas ISO 15686-5 e prEN 16627.

5.4 Passo 3 – Relação entre o CCV e a análise de sustentabilidade

O âmbito da dissertação restringe a realização da análise de sustentabilidade, uma vez que uma análise deste tipo se encontra no domínio da avaliação do CCV, avaliação na qual a ACCV se enquadra como um mecanismo de produção de resultados para auxílio no processo de tomada de decisão, a par de outro tipo de análises, que podem avaliar, entre outros itens, o impacto de determinado ativo em termos de sustentabilidade ambiental, social, entre outros.

Ressalva-se que quaisquer custos diretamente imputados ao ativo sob forma de impostos ou taxas, e de cariz ambiental ou social, deverão ser incluídos no CCV. Tal não se verifica na presente ACCV.

5.5 Passo 4 – Definição do período de análise

Uma vez que o planeamento da gestão de ativos da REFER se encontra realizado até ao ano de 2034, o período de análise será de 20 anos, desde 2014 até ao ano de 2034. O detalhe associado ao período de análise em causa é baixo, uma vez que se pretende obter uma estimativa dos encargos associados à totalidade das pontes geridas pela REFER.

Seguindo as indicações da metodologia proposta será utilizado o CAL como indicador financeiro, uma vez se pretende estudar o CCV de pontes ferroviárias. Não será realizada atualização de custos, (o PGA da REFER não foi construído com atualização de valores), ou seja, serão utilizados custos reais, mas sem atualização ao longo do período de análise. Será igualmente assumido que a carga fiscal dos valores que servirão de base à ACCV é a mesma ao longo de todo o período de análise.

5.6 Passo 5 – Necessidade de análise de risco e sensibilidade

A realização de análise de risco está excluída do âmbito desta dissertação.

A realização de análise de sensibilidade, foi também excluída, embora se destaque que dados considerados são só por si aproximados, e como tal, a incerteza associada aos resultados é elevada.

5.7 Passo 6 – Identificar os requisitos do projeto e parâmetros chave do activo

O projeto em causa apresenta como objetivo a garantia das condições necessárias de segurança e funcionalidade por forma a permitir a utilização de pontes ferroviárias tuteladas pela REFER para a travessia de transporte ferroviário (passageiros e carga).

A garantia deste serviço apresenta custos, ao longo de todas as fases do CV das pontes, que se prendem com fatores chave relatados na Tabela 15.

Acerca dos requisitos de performance, na presente ACCV não se pretende estudar cenários alternativos de desempenho, pelo que não são definidos requisitos de performance para os ativos em estudo.

Os parâmetros chave definidos estão compreendidos no âmbito definido no passo 2 para a análise.

Tabela 15 - Parâmetros chave de pontes ferroviárias.

Parâmetro chave	Influência
Material da ponte (alvenaria de pedra, betão armado, estrutura metálica, estrutura mista);	Os custos de todas as fases do ciclo de vida , e nomeadamente da fase de utilização variam em função do tipo de material da ponte (as pontes de alvenaria de pedra apresentam um esquema de manutenção distinto das pontes nos restantes materiais)
Ambiente circundante	Os diferentes ambientes (agrícola, industrial, marítimo, urbano), e as diferentes agressões que proporcionam interferem nos ciclos de manutenção.
Extensão da ponte	Os custos de aquisição, utilização e fim de vida variam em função da extensão da ponte (tipicamente os limites prendem-se com 25, 50 ou mais de 100 metros de extensão)
Número de vias da ponte	Os custos de aquisição, utilização e fim de vida variam em função do número de vias da ponte

A análise do parâmetro “Ambiente circundante” foi excluída devido à impossibilidade de classificar a totalidade dos ambientes em que as pontes se inserem. Todos os parâmetros chave da ACCV definidos até agora (período de análise, divisão em fases, custos a incluir ou excluir, método de avaliação financeira e ciclos de manutenção) definidos previamente confirmam-se.

5.8 Passo 7 – Identificar as opções a incluir na ACCV

Dado o âmbito anteriormente estabelecido para a ACCV, não existem opções em análise na ACCV a realizar.

5.9 Passo 8 – Compilar custos relevantes para a ACCV

Devido a limitações dos dados disponibilizados, o modelo de captação de custos não será integralmente aplicado (aplicação de 10 categorias num total de 21), sendo a aplicação do modelo em toda a sua extensão remetida para desenvolvimento futuros do tema. A Tabela 16, apresenta o modelo de captação de custos, bem como quais as categorias aplicadas. Com vista a simplificar a compreensão do cálculo efetuado, a explicação das categorias de custo do modelo de captação serão explicitadas separadamente, de acordo com as três fases preconizadas no mesmo. Salva-se desde já que o cálculo dos custos foi feito de forma expedita e apenas com o detalhe relevante para o conhecimento dos custos associados ao portefólio de pontes até ao ano 2034. Todos os dados utilizados nesta ACCV têm por base dados fornecidos pela REFER, decorrentes de custos reais recolhidos na sua actividade.

Tabela 16 - Categorias de custo consideradas no modelo de captação de custos, extensão da sua aplicação e representação das mesas no PGA.

Fase do CV	% de Aplicação	Codificação	Designação	Aplicação na ACCV	Aplicação no PGA
Construção – A5	75% (3/4)	A.5.1	Honorários de arquitetura/Projeto / Especialidades	Sim	Sim
		A.5.2	Aquisições de terreno, expropriações e outros custos compensatórios;	Não	Não
		A.5.3	Instalação, construção e comissionamento	Sim	Sim
		A.5.4	Custo de acompanhamento de obra (fiscalização)	Sim	Sim
Utilização – B1 A 7	50%(6/12)	B1.1	Seguro de responsabilidade civil	Sim	Não
		B2.1	Manutenção preventiva sistemática	Sim	Não
		B2.2	Manutenção preventiva longa periodicidade	Sim	Sim
		B2.3	Inspeção de Rotina	Sim	Não
		B2.4	Inspeção principal	Sim	Não
		B2.5	Gestão, planeamento e acompanhamento da manutenção	Sim	Não
		B3.1	Manutenção corretiva imediata (substituição)	Não	Não
		B4.1	Manutenção corretiva imediata (reparação)	Não	Não
		B3.2	Gestão, planeamento e acompanhamento de atividades de reparação	Não	Não
		B4.2	Gestão, planeamento e acompanhamento de atividades de substituição	Não	Não
		B6.1	Utilização de energia na operação	Não	Não
B7.1	Utilização de água na operação	Não	Não		
Fim De Vida – C1 A 4	20%(1/5)	C1.1	Inspeções de condição final	Sim	Não
		C1.2	Desmantelamento e demolição/descativação	Não	Não
		C2	Transporte de resíduos de fim de vida	Não	Não
		C3	Gestão de resíduos de fim de vida	Não	Não
		C4	Custos de solução final para os resíduos de fim de vida	Não	Não

a) Fase de construção (A5)

De acordo com os dados recolhidos, optou-se por agregar o custo associado às várias categorias da fase de construção (A5) assinaladas na Tabela 16 num só custo de referência, em função do número de vias da ponte, e do material que a constitui (obtiveram-se dados somente acerca dos custos de substituição associados às pontes de betão e de estrutura metálica, considerando-se, que não existe substituição das pontes de alvenaria). Os custos em causa foram obtidos diretamente junto da REFER, e são apresentados na

Tabela 17. Os custos em causa apresentam uma distribuição temporal semelhante à que a REFER tem em conta no seu PGA.

Tabela 17 - Custos da fase de construção

Extensão	Nº de vias			
	1 (u.m./ml)	2 (u.m./ml)	4 (u.m./ml)	8 (u.m./ml)
Extensão superior ou igual a 25 metros	160	220	380	900
Extensão inferior a 25 metros	220	280	600	-

b) Fase de utilização (B1 a 7)

O seguro de responsabilidade (B1) civil da REFER é resultante de um custo anual de 600 0 u.m., o que se traduz num custo de 0,0017 u.m./ml.

O custo da MPS (B2.1) foi admitindo que as equipas das BMP são constituídas por um técnico, um supervisor e 3 operadores. As remunerações horárias dos membros das BIP são as dispostas na Tabela 18.

Tabela 18 - Remuneração dos membros das BMP.

Função	Remuneração horária (u.m./hora)
Técnico	0,37
Supervisor	0,26
Operador	0,14

O valor do custo por metro linear de ponte das atividades de manutenção (B2.1) anual foi obtido tendo por base uma expedição realizada a um conjunto de pontes. Com base na constituição das equipas, duração da expedição e extensão total de pontes alvo de manutenção, obteve-se o valor de 0,0027 (u.m./ml). Os custos ligados ao equipamento e materiais necessários à realização das atividades de MPS são orçamentados em 20% do custo dos trabalhos da categoria B2.1, ou seja, um valor de 0,0055 (u.m./ml), o que perfaz um total de 0,0033 (u.m./ml).

O custo da MPLP (B2.2-MPLP) foi calculado com base em dados fornecidos, e com a periodicidade assumida no PGA. Este custo entra em linha de conta com os custos associados aos procedimentos de contratação de entidades externas.

É importante referir que para o caso das pontes em estrutura metálica, são consideradas intervenções de pintura e as denominadas “grandes intervenções” com as periodicidades patentes na Tabela 19.

O custo das IR (B2.3-IR) foi calculado com base em dados fornecidos. Recordar-se que as equipas das BIP são constituídas por um técnico, um supervisor e 3 encarregados. As remunerações horárias dos membros das BIP são as dispostas na Tabela 20.

O valor do custo por metro linear de ponte das atividades de inspeção (B2.3-IR) foi obtido tendo por base uma expedição realizada a um conjunto de pontes da REFER. Com base na constituição das equipas, duração da expedição e extensão total de pontes inspecionadas obteve-se o valor de 0,19 u.m./ml. Os custos ligados ao equipamento e materiais necessários à realização das atividades de IR são orçamentados pela REFER em 20% do custo dos trabalhos da categoria B2.3-IR, ou seja, um valor de 0,38 u.m./ml, o que perfaz um total de 0,23 u.m./ml.

Tabela 19 - Custo das operações de MPLP por metro linear de extensão.

Pontes em estrutura metálica							
Atividade	Extensão	Nº de vias					
		1 (1 vão)	1 (mais de 1 vão)	2 (1 vão)	2 (mais de 1 vão)	4	8
Pintura	Extensão superior ou igual a 100 metros	25 u.m./ml		50 u.m./ml		-	-
	Extensão inferior a 100 metros	20 u.m./ml		40 u.m./ml		-	-
Grande intervenção	Extensão superior ou igual a 100 metros	80 u.m./ml		120 u.m./ml		-	-
	Extensão inferior a 100 metros	45 u.m./ml	80 u.m./ml	70 u.m./ml	120 u.m./ml	-	-
Pontes em betão armado							
Grande intervenção	Qualquer extensão	10 u.m./ml		13 u.m./ml		20 u.m./ml	35 u.m./ml

Tabela 20 - Remuneração dos membros das BIP.

Função	Remuneração horária (u.m./hora)
Técnico	0,36
Supervisor	0,26
Encarregado	0,15

As atividades consideradas na categoria de Inspeção Principal (B2.4) constituem apenas a consideração de atividades de nivelamento geométrico de precisão. Tal consideração permite aplicar o modelo de forma pouco complexa (a consideração das demais atividades obrigaria a uma triagem para distinguir as pontes de viadutos, uma vez que só as primeiras são alvo das restantes atividades incluídas na IP). A obtenção do custo da IP foi efetuado através da assunção da ocorrência de IP em 25% das pontes do portefólio da REFER, uma vez que a periodicidade das atividades de IP é de 4 anos. A obtenção do custo por metro linear de extensão foi obtido de forma aproximada, sendo multiplicado o valor estimado para o custo das atividades de nivelamento geométrico de precisão (17 u.m.) pelo total de 2069 pontes do portefólio, o que corresponde a um valor de 35173 u.m., sendo que este valor foi dividido pela extensão total de pontes (63,32 km), sendo assim obtido um valor de custo de IP (B2.4) de 0,56 u.m./ml.

É necessário ter igualmente em conta os custos relativos ao planeamento de atividades de manutenção (B2.5). Estes trabalhos são quantificados através do custo de alocação de um técnico em cerca de 40 horas mensais ao planeamento e análise de resultados de inspeções. Com base nos fatores referidos para a obtenção do valor por metro linear de custo das atividades de manutenção (B2.1), obtém-se um valor de 0,01 u.m./ml.

c) Fase de fim de vida

Observou-se que o procedimento recorrente no fim de vida das pontes ferroviárias consiste em proceder à desativação das mesmas no local, mantendo-se a prática de IR, com vista a assegurar que os ativos em causa não constituem perigo para a sociedade, sendo realizadas reparações pontuais aos mesmos, quando necessário. Na categoria C1.1 e C1.2 consideram-se apenas valores de atividades de IR, no valor de 0,23 u.m./ml.

5.10 Passo 9 – Verificação de parâmetros financeiros e período de análise

Definidos os custos dos que servirão de base à ACCV, bem como a sua periodicidade, é necessário compreender se o período de análise é adequado. No presente caso, visto que o período de análise abrange todas as pontes do portefólio da REFER, e visto que estas se encontram em diferentes fases do CV, não é limitador da ocorrência de quaisquer custos calculados no ponto 8; tal conclusão é coerente com o propósito e detalhe da análise, uma vez que esta abrange não um ativo em específico, mas um grande conjunto de ativos.

Acerca da técnica de avaliação financeira, o CAL, verifica-se a sua adequabilidade, uma vez que permite compilar os encargos anuais e totais dos ativos alvo de análise, e portanto atingir os objetivos estabelecidos para a ACCV.

5.11 Passo 10 – Realizar a análise económica

Seguindo as indicações da metodologia desenvolvida, a análise económica foi realizada em *Microsoft Excel*. Toda a EHC foi introduzida de forma parametrizada, para que todas as alterações que eventualmente sejam necessárias ao longo do processo de ACCV se repercutam em todos os resultados da mesma.

Após a introdução dos dados recolhidos, foi produzida a informação relativa à ACCV que se pretendia realizar, sendo os mesmos recolhidos sob a forma de tabela e em suporte gráfico.

5.12 Passo 11 – Realização de análise de sensibilidade

Como justificado anteriormente no passo 5, não há lugar à realização de análise de sensibilidade

5.13 Passo 12 – Interpretar e apresentar resultados em formato adequado

De acordo com a metodologia desenvolvida há, no passo 12, lugar à revisão da ACCV. Esta revisão é feita através da verificação do cumprimento dos objetivos estabelecidos para a ACCV, nomeadamente acerca da adequabilidade do modelo e validade das hipóteses assumidas.

Os objetivos estabelecidos para a ACCV constituem o conhecimento, por aplicação da metodologia desenvolvida nesta dissertação, dos custos associados às pontes ferroviárias tuteladas pela REFER, para comparação com os valores patentes no atual PGA da mesma organização. O cumprimento dos objetivos em causa verifica-se, uma vez que o modelo de captação de custos e análise levada a cabo permitiram a obtenção de tais valores, apresentados abaixo. É igualmente possível atestar a validade da ACCV e o cumprimento dos objetivos estabelecidos para a mesma através da avaliação da adequabilidade do modelo de captação de

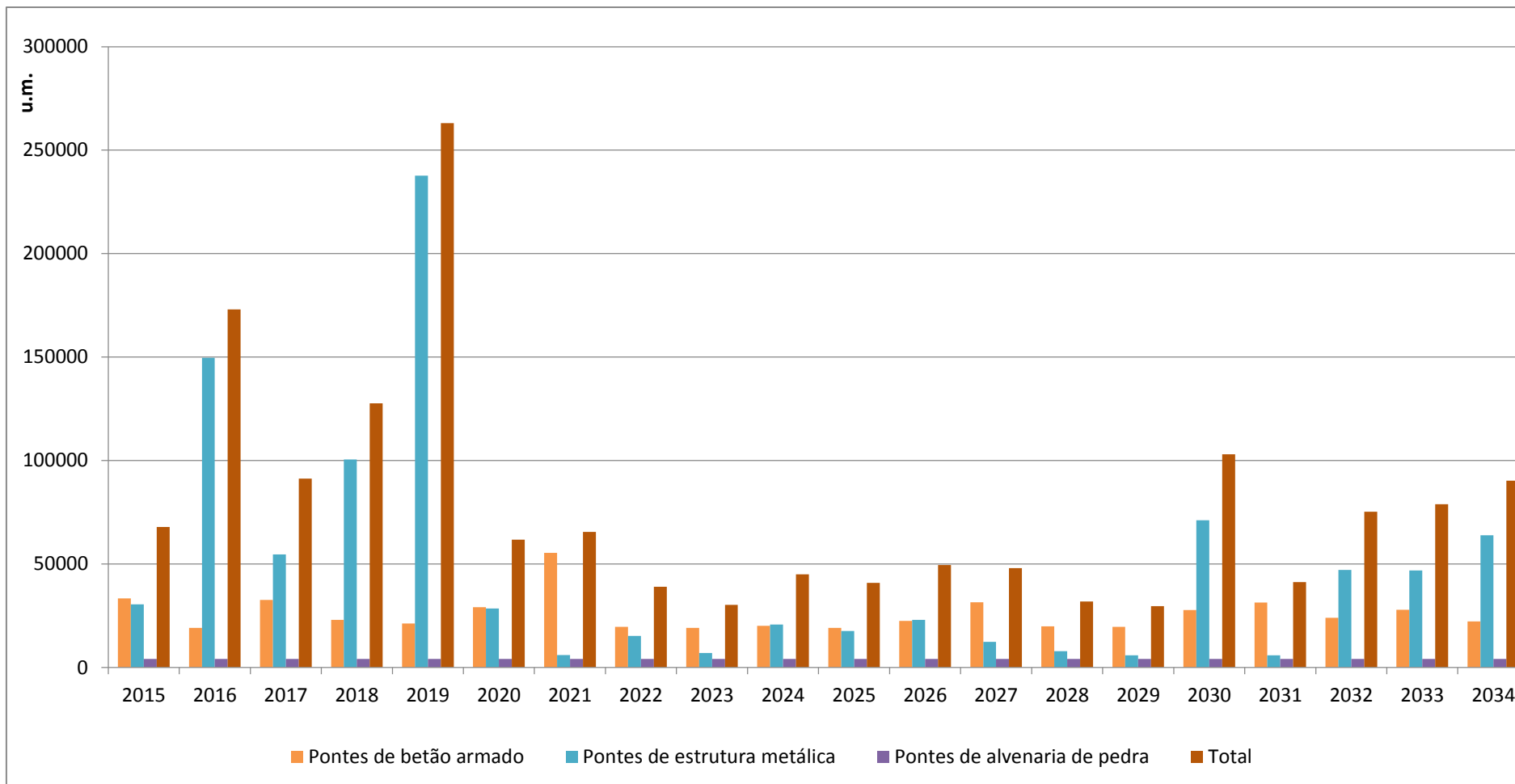


Gráfico 1 - Representatividade no CCV, em valor absoluto, por material de ponte, face à parcela anual total do CCV.

custos; sobre este ponto verificou-se que a aplicação do modelo não foi possível em toda a sua extensão, mas que, mesmo dentro das limitações de dados de base que se verificaram no trabalho em causa, foi possível obter diferenças significativas face aos encargos previstos no PGA, como mostram as Tabelas 22, 24 e 26.

Apresentam-se seguidamente nas Tabelas 21 a 32 os resultados da ACCV, seguindo as diretrizes de apresentação dos mesmos referidas no passo 13 da metodologia proposta, separados em função do material constituinte da ponte. O Gráfico 1 representa a relevância no CCV, em valor absoluto, por material estrutural de ponte, face à parcela anual total do CCV.

a) Pontes em betão armado

Por análise da Tabela 21 é perceptível que a fase de utilização é aquela na qual se centrarão os encargos das pontes ferroviárias de betão armado, até ao ano de 2034. Na mesma medida em que a fase de utilização se destaca, a fase de fim de vida apresenta um custo praticamente desprezível. Tal facto poder-se-á dever à não aplicação das categorias C1.2 a C1.4.

Dentro da fase de utilização a categoria B2.1-MPS apresenta um maior destaque do que as restantes, sendo seguida pelas categorias B2.3-IR e B2.4, apresentando-se estas como as categorias que apresentam uma maior contribuição para os encargos da fase de utilização. É importante realçar que a categoria B2.2-MPLP apresenta uma periodicidade variável (em função dos fatores anteriormente descritos), ao passo que as categorias B2.1-MPSe B2.3-IR apresentam uma periodicidade anual.

Verificam-se na análise do Gráfico 2 as ilações obtidas ao analisar a Tabela 21, verificando-se por um lado a periodicidade anual das categorias B2.1-MPSe B2.3-IR, e por outro, apesar de não apresentar uma periodicidade de ocorrência simultânea na generalidade das pontes, a categoria B2.2-MPLP acaba por definir quais são os anos em que é expectável a ocorrência de picos de custos, nomeadamente os anos 2015, 2017, 2021 e 2031. Por outro lado, apesar de em termos acumulados representar apenas 4.21%, a fase de construção apresenta algum destaque, originando, quando combinada com a categoria B2.2-MPLP incrementos de tal forma significativos que originam picos de custos nos anos de 2027, 2030, 2032. A análise do Gráfico 3 permite constatar que no caso das pontes de betão armado, se verifica uma predominância de influência nos encargos anuais por parte das pontes com extensão superior a 100 metros (tal deve-se ao facto de a maioria das pontes de estrutura metálica possuírem vão de dimensão superior a 100 metros). A análise do Gráfico 4 aponta uma maior relevância de custos associada às pontes de 2 vias, embora na maioria dos anos se verifique uma discrepância reduzida entre os custos associados às pontes de 2 vias e de 1 via.

A análise da Tabela 22 permite verificar que a maioria das categorias aplicadas na realização da ACCV não são consideradas no PGA, nomeadamente as categorias de maior relevância (B2.1-MPSe B2.3-IR), verificando-se que apenas 26,5 % da totalidade de custos apurados na ACCV figuram no PGA.

Tabela 21 - Peso das diferentes fases do CV e categorias de custo em pontes de betão armado.

Categoria	% Total	Valor absoluto (u.m.)
A.5.1 a A.5.4 - Construção	4,34%	22 513
A.5.1 - Honorários de arquitectura/Projecto / Especialidades	4,34%	22 513
A.5.3 - Instalação, construção e comissionamento		
A.5.4 - Custo de acompanhamento de obra (fiscalização)		
A.5.2 - Aquisições de terreno, expropriações e outros custos compensatórios;	0,00%	0
B1.1 a B4.2 - Utilização	95,64%	495 803
B1.1 - Seguro de Responsabilidade Civil	0,20%	1 025
B2.1-MPS	38,22%	198 122
B2.2-MPLP-MPLP	21,76%	112 785
B2.3-IR	26,46%	137 174
B2.4-IP	7,79%	40 375
B2.5-Gestão e planeamento	1,22%	6 322
B3.1 - Manutenção correctiva imediata (reparação)	0,00%	0
B3.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de reparação	0,00%	0
B4.1 - Manutenção correctiva imediata (substituição)	0,00%	0
B4.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de substituição	0,00%	0
C1.1 a C4 -Fim de vida	0,01%	72
C1.1 - Inspeções após desactivação	0,01%	72
C1.2 - Desmantelamento e demolição/desactivação	0,00%	0
C2 - Transporte de resíduos de fim de vida	0,00%	0
C3 - Gestão de resíduos de fim de vida	0,00%	0
C4 - Custos de solução final para os resíduos de fim de vida	0,00%	0

Tabela 22 - Comparação entre os resultados da ACCV e o PGA, em pontes de betão armado.

Categoria	ACCV		PGA	
	Aplicação	% CCV	Aplicação	Diferença (% ACCV)
A.5.1 - Honorários de arquitectura/Projecto / Especialidades	Sim	4,34%	Sim	0,00%
A.5.3 - Instalação, construção e comissionamento	Sim		Sim	0,00%
A.5.4 - Custo de acompanhamento de obra (fiscalização)	Sim		Sim	0,00%
A.5.2 - Aquisições de terreno, expropriações e outros custos compensatórios;	Não	0,00%	Não	0,00%
B1.1 - Seguro de Responsabilidade Civil	Sim	0,20%	Não	-100,00%
B2.1-MPS	Sim	38,22%	Não	-100,00%
B2.2-MPLP	Sim	21,76%	Sim	0,00%
B2.3-IR	Sim	26,46%	Não	-100,00%
B2.4-IP	Sim	7,79%	Não	-100,00%
B2.5-Gestão e planeamento	Sim	1,22%	Não	-100,00%
B3.1 - Manutenção correctiva imediata (reparação)	Não	0,00%	Não	0,00%
B3.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de reparação	Não	0,00%	Não	0,00%
B4.1 - Manutenção correctiva imediata (substituição)	Não	0,00%	Não	0,00%
B4.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de substituição	Não	0,00%	Não	0,00%
C1.1 - Inspeções após desactivação	Sim	0,01%	Não	-100,00%
C1.2 - Desmantelamento e demolição/desactivação	Não	0,00%	Não	0,00%
C2 - Transporte de resíduos de fim de vida	Não	0,00%	Não	0,00%
C3 - Gestão de resíduos de fim de vida	Não	0,00%	Não	0,00%
C4 - Custos de solução final para os resíduos de fim de vida	Não	0,00%	Não	0,00%

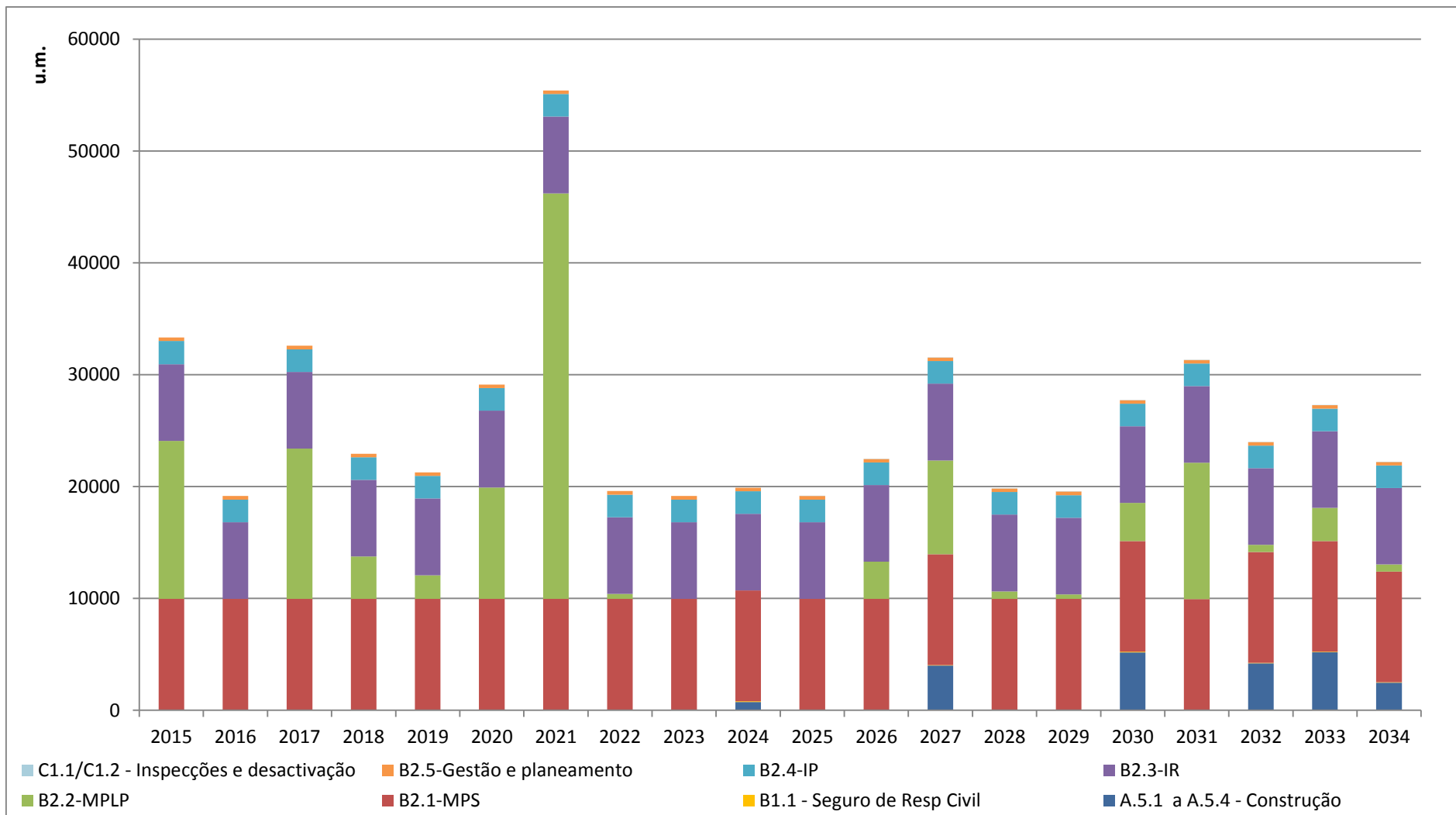


Gráfico 2 - Encargos anuais por categoria de custo em pontes de betão armado.

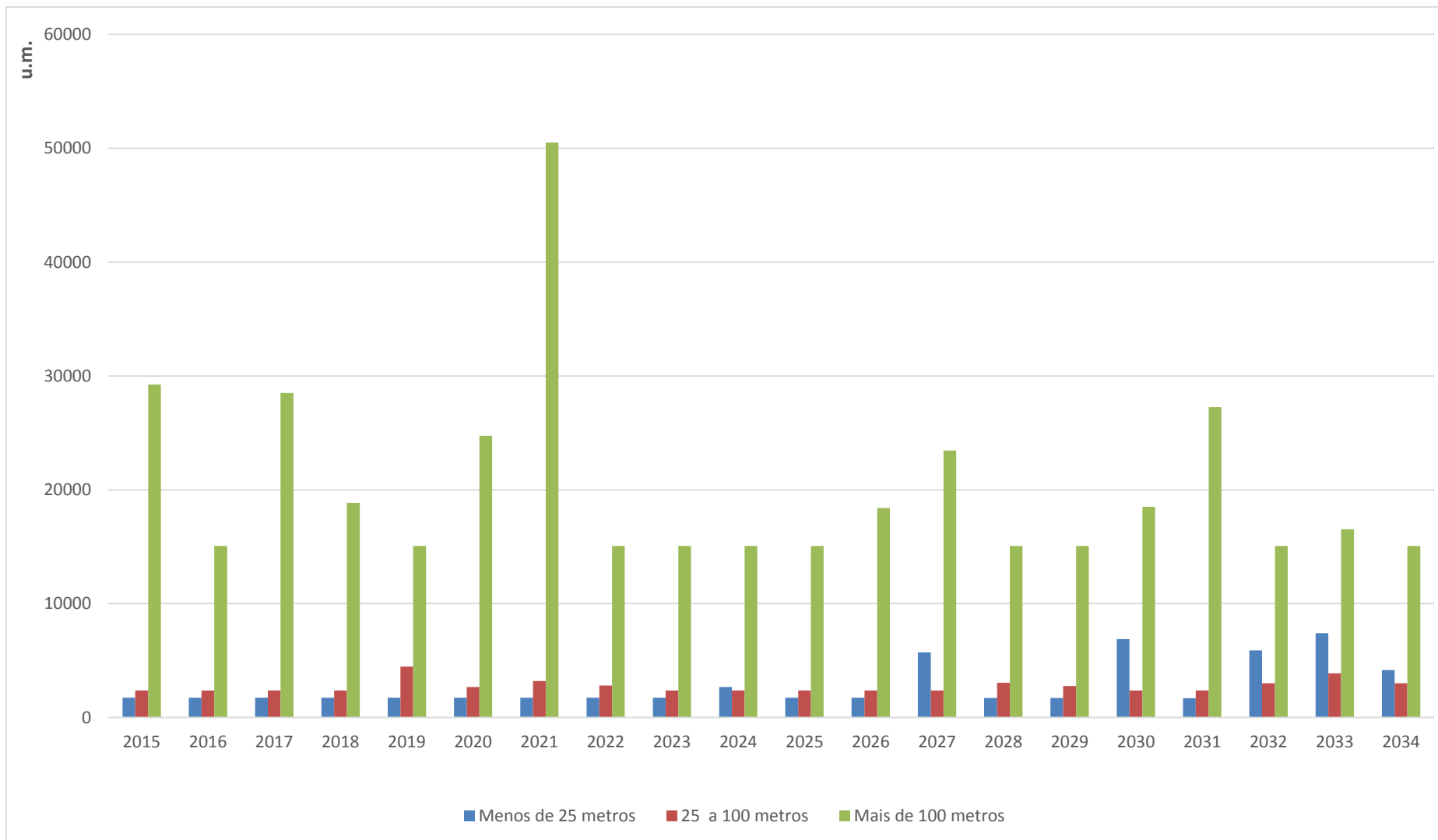


Gráfico 3 - Encargos anuais por intervalo de dimensão de ponte, em pontes de betão armado.

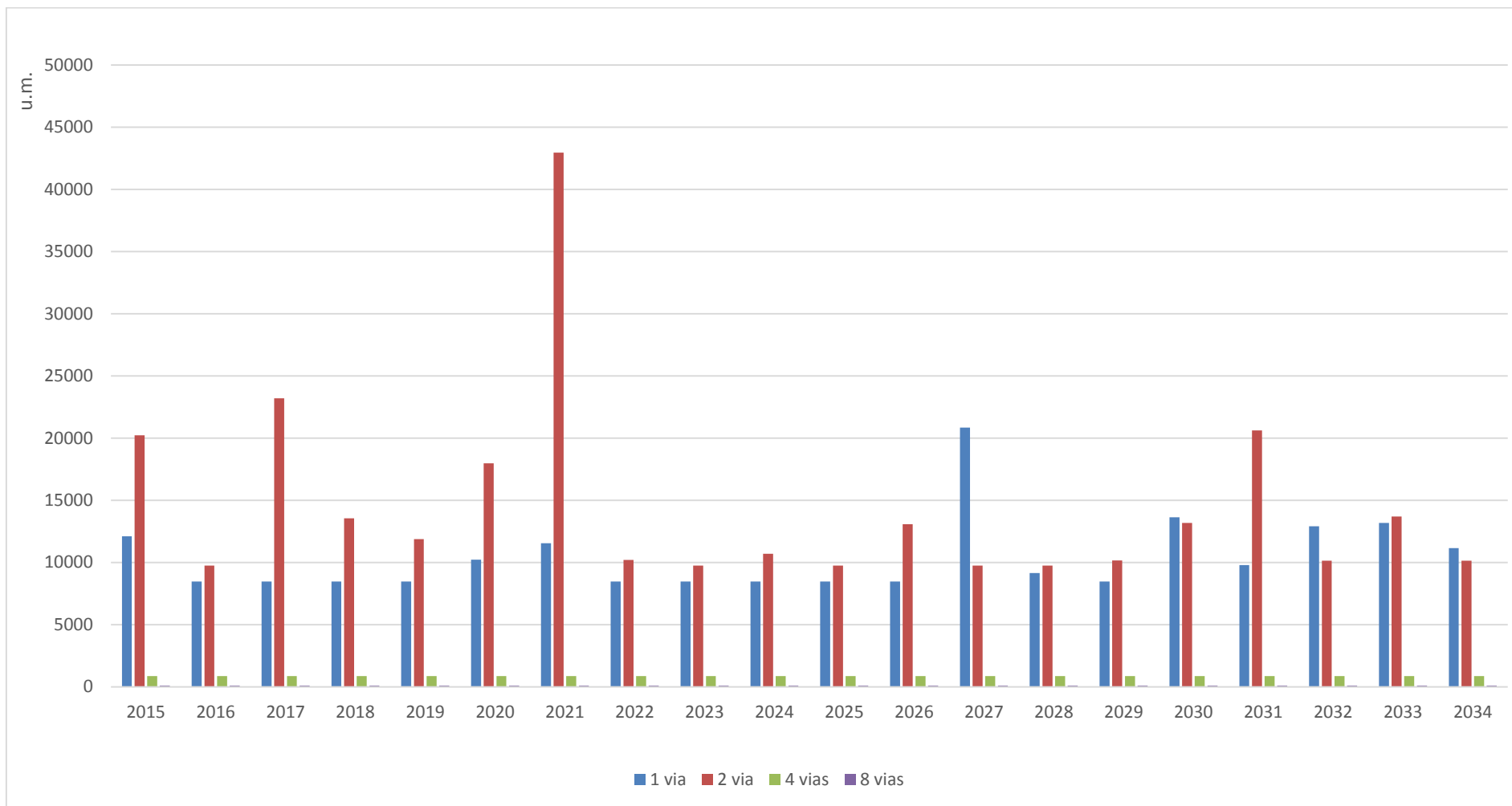


Gráfico 4 - Encargos anuais por número de vias de ponte, em pontes de betão armado

b) Pontes em estrutura metálica

Tabela 23 - Peso das diferentes fases do CV e categorias de custo em pontes de estrutura metálica.

Categoria	% Total	Valor absoluto (u.m.)
A.5.1 a A.5.4 - Construção	61,90 %	589 090
A.5.1 - Honorários de arquitectura/Projecto / Especialidades	61,90 %	589 090
A.5.3 - Instalação, construção e comissionamento		
A.5.4 - Custo de acompanhamento de obra (fiscalização)		
A.5.2 - Aquisições de terreno, expropriações e outros custos compensatórios;	0,00%	0
B1.1 a B4.2 - Utilização	35,00 %	333 081
B1.1 - Seguro de Responsabilidade Civil	0,02%	222
B2.1-MPS	4,51%	42 953
B2.2-MPLP	25,62 %	243 781
B2.3-IR	3,12%	29 739
B2.4-IP	1,58%	15 015
B2.5-Gestão e planeamento	0,14%	1 371
B3.1 - Manutenção correctiva imediata (reparação)	0,00%	0
B3.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de reparação	0,00%	0
B4.1 - Manutenção correctiva imediata (substituição)	0,00%	0
B4.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de substituição	0,00%	0
C1.1 a C4 -Fim de vida	3,10%	29 510
C1.1 - Inspeções após desactivação	3,10%	29 510
C1.2 - Desmantelamento e demolição/desactivação	0,00%	0
C2 - Transporte de resíduos de fim de vida	0,00%	0
C3 - Gestão de resíduos de fim de vida	0,00%	0
C4 - Custos de solução final para os resíduos de fim de vida	0,00%	0

Por análise da Tabela 23 é perceptível que a fase de construção é a mais relevante até ao ano de 2034, ao passo que a fase de fim de vida aquela que apresenta menor destaque.

Os dados fornecidos não permitem o conhecimento de quais as categorias definidas para a fase de construção que apresentam maior relevo, mas tendo em conta que as atividades associadas a esta fase são realizadas em *outsourcing*, a falta de detalhe não compromete a análise. Dentro da fase de utilização a categoria B2.2-MPLP destaca-se, apesar do destaque verificado para fase de construção, uma vez que a construção de novas estruturas implica que as atividades de MPLP a decorrer associadas a estas não sejam contabilizadas, uma vez que as estruturas em causa não constam ainda da base de dados que serve de base à ACCV.

Verifica-se na análise Gráfico 5 as ilações obtidas ao analisar a Tabela 23, uma vez que os picos de custo correspondem ao acontecimento de grandes concentrações de atividades associadas à fase de construção e à categoria B2.2-MPLP., verificando-se que os picos de custos ocorrem

nos anos 2016, 2018 e 2019. É importante verificar que por um lado, a ocorrência de picos de custos não requer que ambas as categorias em destaque provoquem grandes concentrações de custos, e por outro lado, nos anos em que não foram identificados picos, não deixam de ser relevantes as referidas categorias, sendo superior a incidência da fase de construção. A relevância dos custos ligados à fase de construção deve-se ao facto de a análise realizada ter por base a hipótese de que cada vez que uma ponte vence a sua vida útil e é desactivada, uma nova ponte, com as mesmas características, é construída. A análise do Gráfico 6 permite compreender que até ao ano de 2020 a maior parte dos custos se encontra relacionado com as pontes de dimensão superior a 100 metros (tal deve-se ao facto de a maioria das pontes de estrutura metálica possuírem vão de dimensão superior a 100 metros); verifica-se que essa predominância cessa a par da redução da ocorrência das atividades da fase de construção (A5) e também da categoria B2.2-MPLP (anos 2016 e 2019), sendo que nos anos compreendidos entre 2021 e 2031, não existe predominância de nenhuma das categorias de pontes definidas, ao passo entre os anos 2032 e 2034 predominam na contribuição para os encargos as duas categorias de extensão mais reduzida, e com contribuição semelhante. A análise do Gráfico 7 associa às pontes de estrutura metálica de 1 via a maior incidência de custos, o que é justificado, uma vez que estas representam cerca de 78% do total de ponte de estrutura metálica.

A análise da Tabela 24 permite verificar que a maioria das categorias aplicadas na realização da ACCV não são consideradas no PGA, verificando-se no entanto que as categorias de maior relevância (A.5 e B2.2-MPLP) são consideradas no mesmo, cobrindo cerca de 87,52% dos custos captados na ACCV.

Tabela 24 - Comparação entre os resultados da ACCV e o PGA, em ponte em estrutura metálica.

Categoria	ACCV		PGA	
	Aplicação	Peso no CCV (%)	Aplicação	Diferença (%)
A.5.1 - Honorários de arquitectura/Projecto / Especialidades	Sim	61.90%	Sim	0,00%
A.5.3 - Instalação, construção e comissionamento	Sim		Sim	0,00%
A.5.4 - Custo de acompanhamento de obra (fiscalização)	Sim		Sim	0,00%
A.5.2 - Aquisições de terreno, expropriações e outros custos compensatórios;	Não	0,00%	Não	0,00%
B1.1 - Seguro de Responsabilidade Civil	Sim	0,02%	Não	100,00%
B2.1-MPS	Sim	4,51%	Não	100,00%
B2.2-MPLP	Sim	25,62%	Sim	0,00%
B2.3-IR	Sim	3,12%	Não	100,00%
B2.4-IP	Sim	1,58%	Não	100,00%
B2.5-Gestão e planeamento	Sim	0,14%	Não	100,00%
B3.1 - Manutenção correctiva imediata (reparação)	Não	0,00%	Não	0,00%
B3.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de reparação	Não	0,00%	Não	0,00%
B4.1 - Manutenção correctiva imediata (substituição)	Não	0,00%	Não	0,00%
B4.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de substituição	Não	0,00%	Não	0,00%
C1.1 - Inspeções após desactivação	Sim	3,10%	Não	100,00%
C1.2 - Desmantelamento e demolição/desactivação	Não	0,00%	Não	0,00%
C2 - Transporte de resíduos de fim de vida	Não	0,00%	Não	0,00%
C3 - Gestão de resíduos de fim de vida	Não	0,00%	Não	0,00%
C4 - Custos de solução final para os resíduos de fim de vida	Não	0,00%	Não	0,00%

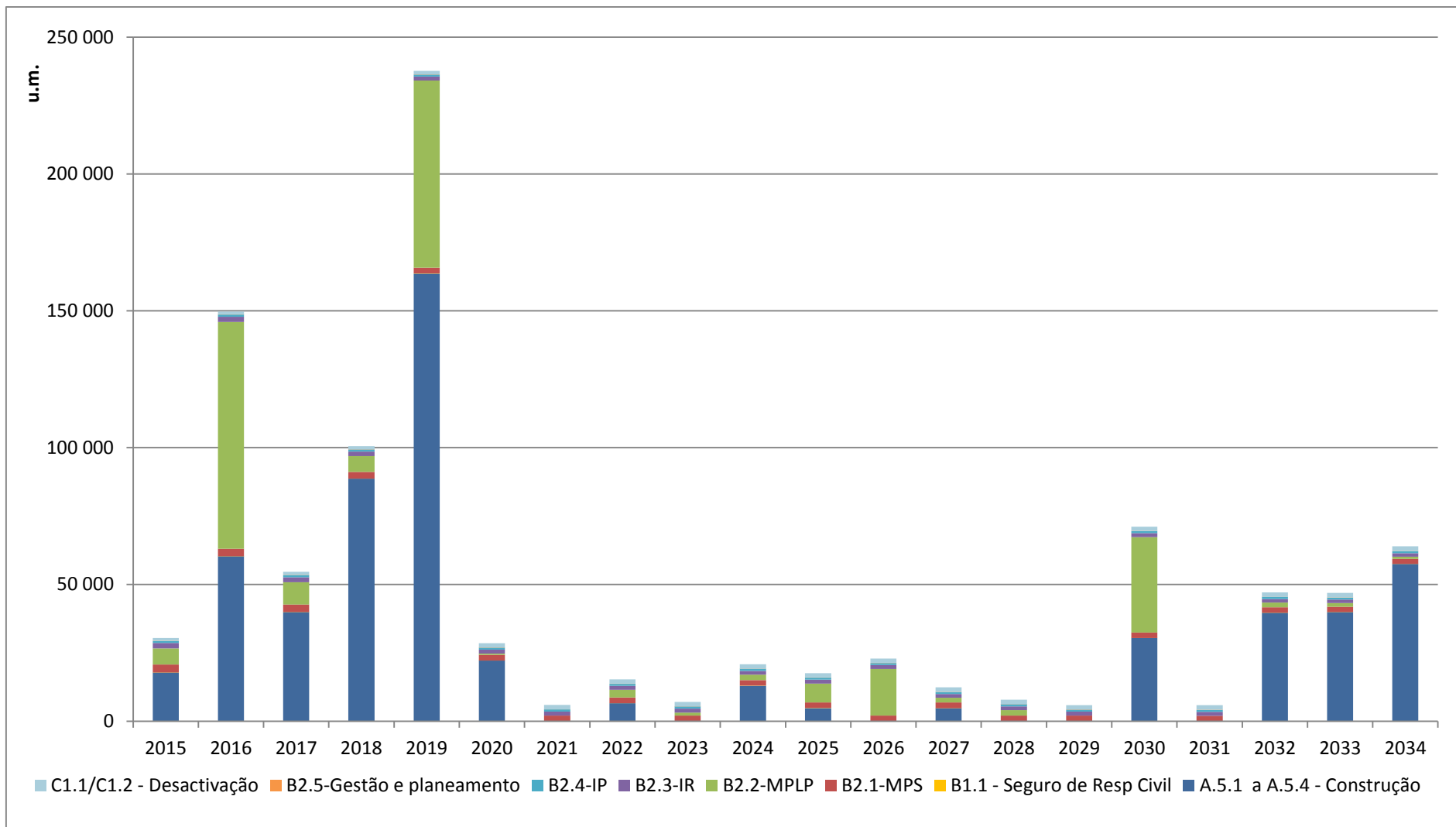


Gráfico 5 - Encargos anuais por categoria de custo em pontes de estrutura metálica.

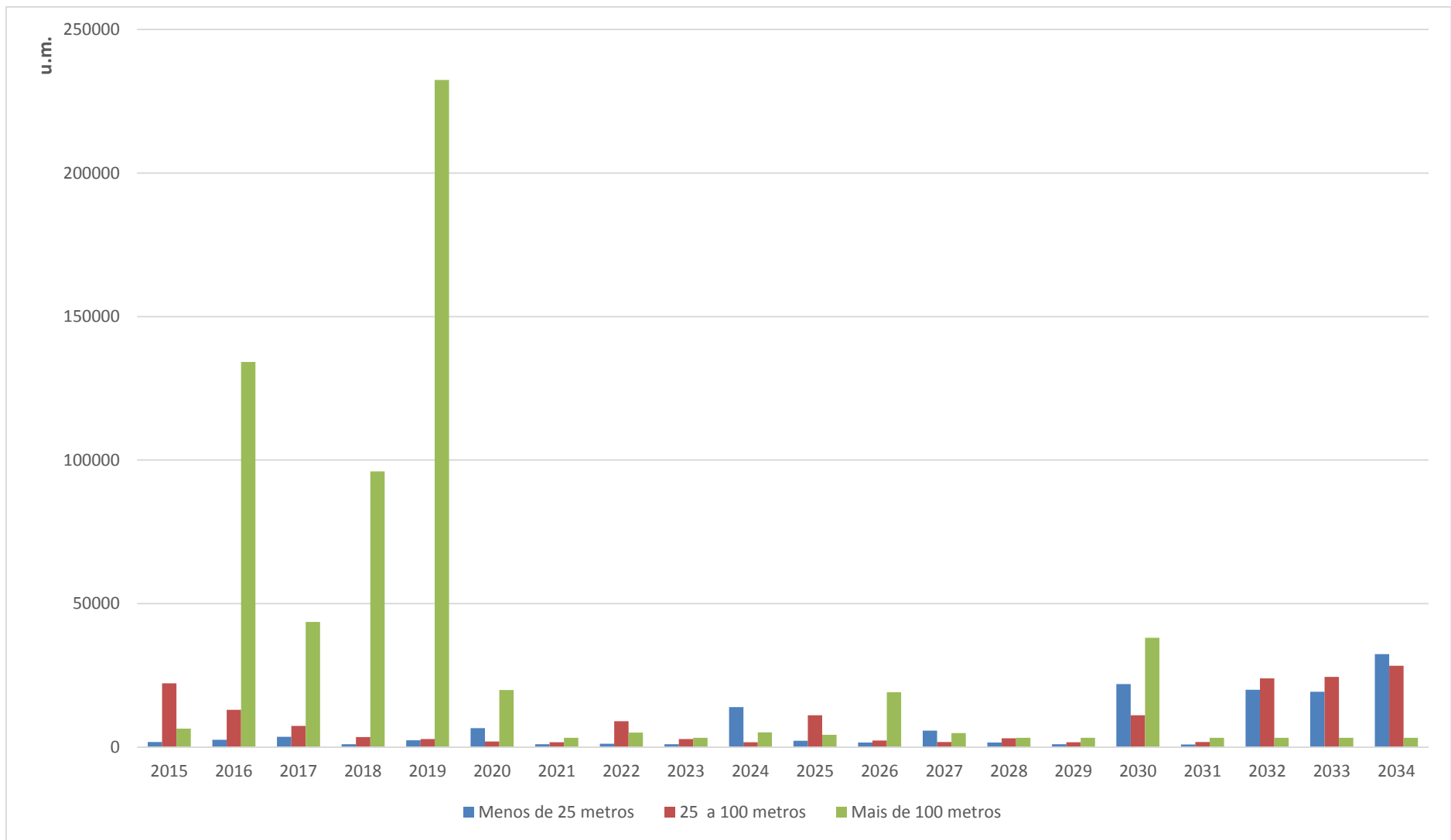


Gráfico 6 - Encargos anuais por intervalo de extensão de pontes em estrutura metálica

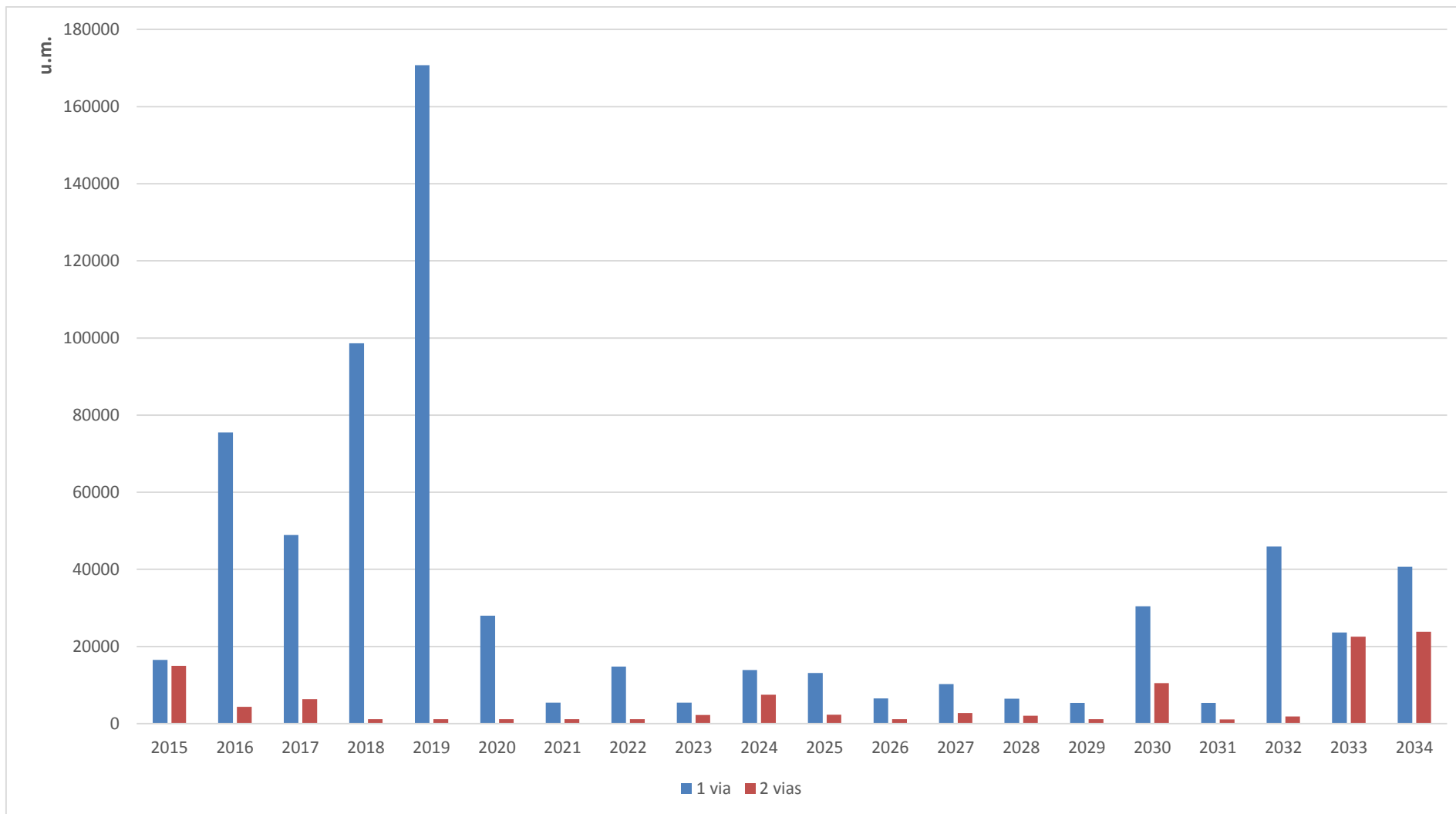


Gráfico 7 - Encargos anuais por número de vias de ponte, em pontes de estrutura metálica.

c) Pontes em alvenaria de pedra

Tabela 25 - Peso das diferentes fases do CV e categorias de custo em pontes de alvenaria de pedra.

Categoria	% Total	Valor absoluto (u.m.)
A.5.1 a A.5.4 - Construção	0,00%	0
A.5.1 - Honorários de arquitectura/Projecto / Especialidades	0,00%	0
A.5.3 - Instalação, construção e comissionamento		
A.5.4 - Custo de acompanhamento de obra (fiscalização)		
A.5.2 - Aquisições de terreno, expropriações e outros custos compensatórios;	0,00%	
B1.1 a B4.2 - Utilização	100,00%	824
B1.1 - Seguro de Responsabilidade Civil	0,24%	2
B2.1-MPS	46,46%	384
B2.2-MPLP	0,00%	0
B2.3-IR	32,17%	266
B2.4-IP	19,64%	162
B2.5-Gestão e planeamento	1,48%	100
B3.1 - Manutenção correctiva imediata (reparação)	0,00%	0
B3.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de reparação	0,00%	0
B4.1 - Manutenção correctiva imediata (substituição)	0,00%	0
B4.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de substituição	0,00%	0
C1.1 a C4 -Fim de vida	0,00%	0
C1.1 - Inspecções após desactivação	0,00%	0
C1.2 - Desmantelamento e demolição/desactivação	0,00%	0
C2 - Transporte de resíduos de fim de vida	0,00%	0
C3 - Gestão de resíduos de fim de vida	0,00%	0
C4 - Custos de solução final para os resíduos de fim de vida	0,00%	0

A Tabela 25 permite compreender o anteriormente descrito sobre as pontes de alvenaria de pedra, nomeadamente o facto de não terem definida uma data para a sua desactivação, pelo que a fase de construção (não só por não estar considerada a construção de novas pontes em substituição de pontes desativadas, bem como por não estar prevista a construção de novas pontes em alvenaria de pedra), e consequentemente de fim de vida, apresentam um custo nulo, concentrando-se a totalidade dos encargos na fase de utilização.

Dentro da fase de utilização, as atividades de periodicidade anual, nomeadamente as representadas nas categorias B2.1-MPSe B2.3-IR, representam cerca de 79% dos encargos estimados para as pontes de alvenaria, sendo os restantes encargos alocados quase na totalidade à categoria B2.4.

Verifica-se na análise do Gráfico 5 e 6 as ilações obtidas ao analisar a Tabela 25, bem como a regularidade na aplicação do esquema de manutenção associado às pontes de alvenaria de pedra, bem como a influência de não ter sido estabelecido um limite à vida útil das pontes de alvenaria de pedra. Verifica-se igualmente na análise do Gráfico 9 que as pontes com extensão inferior a 25 metros são as que mais contribuem para os encargos, seguidas pelas pontes com extensão superior a 100 metros. Verifica-se igualmente, e como expectável, visto que não existe variação do esquema de manutenção em função da extensão da ponte, que o peso que uma determinada categoria de pontes apresenta anualmente, é precisamente o mesmo que esta apresenta ao longo de todo o período de análise. As pontes de alvenaria que constam do portefólio analisado apresentam apenas 1 via, pelo que não se representa separadamente o parâmetro de análise definido sobre o número de vias de pontes, uma vez que a informação em causa é a mesma representada no Gráfico 8.

Por análise da Tabela 26 verifica-se que o PGA não contempla qualquer custo para as pontes de alvenaria de pedra. Verifica-se igualmente que pelo facto de para as pontes de alvenaria de pedra as ações de manutenção ligadas à categoria B2.2-MPLP – MPLP não acontecerem, a categoria de custo não apresenta a relevância verificada nas pontes dos restantes materiais.

Tabela 26 - Comparação entre os resultados da ACCV e o PGA, em pontes de alvenaria de pedra.

Categoria	ACCV		PGA	
	Aplicação	Peso no CCV (%)	Aplicação	Diferença (%)
A.5.1 - Honorários de Arquitectura/ Projecto / Especialidades	Sim	0,00%	Sim	0,00%
A.5.3 - Instalação, construção e comissionamento	Sim		Sim	0,00%
A.5.4 - Custo de acompanhamento de obra (fiscalização)	Sim		Sim	0,00%
A.5.2 - Aquisições de terreno, expropriações e outros custos compensatórios;	Não	0,00%	Não	0,00%
B1.1 - Seguro de Responsabilidade Civil	Sim	0,24%	Não	100,00%
B2.1-MPS	Sim	46,46%	Não	100,00%
B2.2-MPLP	Sim	0,00%	Sim	0,00%
B2.3-IR	Sim	32,17%	Não	100,00%
B2.4-IP	Sim	19,64%	Não	100,00%
B2.5-Gestão e planeamento	Sim	1,48%	Não	100,00%
B3.1 - Manutenção correctiva imediata (reparação)	Não	0,00%	Não	0,00%
B3.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de reparação	Não	0,00%	Não	0,00%
B4.1 - Manutenção correctiva imediata (substituição)	Não	0,00%	Não	0,00%
B4.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de substituição	Não	0,00%	Não	0,00%
C1.1 - Inspeções após desactivação	Sim	0,00%	Não	100,00%
C1.2 - Desmantelamento e demolição/desactivação	Não	0,00%	Não	0,00%
C2 - Transporte de resíduos de fim de vida	Não	0,00%	Não	0,00%
C3 - Gestão de resíduos de fim de vida	Não	0,00%	Não	0,00%
C4 - Custos de solução final para os resíduos de fim de vida	Não	0,00%	Não	0,00%

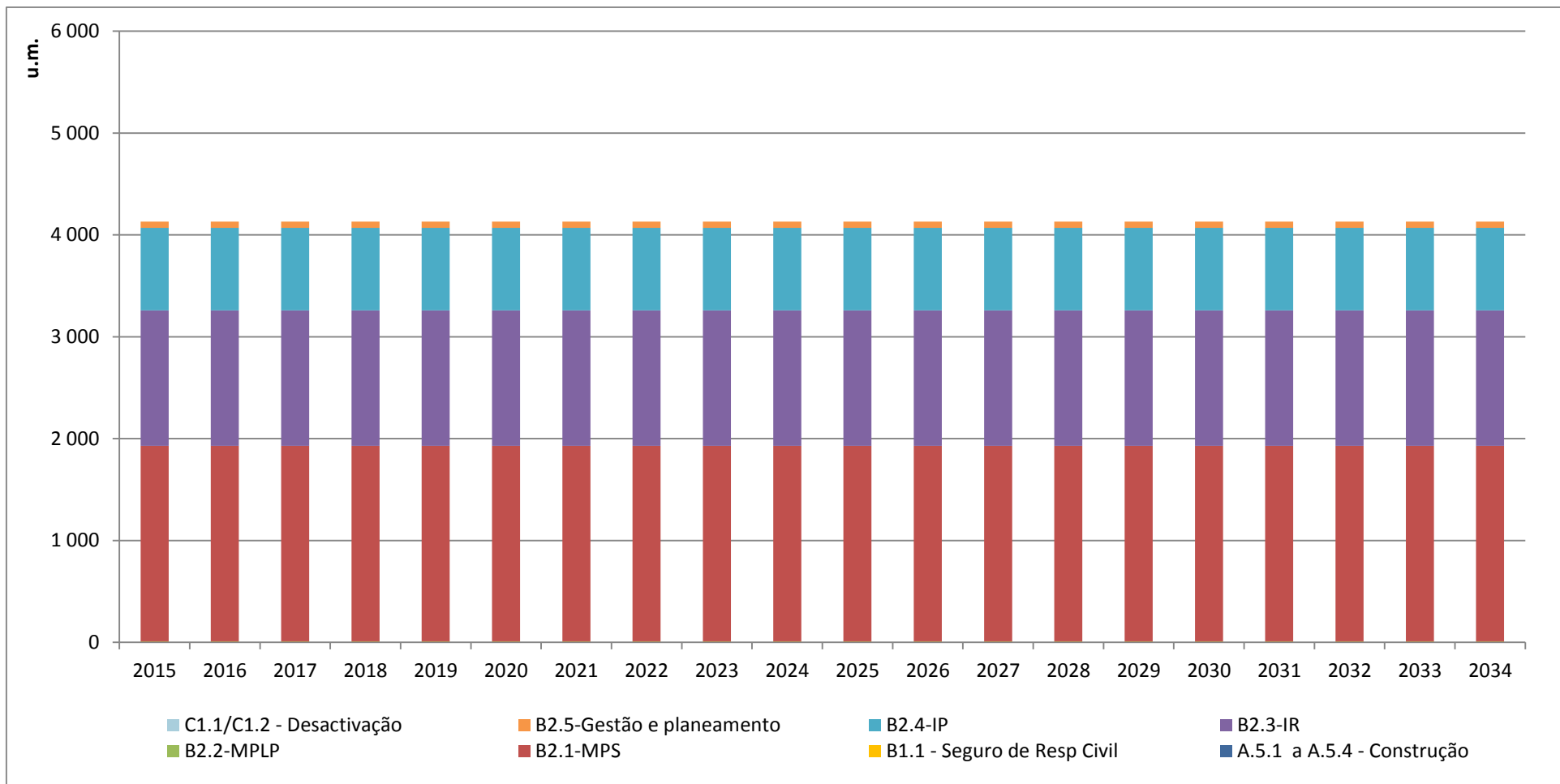


Gráfico 8 - Encargos anuais por categoria de custo em pontes de alvenaria de pedra

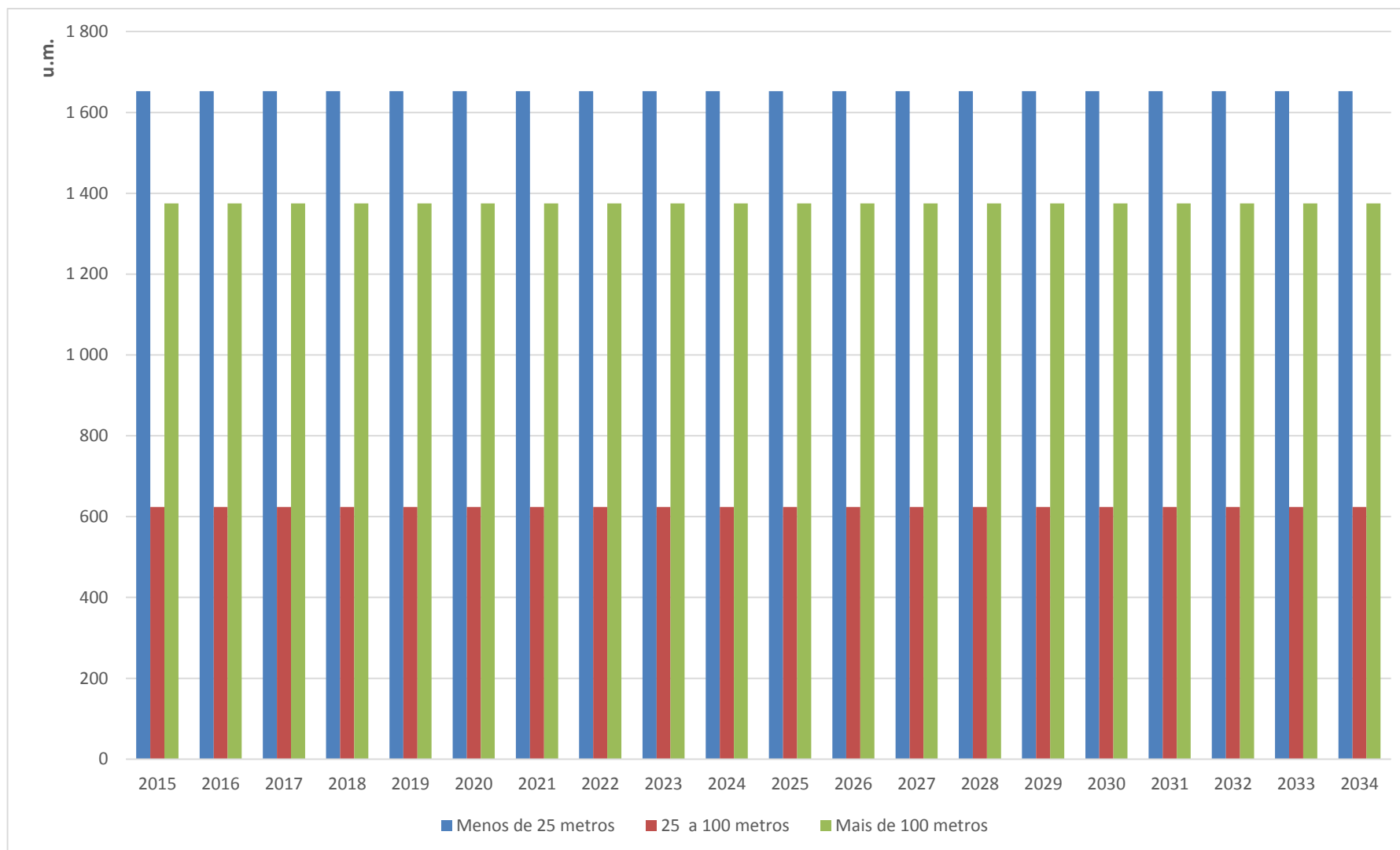


Gráfico 9 - - Encargos anuais por intervalo de extensão em pontes de alvenaria de pedra.

d) Pontes de betão armado, estrutura metálica e alvenaria de pedra

Por análise da Tabela 27 é perceptível que a fase utilização é a que apresenta maior custo, sendo seguida pela fase de construção, cabendo à fase de fim de vida um significado muito reduzido (tal pode estar relacionado com a reduzida extensão da aplicação do modelo nesta fase do CV). É igualmente interessante verificar que acerca da fase de construção, são as pontes de estrutura metálica que contribuem em maior percentagem para o valor total desta fase, ao contrário da fase de utilização, em que as pontes de betão apresentam maior destaque, apesar de as pontes de estrutura metálica representarem uma importante fatia.

Em termos da fase de utilização, verifica-se que as categorias de maior relevância são as categorias associadas à manutenção de infraestruturas, sendo a categoria B2.2-MPLP a que apresenta maior representatividade, seguida pelas categorias B2.1-MPS e B2.3-IR. Constata-se que são as pontes de estrutura metálica que apresentam maiores custos associados à categoria B2.2-MPLP, ao passo que nas categorias B2.1-MPS e B2.3-IR as pontes que apresentam maior relevância são as de betão armado.

Verifica-se igualmente que, apesar da tendência de substituição que se verifica nas pontes de estrutura metálica, os encargos que surgem associados à manutenção das mesmas são apenas ligeiramente inferiores aos verificados para as pontes de betão armado, sendo tal observável comparando os valores das categorias B2.1-MPS e B2.2-MPLP. Todas as ilações retiradas são coerentes com o facto de os encargos predominantes se verificarem associados a pontes de betão armado e de estrutura metálica, ao passo que aqueles ligados a pontes de alvenaria são muito reduzidos (tal justifica-se pelas diferenças no esquema de manutenção que se verifica entre este tipo de pontes e as demais), como representado no Gráfico 10.

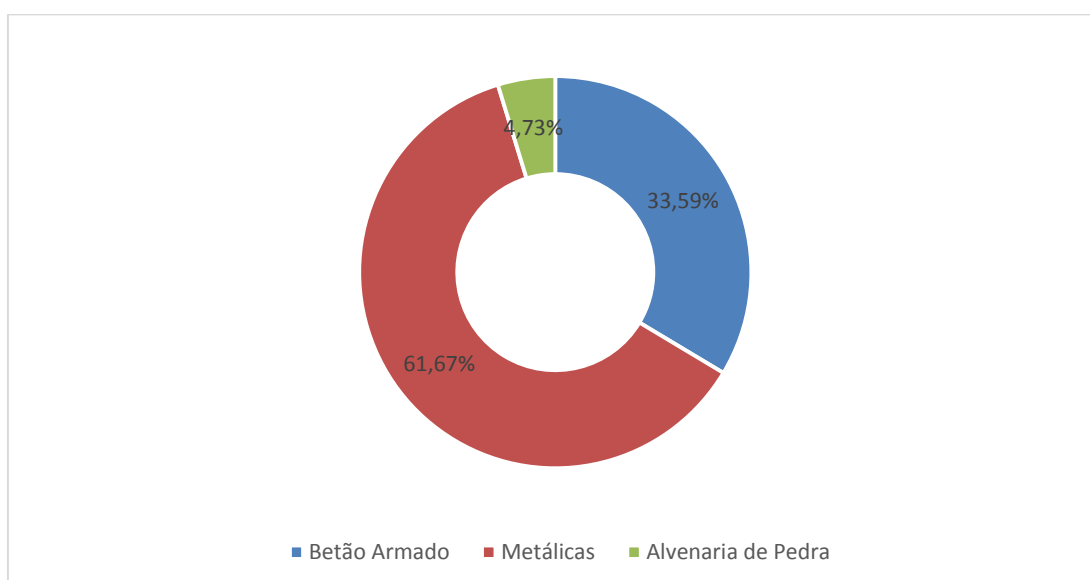


Gráfico 10 - Peso no CCV do portefólio de pontes, por material estrutural.

Por análise do Gráfico 11 é perceptível que apesar de não ser a fase responsável pela maior fatia de custos, a fase de construção é responsável pela definição de quais os anos em que se verificam os picos de custos, nomeadamente os anos de 2018 e 2019, ao passo que no ano de 2017 o pico de custo é devido não só à fase de construção, mas também às atividades da categoria B2.2-MPLP; a influência da fase de construção e da categoria B2.2-MPLP é perceptível ao longo de todo o gráfico, e não se resumindo à definição dos picos de custos. Por análise do Gráfico 1 é perceptível que as pontes de estrutura metálica são, em termos globais as que apresentam maior contributo para o CCV, apesar de existirem anos em que os encargos com pontes de betão armado superam os encargos com pontes de estrutura metálica.

e) Comparação com o PGA

Obtidos os custos em causa, para que seja cumprida a finalidade da ACCV, deverá ser realizada a comparação entre os resultados da mesma e os custos patentes no PGA da REFER. Dada a forma como foi elaborado o PGA, (todos os custos até ao ano 2018 foram somados, incluindo custos em datas que excedem o período de análise definido para a ACCV, ao contrário do que acontece na ACCV onde foram calculados custos anuais e para um período de análise limitado), a comparação entre os resultados da ACCV e o mesmo será possível somente a partir do ano de 2018. A Tabela 28 apresenta as diferenças verificadas entre os resultados obtidos na ACCV e os encargos previstos no PGA. Aqui é apresentada uma diferença absoluta de 52 432 2 u.m. correspondentes a cerca de 43% do valor previsto no PGA, e cuja expressão anual é representada no Gráfico 12.

Categoria	CCV Total		Betão		Metálicas		Alvenaria	
	% CCV	Valor absoluto (u.m)	% Total CCV	Valor absoluto (u.m)	% Total CCV	Valor absoluto (u.m)	% Total CCV	Valor absoluto (u.m)
A.5.1 a A.5.4 - Construção	39,63%	611 604	3,68%	22 513	96,32%	589 090	0,00%	0
A.5.1 - Honorários de arquitectura/Projecto / Especialidades	39,63%	611 604	3,68%	22 513	96,32%	589 090	0,00%	0
A.5.3 - Instalação, construção e comissionamento								
A.5.4 - Custo de acompanhamento de obra (fiscalização)								
A.5.2 - Aquisições de terreno, expropriações e outros custos compensatórios;	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
B1.1 a B4.2 - Utilização	58,45%	930 061	53,31%	495 803	35,81%	333 081	7,85%	73 041
B1.1 - Seguro de Responsabilidade Civil	0,09%	1 446	70,89%	1 025	15,37%	222	13,74%	199
B2.1-MPS	18,11%	279 466	70,89%	198 122	15,37%	42 953	13,74%	38 391
B2.2-MPLP-MPLP	23,11%	356 565	31,63%	112 785	68,37%	243 781	0,00%	0
B2.3-IR	12,54%	193 494	70,89%	137 174	15,37%	29 739	13,74%	26 581
B2.4-IP	4,02%	62 036	65,08%	40 375	24,20%	15 015	10,71%	6 645
B2.5-Gestão e planeamento	0,58%	8 917	70,89%	6 322	15,37%	1 371	13,74%	1 225
B3.1 - Manutenção correctiva imediata (reparação)	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
B3.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de reparação	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
B4.1 - Manutenção correctiva imediata (substituição)	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
B4.2 - Gestão, planeamento e acompanhamento de actividades de substituição	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
C1.1 a C4 -Fim de vida	1,92%	29 582	0,24%	72	99,76%	29 510	0,00%	0
C1.1 - Inspeções após desactivação	1,92%	29 582	0,24%	72	99,76%	29 510	0,00%	0
C1.2 - Desmantelamento e demolição/desactivação	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
C2 - Transporte de resíduos de fim de vida	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
C3 - Gestão de resíduos de fim de vida	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
C4 - Custos de solução final para os resíduos de fim de vida	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0

Tabela 27 - Representatividade de cada fase e categoria da ACCV no CCV, em valores totais e por material de ponte.

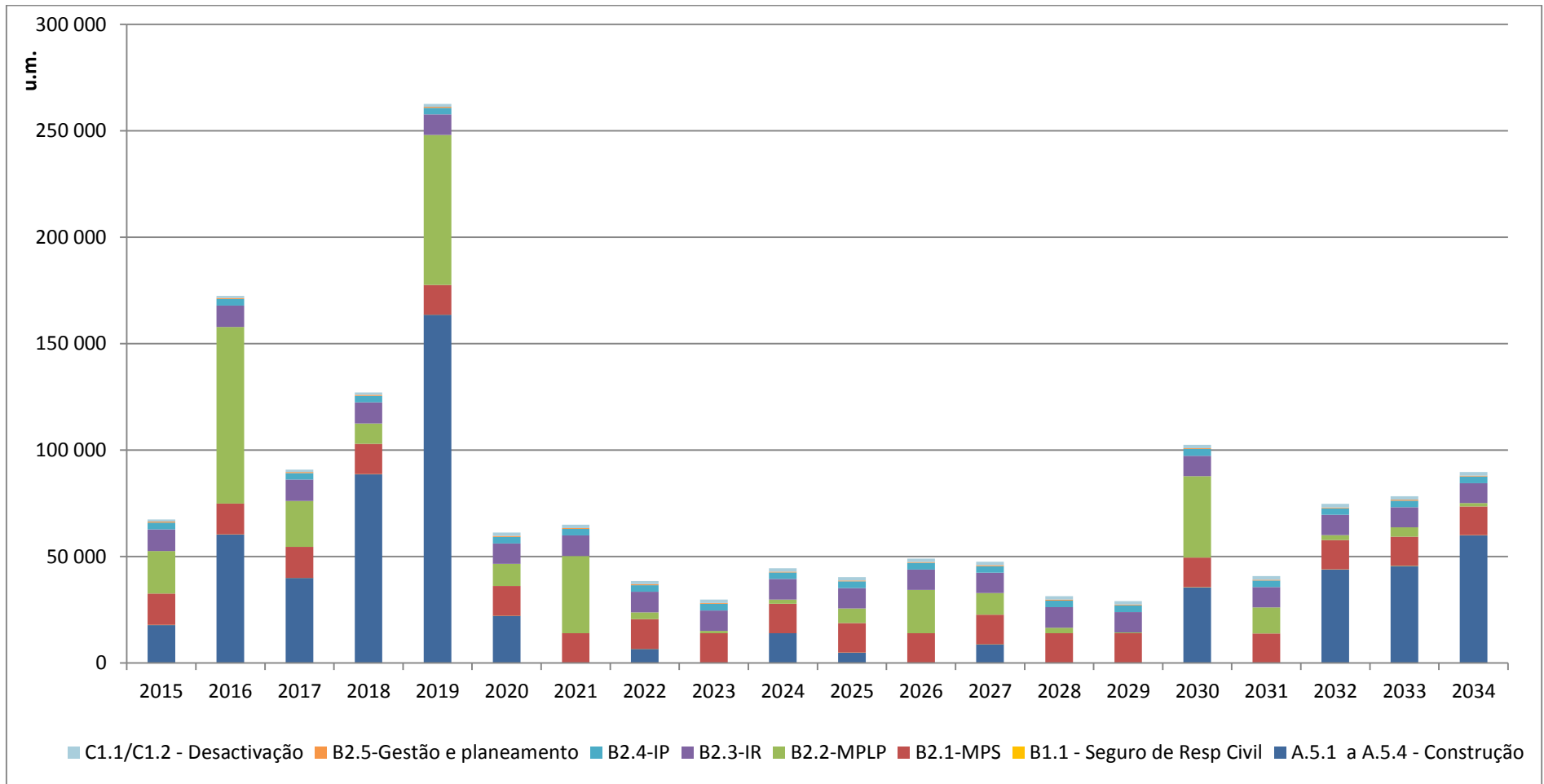


Gráfico 11 - Encargos anuais por categoria de custo em pontes de betão armado, estrutura metálica e alvenaria de pedra.

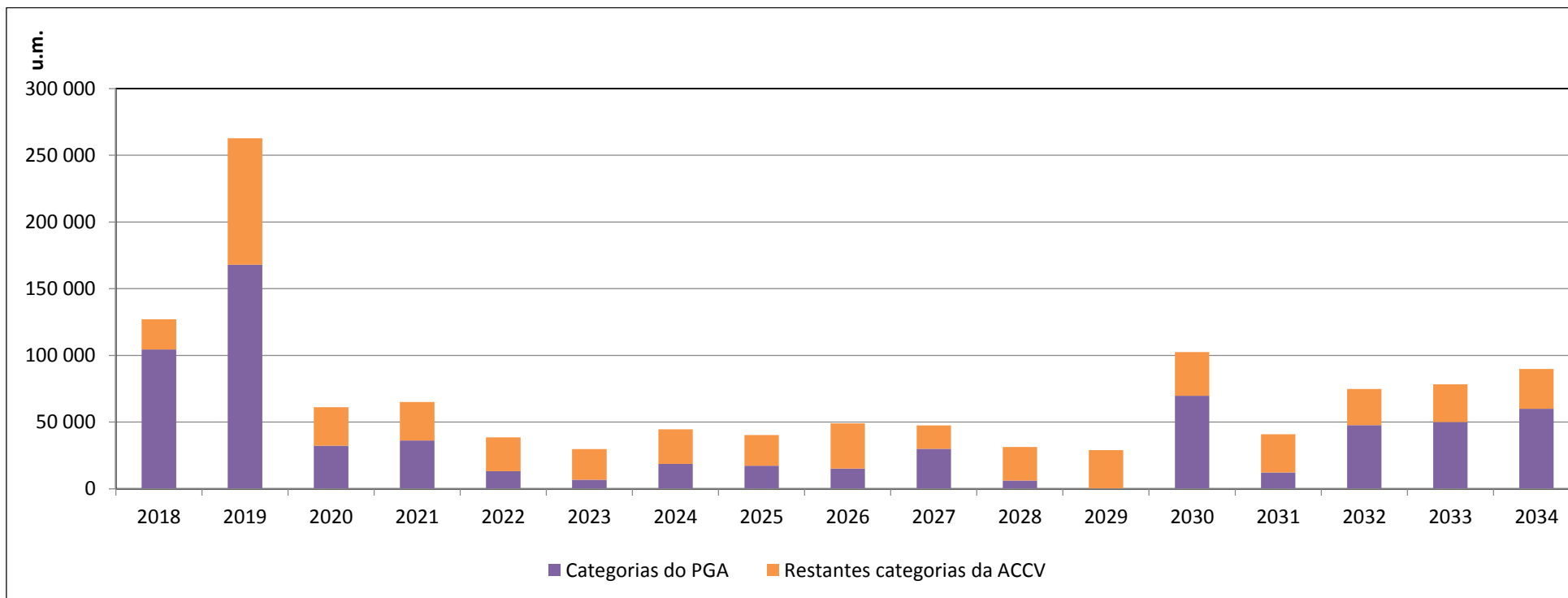


Gráfico 12 - Comparação entre os resultados da ACCV e os encargos previstos no PGA.

Tabela 28 - Comparação entre os resultados da ACCV e os encargos previstos no PGA, em u.m..

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	Total
ACCV (x10 ⁴) u.m.	12,71	26,26	6,12	6,50	3,85	2,98	4,45	4,04	4,91	4,75	3,13	2,91	10,25	4,08	7,47	7,84	8,98	121,24
PGA (x10 ⁴) u.m.	10,44	16,79	3,22	3,63	1,32	0,67	1,87	1,74	1,51	2,99	0,61	0,04	6,98	1,22	4,77	5,00	6,00	68,80
Diferença (%)	17,84	36,06	47,36	44,21	65,82	77,36	57,92	56,92	69,26	37,05	80,43	98,59	31,93	70,14	36,11	36,26	33,21	43,25

5.14 Passo 13 - Apresentação de resultados finais em formato adequado

Todos os conteúdos referidos no passo 13 da metodologia desenvolvida encontram-se patentes nos passos realizados anteriormente. Visto que o objetivo desta dissertação se prende com o desenvolvimento e aplicação de uma metodologia de ACCV, e não com a produção de um registo formal para entrega ao cliente, não serão elaborados os documentos referidos no passo 13 como os que devem constituir a base documental de uma ACCV.

6 Conclusões e perspectivas de desenvolvimentos futuros

6.1 Conclusões

No capítulo 2 concluiu-se que o CCV, enquanto mecanismo de capacitação de decisões, é uma importante ferramenta de gestão de ativos, com aplicação quer no sector público, quer no sector privado.

Concluiu-se igualmente que existem diversas divisões em fases do CV de um ativo, não existindo no entanto diferença ao nível dos conteúdos globais considerados genericamente pelas das referências bibliográficas. A fase do CV em que as decisões são mais condicionantes é a fase de projeto, ao passo que aquelas que apresentam maior impacto financeiro são as fases ligadas à operação e manutenção dos ativos. A fase com menor impacto económico é a fase de fim de vida. A categorização de custos de cada fase deve apresentar uma organização que permita um fácil acesso, compreensão e pesquisa dos custos associados a um ativo, a par de um nível de detalhe adequado à fase do projeto.

A ACCV é uma metodologia sistemática de avaliação de CCV num determinado período de análise, podendo ser aplicada para finalidades distintas (desde a escolha entre projetos, até à escolha entre estratégias de operação e manutenção dentro de um subsistema de um determinado projeto). Os pontos-chave de uma ACCV são o período de análise, a EHC utilizada, a forma como avalia a variação do valor do dinheiro ao longo do tempo, e a validação do cumprimento dos objetivos traçados. Como metodologia sistemática, a ACCV rigorosa deve ser revista antes de finalizada, devendo sempre ser geradas evidências dos resultados e dados associados a todo o processo de análise.

No capítulo 3 concluiu-se a aplicabilidade, a pontes ferroviárias da revisão de conhecimentos realizada no capítulo 2. Verificou-se igualmente a impossibilidade de realizar uma ACCV à totalidade da vida útil de uma ponte, verificando-se que a vida útil de uma ponte é constituída pela extensão da vida útil ou substituição dos seus constituintes.

No capítulo 4 concluiu-se que existe, nas normas de referência utilizadas (ISO 15686-5 e IEC 60300-3-3) uma omissão de codificação universal para a elaboração da EHC do modelo de CCV, tendo-se utilizado a prEN 16627 ainda que a codificação proposta nesta norma seja direcionada para edifícios.

A obtenção de uma categorização com nível de detalhe igual em todas as categorias de custo apresenta alguma dificuldade, uma vez que nas diferentes fases do CCV existem atividades com complexidade (e como tal nível de detalhe) diferentes.

No capítulo 5 concluiu-se a aplicabilidade da metodologia de ACCV de Davis Langdon ao caso de estudo, apesar de esta se encontrar direcionada para avaliação de projetos por implementar.

Verificou-se igualmente que existe uma relação entre o CCV dos ativos que uma organização gere e a sustentabilidade financeira da mesma.

A definição de características chave do ativo (ou projeto) em estudo é fundamental para a correta definição do âmbito da ACCV e compreensão da influência das ditas características nos resultados. No caso de estudo concluiu-se que para além do material constituinte da ponte e número de vias da mesma, a extensão da ponte é o fator que mais influencia os custos nas fases estudadas.

A aplicação do modelo de CCV desenvolvido revelou a captação de custos relevantes face aos patentes no PGA da REFER. Do ponto de vista da extensão da aplicação do modelo, verificou-se que foram aplicadas 10 das 21 categorias de custos definidas no modelo de captação de custos. Visto não existirem dados acerca das categorias não aplicadas, não é possível quantificar o impacto que estas têm nos resultados obtidos.

Acerca das pontes de betão armado, conclui-se que a fase do CV que mais custos apresenta é a fase de utilização, com relevância da categoria B2.1, que representa 38,27 do CCV. Verifica-se igualmente que do ponto de vista da extensão, as pontes que mais encargos apresentam são as que apresentam uma extensão superior a 100 metros, nomeadamente 78,45 dos custos. Em termos de comparação com o PGA, verifica-se que apenas 26 dos custos captados na ACCV são tidos em conta, nomeadamente as categorias A5.1 a A5.4 e a categoria B2.2-MPLP, o que permite concluir que o PGA não tem em conta a maioria dos custos associados a pontes de betão armado.

Acerca das pontes de estrutura metálica, verifica-se que a fase do CV com maior relevância é a fase de construção, correspondendo a 61,9 do CCV. Verifica-se igualmente que, do ponto de vista da extensão, as pontes com mais de 100 metros correspondem a 66,7 dos custos, sendo aquelas que mais contribuem para o CCV. Na comparação com o PGA, verifica-se que as categorias aplicadas na fase de construção e a categoria B2.2-MPLP representam 87,52 dos custos associados a pontes de estrutura metálica, ou seja, o PGA contabiliza a maioria dos encargos associados a pontes de estrutura metálica.

Acerca das pontes de alvenaria de pedra, verifica-se que a fase mais relevante é a fase de utilização, uma vez que apesar do modelo de captação ter sido aplicado com igual extensão, não existem dados acerca das fases de construção e fim de vida. Conclui-se assim que de maior relevância é a categoria B2.1, que representa 46,46 dos custos. Verifica-se que as pontes com menos de 25 metros são as que apresentam maiores encargos. Na comparação com o PGA, verifica-se que este não contempla quaisquer custos com pontes de alvenaria.

Analisando os resultados sem discriminar por material verifica-se que a fase do CV com maior relevância é a fase de utilização (B1.1 a B2.5), apesar da categoria de custo com maior relevância ser a categoria que acopla todos os custos da fase de construção, representando 39,63 dos custos captados. As pontes com maior contributo para o CCV são as de estrutura metálica (61,67), seguidas pelas pontes de betão armado (38,15), ao passo que as pontes de alvenaria de pedra representam 4,7. Na comparação com o PGA verifica-se que as categorias

tidas em conta neste (A5.1,A.5.3,A5.4 e B2.2-MPLP) correspondem a 62,74 dos total dos custos captados na ACCV. Tal significa que 37,26 dos custos associados ao CCV das pontes ferroviárias do portefólio não foram captados. Desta parcela, 30,15 dos custos correspondem às categorias B2.1-MPS(18,11) e B2.3-IR (12,54), pelo que se conclui que existe destacada relevância em contabilizar as referidas categorias. As diferenças referidas constituem cerca de 76 do valor estimado no PGA e cerca de 40 dos resultados da ACCV.

No seguimento das conclusões apresentadas, conclui-se que o PGA, do ponto de vista do material das pontes que considera capta a maioria dos custos associados ao CCV do portefólio de pontes. Em termos das categorias de custo consideradas, verifica-se que, apesar de a maioria dos custos ser captado, existe uma parcela bastante significativa que não é captada.

É importante realçar que as considerações acima realizadas não contemplam custos associados à demolição de activos e tratamento dos resíduos provenientes de tais acções, custos que podem ser significativos, e como tal, alterar as conclusões obtidas na ACCV.

6.2 Perspectivas de desenvolvimentos futuros

A exclusão de todos os custos envolvidos no CTCV, para além do CCV, apresenta desde logo um longo caminho ao nível da quantificação do mesmo. Tal significa incluir custos ligados ao impacto ambiental, ao impacto na sociedade e receitas associadas à ponte, bem como custos associados à aquisição de terrenos.

A recolha e interpretação dos dados apresenta um ponto fundamental, não só pela questão da fiabilidade dos mesmos, mas também para que não se verifiquem erros na introdução dos mesmos no modelo. Com vista a responder a esta questão, e resolvendo o problema de gerar evidências associados ao cálculo do CCV, sugere-se a criação de um sistema de recolha de dados através de suportes standard (fichas tipo por equipa, software acessível a todas as equipas intervenientes), associado ao modelo desenvolvido.

Devido à necessidade de análises de risco e probabilidade, algumas categorias do modelo foram excluídas da ACCV. A quantificação desses custos poderá ser relevante, pelo que o desenvolvimento de estudos probabilísticos associados a categorias ligadas à ocorrência de acidentes e ou necessidades de indemnização de terceiros pode também ser relevante

A exclusão dos custos associados a eventuais acções de demolição e tratamento apropriado dos resíduos provenientes dessas acções pode apresentar encargos elevados. A realização de uma ACCV que incluísse as categorias associadas a este tipo de acções permitiria perceber a relevância dos mesmos.

A definição de um índice de condição baseado em parâmetros como o ambiente em que a ponte se insere e o número de ciclos de carga a que é sujeita poderá ser útil no sentido de prever periodicidades características de ocorrência de acções de manutenção e funções destes parâmetros, contribuindo assim para uma maior precisão na modelação do CCV. No mesmo

contexto, seria interessante associar às várias tipologias de pontes dos parques de obras de arte os vários esquemas de manutenção que recorrentemente são executados nas mesmas. Sugere-se a aplicação desta metodologia a outros tipos de activos físicos, nomeadamente a todos os tipos de infra-estruturas de engenharia.

7 Referências bibliográficas

ALD, Reliability Engineering Ltd -. ALD Reliability Engineering Ltd. *ALD Reliability Engineering Ltd.* [Online] ALD Reliability Engineering Ltd. [Cited: Julho 15, 2014.] ALD Reliability Engineering Ltd..

Almeida, Joana Maria Martins Rosa Maia de Oliveira. 2013. Sistema de Gestão de Pontes com Base em Custos de Ciclo de Vida. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.

Bonstedt, Hank. 2009. *Life Cycle Cost Analysis for Bridges - In Search of Better Investment and Engineering Decisions.* Dover : s.n., 2009.

BS, British Standards. 1980. BS 5400 - 10 - Steel, Concrete and Composite Bridges - Code of Practice of Fatigue. 1980.

Campos, Pedro Marques de. 2009. A conservação das pontes da Rede Ferroviária Nacional. Lisboa : s.n., 2009.

Castro, Eduardo Mariano Cavalcante de. 1999. Patologia dos Edifícios em Estrutura Metálica. Ouro Negro : s.n., 1999.

Christian Hoffart, Thomas Hirsch. 2011. Approach for successful LCC Data collection and analysis. Stavanger : COMADEM International, 2011.

D. M. Frangopol, M. Liu. 2007. Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Management, Life-Cycle Design and Performance. *Structure and Infrastructure Engineering: Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Management, Life-Cycle Design and Performance.* London : Taylor & Francis, 2007. Vol. 3.

Despacho nº13208/2003 da II Série do Diário da Republica. 2003.

Directiva 2014/25/UE de 26 de Fevereiro de 2014. 2014.

ECS, European Committee for Standardization. 2010. EN 13306 - Maintenance - Maintenance terminology. Bruxelas : European Committee for Standardization, 2010.

EN NP 206-1 Betão - Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade. Monte da Caparica : Instituto Português da Qualidade, Betão - Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade.

H.K. Jun, J. H. Kim. 2007. Life Cycle Cost Modeling for Railway Vehicle. Seoul : s.n., 2007.

How ProRail Successfully outsourced maintenance. **Swier, Jan. 2012.** Prague : s.n., 2012. Czech Infrastructure Conference. Vol. IV.

Inês Flores, Joana Aleixo, Joana Couto, Susana Peneda, Jorge de Brito, João Ramôa Correia. 2012. Anomalias em betão armado e pré-esforçado. 2012.

IAM, Institute of Asset Management. 2011. Asset Management - an anatomy. s.l. : The Institute of Asset Management, 2011. Vol. 1.0.

IEC, International Electrothechnical Comission. 2004. IEC 60300-3-3 - Application guide – Life cycle costing. Genebra : s.n., 2004.

Innotrack, Project. 2007. D 6.2.1 Unique Boundary Conditions. 2007.

— **2008.** D 6.2.2 Benchmark of LCC tools . 2008.

— **2006.** D6.5.4 Guideline for LCC and RAMS Analysis. 2006.

ISO 15686-5 Buildings and constructed assets - Service-life planning Part 5: Life-cycle costing. Genebra : International Organization for Standardization, 2008.

ISO 55000 - Asset management - Overview, principles and terminology. Genebra : International Organization for Standardization, 2014.

ISO 55001 - Asset Management - Management systems - Requirements. ISO 55001 - Asset Management - Management systems - Requirements. Genebra : International Organization for Standardization, 2012.

ISO 12944-2 - Tintas e vernizes - Protecção anticorrosiva de estruturas de aço por esquemas de aço - Parte 2:Classificação de ambientes. Monte da Caparica : Instituto Português da Qualidade, 1999.

Jesús Carretero, José M. Perez, Felix García-Carballeira, Alejandro Calderón, Javier Fernandez, Jose D. García, Antonio Lozano, Luis Cardona, Norberto Cotaina, Pierre Pretec. 2003. Applying RCM in large scale systems: a case study with railway networks. Madrid : Elsevier, 2003.

Kiritsis, Dimitri. 2013. Semantic technologies for engineering asset life cycle management. s.l. : International Journal of Production Research, 2013. Vol. 51.

Langdon, Davis. 2007a. Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to a sustainable construction: a common methodology-Final Methodology. s.l. : Davis Langdon Management Consulting, 2007a.

— **2007b.** Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction Guidance on the use of LCC Methodology ant its application in public procurement– Final guidance. s.l. : Davis Langdon Management Consulting, 2007b.

Mainline, Project. 2013a. Deliverable 5.3: Recommendations for Format of a Life Cycle Assessment Tool (LCAT). 2013a.

— **2013b.** Deliverable 5.4: Proposed methodology for a Life Cycle Assessment Tool (LCAT). 2013b.

— **2014.** Project Mainline. *Project Mainline*. [Online] UIC Communications department, 2014. [Cited: 07 24, 2014.]

Marco Machhi, Marco Garetti, Domenico Centrone, Luca Famagalli, Gian Piero Pavirani. 2012. Maintenance management of railway infrastructures based on reliability analysis. Milão : Elsevier, 2012.

NCHRP, National Cooperative Highway Research Program. 2003. Bridge Life-cycle Cost analysis Guidance Manual. 2003.

NetworkRail. 2013. Asset Management Capability. 2013.

— **2011.** Asset Management Strategy . 2011.

NIST. 2011. National Institute of Standards and Technology - NIST. *National Institute of Standards and Technology - NIST.* [Online] National Institute of Standards and Technology - NIST, Fevereiro 4, 2011. [Cited: Julho 15, 2015.] <http://www.nist.gov/el/economics/bridgelcc.cfm>.

NYSDOT, New York State Department of Transportation. 2008. *Fundamentals of bridge maintenance and inspection.* New York : New York State Department of Transportation, 2008.

Patrício, Hugo. 2009. Inspeção de Pontes Ferroviárias. Lisboa : s.n., 2009.

Paulo, Pedro Vaz. 2014. Código dos Contratos Públicos - Análise e Avaliação de Propostas. 2014.

Railways, International Union of. 2010a. Guidelines for the Application of Asset Management in Railway Infrastructure Organisations. 2010a.

— **2010b.** Innotrack - Concluding Technical Report. 2010b.

REFER. 2015. Directório de Rede 2015. 2015.

Ribeiro, Luís Fernando Vasconcelos. 2007. Análise de Custos ao Longo do Ciclo de Vida de Pontes Ferroviárias. Guimarães : Universidade do Minho - Escola de Engenharia, 2007.

Rodrigues, Joana Vanessa Dias. 2015. O Custo de ciclo de vida de edifícios como suporte à gestão de ativos físicos construídos - Metodologia aplicada a edifícios não residenciais. Lisboa : Instituto Superior Técnico, 2014.

Ulf Kjellsson, Oliver Hagemann. 2007. *UNIFE-Unilife and UNIFE-Unidata - The first European Life Cycle Cost Interface Software Model.* 2007.

Utne, Ingrid Bower. 2008. Life cycle cost as a tool for improving sustainability in the Norwegian fishing fleet. Trondheim : Journal of Cleaner Production, 2008.

Anexo 1 -Detalhes da pesquisa bibliográfica

Tabela 29 - Principais resultados da pesquisa bibliográfica de artigos científicos.

Base de Dados	Palavras-chave	Refinamento	Título	Autor
Science Direct	life cycle cost;	life-cycle cost; life cycle costing; Life cycle cost analysis; life cycle cost ;	Life cycle cost (LCC) as a tool for improving sustainability in the Norwegian fishing fleet	Ingrid Bouwer Utne
B on	life cycle cost modeling railway;	Life cycle cost model; life cycle cost modelling; life cycle cost	Life Cycle Cost Modeling for Railway Vehicle	H.K. Jun and J.H. Kim
B on	life cycle cost modeling railway;	Life cycle cost model; life cycle cost modelling; life cycle cost;	Life Cycle Cost Modeling for Railway Vehicle	H.K. Jun and J.H. Kim
Science Direct	life cycle asset;		Semantic technologies for engineering asset life cycle management	Dimitri Kiritsis
Google Scholar	life cycle cost bridge;			Hank Bonstedt
a partir do artigo " life cycle cost modeling railway"			Approach for sucessfull lcc data collection and analysis	Christian Hoffart, Thomas Hirsch
Google scholar	life cycle cost modeling railway;		new aproach to the life cycle costs philosphy of the railway vehicles	A Danek nad M Richtar
Google scholar	life cycle cost modeling railway.		Unife-Unilife and Unife Unidata – The first European Life Cycle Cost Interface Software Model	Ulf Kjellsson
Google scholar	life cycle cost bridge		Maintenance and management of civil infrastructure based on condition, safety, optimization and life-cycle cost	Dan M. Frangopol, Min Liu

Tabela 30 - Principais resultados da pesquisa bibliográfica de Teses de Doutorado e Mestrado.

Base de Dados	Keywords	Refinamento	Título	Autor
Google Scholar	Custo de ciclo de vida de pontes	Pontes Ferroviárias; Custo de Ciclo de Vida	Luís F. V. Ribeiro	Análise de Custos ao Longo do Ciclo de Vida de Pontes Ferroviárias
Google Scholar	Custo de ciclo de vida de pontes	Pontes Ferroviárias; Custo de Ciclo de Vida	Joana O. Almeida	Sistema de Gestão de Pontes com Base em Custos de Ciclo de Vida

Tabela 31 - Principais resultados da pesquisa bibliográfica de relatórios de projetos de investigação.

Título	Autor
Deliverable 6.2.1 - Unique Boundary Conditions	InnoTrack Projet
Deliverable 6.2.2 - Benchmark of LCC tools	InnoTrack Projet
Deliverable 6.5.4 - Guideline for LCC and RAMS Analysis	InnoTrack Projet
Deliverable 5.3 - Recommendations for Format of a Life Cycle Assessment Tool (LCAT)	Mainline Projet
Deliverable 5.4 - Proposed methodology for a Life Cycle Assessment Tool (LCAT)	Mainline Projet

Tabela 32 - Principais resultados da pesquisa bibliográfica de normas e guias técnicos.

Base de Dados	Keywords	Título	Autor
Google Scholar	Asset Management	ISO 55000 - Asset management — Overview, principles and terminology	ISO-International Organization for Standardization
Google Scholar	Asset Management	ISO 55001 - Management systems:Requirements	ISO-International Organization for Standardization
Google Scholar	Asset Management	ISO 55002 – Management systems — Guidelines for the application of ISO 55001	ISO-International Organization for Standardization
Google Scholar	Asset Management; Life Cycle Cost	ISO 15686-5 - Buildings and constructed assets —Service-life planning —Part 5:Life-cycle costing	ISO-International Organization for Standardization
B-on	Asset Management; Life Cycle Cost	Asset Management – an anatomy	IAM - The Institute of Asset Management
B-on	Asset Management; Life Cycle Cost ;	IEC 60300 - Dependability management – Part 3-3: Application guide – Life cycle costing	IEC - International electric Commission
Google	Asset Management; Life Cycle Cost ; Railway	UIC Guidelines for the aplicação of Asset Management in Railway Infrastructure Organisations	UIC - International Union of Railways
Google	Asset Management; Life Cycle Cost ; Railway	UIC contribuiton to progresssive management of railway assets	UIC - International Union of Railways
Google	Asset Management; Life Cycle Cost ; Railway	Asset Management Strategy	Network Rail
Google	Asset Management; Life Cycle Cost ; Railway	Asset Management Capability	Network Rail
B-on	Asset Management; Life Cycle Cost ; bridge;	Bridge Life-Cycle Cost Analysis	NHCRP - National Cooperative Highway Research Program

