

Análise económica do fim de vida de estruturas de edifícios escolares públicos

Ana Rita Coimbra Margarido

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientadores

Professor Doutor Nuno Gonçalo Cordeiro Marques de Almeida

Doutora Ana Filipa das Neves Rodrigues Marques Couto Salvado

Júri

Presidente: Professora Doutora Maria Cristina De Oliveira Matos Silva

Orientador: Doutora Ana Filipa das Neves Rodrigues Marques Couto Salvado

Vogal: Professor Doutor José Alexandre De Brito Aleixo Bogas

Maio de 2019

Declaração

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

Agradeço à Engenheira Ana Filipa Salvado e ao Professor Nuno Marques de Almeida pela orientação e apoio constantes, pela motivação sem fim aliada a uma exigência firme, mas calma, que tanto me ajudou neste caminho.

Agradeço ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil, que disponibilizou toda a informação e os meios necessários ao desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos, mas em particular às amigas que acompanharam de perto esta jornada e tornaram estes anos mais leves. Obrigada à Patrícia, que é uma amiga especial.

Em especial agradeço também aos meus pais, por todo o apoio e incentivo, paciência e presença constante. Ao Francisco e ao António, por serem as balanças que são. O equilíbrio é fundamental.

Resumo

A presente dissertação aplica a metodologia de análise do custo do ciclo de vida (ACCV), proposta pela norma EN 16627, a um portfólio de edifícios escolares públicos em Portugal construídos entre 1946 e 1992, tendo sido reabilitados pela Parque Escolar, E.P.E. em 2010. A análise é relativa à fase do fim de vida dos edifícios assumindo, para o efeito, que os mesmos atingiram o final do seu ciclo de vida com as intervenções de reabilitação efetuadas.

No âmbito da aplicação da metodologia de ACCV são captados custos relativos à gestão de resíduos, associados às diversas etapas do fim de vida de edifícios, desde a sua desconstrução até ao processamento ou eliminação dos resíduos produzidos. Recorre-se a bases de dados públicas e privadas e a empresas atuantes no setor, com o objetivo de estabelecer um conjunto de valores aplicáveis a todos os edifícios escolares públicos.

A análise da informação recolhida permite a constituição de valores de referência para as várias fases. Assim, para os vários elementos da estrutura de betão armado obtêm-se custos unitários de demolição entre 41€/m³ e 209€/m³ e para resíduos inertes obtêm-se um custo unitário de transporte de 13€/m³, custo unitário de processamento de 18€/m³ e um custo unitário de eliminação de 15€/m³.

Procede-se, ainda, à validação destes valores de referência, aplicando-os numa escola constituinte do portfólio, obtendo-se um custo atual líquido (CAL) de fim de vida de estruturas de betão armado, para o cenário considerado, de 133.453€.

Palavras-chave

Análise do custo do ciclo de vida, fim do ciclo de vida, edifícios escolares, bases de dados, valores de referência, resíduos de construção e demolição

Abstract

The present work applies the methodology of life-cycle cost analysis (LCCA), proposed by the standard EN 16627, to a portfolio of public school buildings in Portugal built between 1946 and 1992, rehabilitated by Parque Escolar, EPE in 2010. The analysis pertains to the end-of-life stage of buildings, assuming that they have reached the end of their life-cycle with the rehabilitation interventions.

As part of the application of the LCCA methodology, waste management costs are captured, associated with the diverse end-of-life stages of buildings, from their deconstruction to the processing or disposal of the produced waste. Cost compilation is based on public and private databases and companies operating in the sector, in order to establish a set of values applicable in any school building.

The analysis of the collected information allows the foundation of reference values for the different phases. For the several elements of the concrete structure are obtained unit cost for deconstruction between $41\text{€}/\text{m}^3$ and $209\text{€}/\text{m}^3$ and for inert waste a unit cost for transport of $13\text{€}/\text{m}^3$, a unit cost for wastes processing of $18\text{€}/\text{m}^3$ and a unit cost for disposal of $15\text{€}/\text{m}^3$.

It is also possible to validate these reference values by applying them to a school that belongs to the portfolio, obtaining a net present value (NPV) for the end-of-life of concrete structures, for the scenario considered, of 133.453€.

Key-words

Life-cycle costs analysis, end-of-life stage, school buildings, data base, reference value, construction and demolition waste

Índice de conteúdos

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	ix
Índice de conteúdos.....	xi
Índice de figuras.....	xv
Índice de tabelas.....	xvii
Lista de acrónimos.....	xix
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e âmbito da dissertação.....	1
1.2. Objetivo da dissertação.....	1
1.3. Metodologia e organização do documento.....	2
2. Revisão de conhecimentos.....	5
2.1. Análise económica de edifícios.....	5
2.1.1. Gestão de ativos físicos.....	5
2.1.2. Análise do custo do ciclo de vida de edifícios.....	5
2.2. Fase do fim de vida de estruturas de edifícios.....	9
2.2.1. Desconstrução.....	12
2.2.2. Transporte.....	13
2.2.3. Processamento de resíduos para reutilização, recuperação e/ou reciclagem.....	14
2.2.4. Eliminação.....	17
2.3. Informação económica sobre fim de vida de estruturas.....	18
2.3.1. Enquadramento a nível nacional.....	18
2.3.2. Enquadramento a nível internacional.....	23
3. Metodologia de análise do custo do ciclo de vida.....	27

3.1.	Considerações gerais	27
3.2.	Metodologia de ACCV	29
4.	Caso de estudo.....	33
4.1.	Edifícios escolares públicos.....	33
4.1.1.	A Parque Escolar, E.P.E.	33
4.1.2.	Caracterização do portfólio de edifícios escolares públicos em Portugal	37
4.1.3.	Correção de valores	41
4.2.	Aplicação da metodologia de ACCV	42
5.	Análise de resultados	51
5.1.	Tratamento e apresentação dos dados recolhidos.....	51
5.2.	Discussão dos resultados obtidos	70
5.3.	Validação dos resultados obtidos	72
6.	Conclusões e desenvolvimentos futuros.....	77
6.1.	Conclusões	77
6.2.	Desenvolvimentos futuros.....	78
	Referências bibliográficas.....	80
	Anexos	85

Anexos

Anexo A - Exemplos de informação retirada da base de dados Gerador de Preços

Anexo B - Produção de resíduos por setor de atividade económica

Anexo C - Informação económica a nível europeu associada à eliminação de resíduos

Anexo D - Caracterização do portfólio de edifícios escolares públicos em Portugal

Anexo E - Informação económica retirada do ProNIC

Anexo F - Custos atuais líquidos para os elementos de betão armado em análise

Anexo G - Linhas de tendência das correlações entre os custos unitários e as quantidades

Anexo H - Cálculo do custo total de demolição de estrutura de betão armado consoante os diferentes métodos indicados

Índice de figuras

Figura 1: Organização do documento.	2
Figura 2: Elementos do CTCV e do CCV. Adaptado da norma ISO 15686-5 (2014).	6
Figura 3: Potencial de influência no CCV. Adaptado da norma ISO 15686-5 (2014).	8
Figura 4: Informação da avaliação do edifício. Adaptação da norma EN 15643-4 (2012).	9
Figura 5: Martelo pneumático e equipamento de oxicorte (Gerador de Preços, 2019).	19
Figura 6: Retroescavadora com martelo demolidor (Gerador de Preços, 2019).	19
Figura 7: Exemplo de contentor para transporte de resíduos (Gerador de Preços, 2019).	20
Figura 8: Exemplo de camião com saco para transporte de resíduos (Gerador de Preços, 2019). ...	20
Figura 9: Resumo dos elementos de informação, intervenientes e alguns outputs do ProNIC (Salvado & Couto, 2015).	21
Figura 10: Produção de resíduos no setor da construção, com periodicidade bienal (PORDATA (a), 2018).	23
Figura 11: Escola básica e secundária Passos Manuel (exemplo do 1º período de construção) (Parque Escolar, 2019).	35
Figura 12: Escola básica e secundária Gil Vicente – antes e depois (exemplo do 2º período de construção) (Parque Escolar, 2019).	35
Figura 13: Escola secundária Gabriel Pereira (exemplo do 3º período de construção) (Parque Escolar, 2019).	36
Figura 14: Método de seleção do conjunto de edifícios escolares a estudar.	37
Figura 15: Caracterização da amostra – ano de construção das escolas.	38
Figura 16: Exemplos de casos retirados da amostra – à esquerda sobre o elemento “pilares de telheiro” e à direita sobre o elemento “pilares e vigas de betão armado”.	46
Figura 17: Elementos a incluir na análise estatística por unidade de medição.	53
Figura 18: Distribuição dos custos unitários de elementos de betão armado em €/m ³	59
Figura 19: Distribuição dos custos unitários de elementos de betão armado em €/m ²	60
Figura 20: Distribuição dos custos unitários de elementos de betão armado em €/m.	61
Figura 21: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de lajes maciças em €/m ³	61
Figura 22: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de lajes aligeiradas de vigotas em €/m ³	62
Figura 23: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de pavimento térreo em €/m ³	62
Figura 24: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de vigas em €/m ³	62

Figura 25: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de pilares em €/m ³	63
Figura 26: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de paredes em €/m ³	63
Figura 27: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de escadas em €/m ³	63
Figura 28: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de muros em €/m ³	64
Figura 29: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de platibandas em €/m ³	64
Figura 30: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de lajes maciças em €/m ²	64
Figura 31: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de lajes aligeiradas de vigotas em €/m ²	65
Figura 32: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de pavimento térreo em €/m ²	65
Figura 33: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de cobertura em €/m ²	65
Figura 34: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de escadas em €/m ²	65
Figura 35: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de peitoris em €/m.	66
Figura 36: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de muros em €/m.	66

Índice de tabelas

Tabela 1: Custos associados a cada fase do CCV. Adaptado da norma ISO 15686-5 (Resende, 2016).....	7
Tabela 2: Subsistemas de edifícios (adaptado da norma ISO 19208, 2016).....	10
Tabela 3: Informações sobre RCD gerados anualmente a nível global (Yuan & Shen, 2010).	16
Tabela 4: Informação de valores para trabalhos de demolição em reabilitação. Gerador de Preços, 2019	19
Tabela 5: Informação de valores de gestão de resíduos provenientes de reabilitações. Gerador de Preços, 2019	20
Tabela 6: Custos a nível europeu associados ao módulo C2 - transporte de resíduos.....	24
Tabela 7: Custos a nível europeu associados ao módulo C3 - processamento de resíduos	24
Tabela 8: Custos a nível europeu associados ao módulo C4 - eliminação de resíduos.....	25
Tabela 9: Passos da metodologia da ACCV (EN 16627, 2015).....	28
Tabela 10: Custos incluídos na fase do fim de vida (Req. 9.4, EN 16627 (2015) e Anexo B, EN 15643-4 (2012).....	31
Tabela 11: Taxa de inflação total em Portugal (taxa de variação do IPC).	41
Tabela 12: Exemplo de tabela resultante da captação de custos (módulo C1).	46
Tabela 13: Custos de transporte de resíduos. Gerador de Preços, do CYPE Ingenieros, S.A.	47
Tabela 14: Custos recolhidos associados ao transporte de resíduos (Empresa C).	48
Tabela 15: Custos de processamento de resíduos. Gerador de Preços, do CYPE Ingenieros, S.A. ...	48
Tabela 16: Custos de eliminação de resíduos. Gerador de Preços, do CYPE Ingenieros, S.A.	49
Tabela 17: Custos unitários de demolição de vigas e derivados (€/m ³).....	52
Tabela 18: Custos capitalizados (CAL) de demolição de elementos de betão armado, em €/m ³	54
Tabela 19: Custos capitalizados (CAL) de demolição de elementos de betão armado, em €/m ²	56
Tabela 20: Custos capitalizados (CAL) de demolição de elementos de betão armado, em €/m.	57
Tabela 21: Resultados estatísticos incluindo e excluindo os valores extremos da amostra.	58
Tabela 22: Resultados obtidos da estatística descritiva dos custos unitários (€/m ³).	58
Tabela 23: Resultados obtidos da estatística descritiva dos custos unitários (€/m ²).	59
Tabela 24: Resultados obtidos da estatística descritiva dos custos unitários (€/m).	60
Tabela 25: Custos de demolição (€/m ³), Gerador de Preços (CYPE, 2019).....	67
Tabela 26: Custos de demolição (€/m ²), Gerador de Preços (CYPE, 2019).....	67

Tabela 27: Custos de transporte de resíduos inertes (€/m ³), Gerador de Preços (CYPE, 2019).	67
Tabela 28: Custos de processamento de resíduos inertes (€/m ³), Gerador de Preços (CYPE, 2019).	68
Tabela 29: Custos de eliminação de resíduos inertes (€/m ³), Gerador de Preços (CYPE, 2019).	68
Tabela 30: Custos de transporte de resíduos inertes (€/m ³) praticados por empresas do setor.	69
Tabela 31: Custos de processamento de resíduos inertes (€/m ³) praticados por empresas do setor.	69
Tabela 32: Custos de eliminação de resíduos inertes (€/m ³) praticados por empresas do setor.	70
Tabela 33: Custos de eliminação de resíduos inertes (€/m ³).....	70
Tabela 34: Síntese dos custos totais relativos ao módulo C1 – desconstrução.	71
Tabela 35: Síntese dos custos totais relativos ao módulo C2 – transporte de resíduos.....	71
Tabela 36: Síntese dos custos totais relativos ao módulo C3 – processamento de resíduos.	72
Tabela 37: Síntese dos custos totais relativos ao módulo C4 – eliminação de resíduos.....	72
Tabela 38: Custos unitários médios por categorias de quantidades (m ³).....	73
Tabela 39: Custos unitários médios por categorias de quantidades (m ²).....	74
Tabela 40: Custo total de demolição da estrutura de betão armado.	74
Tabela 41: Custos totais estimados para cada módulo do fim de vida (C1 a C4).	75

Lista de acrónimos

ACCV	Análise do Custo do Ciclo de Vida
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CAL	Custo Atual Líquido
CCV	Custo do Ciclo de Vida
CE	Comissão Europeia
CTCV	Custo Total do Ciclo de Vida
CV	Ciclo de Vida
e-GAR	Guias Eletrónicas de Acompanhamento de Resíduos
EN	Norma Europeia
EO	Estimativa Orçamental
FER	Fim do Estatuto de Resíduo
GAF	Gestão de Ativos Físicos
IMPIC	Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção
ISO	Organização Internacional de Normalização
JCETS-MOP	Junta das Construções para o Ensino Técnico e Secundário - Ministério das Obras Públicas
LER	Lista Europeia de Resíduos
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MQT	Mapa de Quantidade de Trabalhos
PE (EPE)	Parque Escolar (Entidade Pública Empresarial)
PMEES	Programa de Modernização das Escolas destinadas ao Ensino Secundário
PPG	Plano de Prevenção e Gestão
ProNIC	Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
SILIAMB	Sistema Integrado de Licenciamento do Ambiente
SIRER	Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos
VAE	Valor Anual Equivalente
VAL	Valor Atual Líquido

1. Introdução

1.1. Enquadramento e âmbito da dissertação

No sector da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) recorre-se ao conceito do Custo do Ciclo de Vida (CCV) não só como ferramenta de engenharia, mas também como ferramenta de gestão, nomeadamente no que respeita a análises de custos, promovendo uma relação entre ambas as vertentes que melhora a gestão dos ativos e apoia a tomada de decisão no futuro, com base na aplicação de conhecimentos sobre o desempenho e os custos já ocorridos (Assis & Julião, 2009).

Com efeito, para um elevado nível de investimento financeiro, a metodologia do CCV releva-se uma abordagem bastante pertinente na gestão uma vez que permite que as organizações rentabilizem os seus ativos de forma a maximizar o valor obtido, incluindo mais informação que permite tomadas de decisão mais sólidas nas fases iniciais, levando a soluções economicamente viáveis que têm em conta riscos e benefícios.

Esta dissertação surge no âmbito do CCV, nomeadamente da análise dos custos associados à fase do fim de vida de estruturas de betão armado. A fase do fim de vida é relevante no ciclo de vida por incorporar diversas variáveis económicas com incerteza associada, como o processamento de resíduos para reutilização, recuperação ou reciclagem e o processo de eliminação. Uma avaliação mais clara durante as fases iniciais do ciclo de vida, com uma estimativa dos custos envolvidos, pode contribuir para melhorar o desempenho económico ao longo das várias fases da vida de um edifício.

A metodologia do CCV em edifícios tem ganho relevância na gestão de ativos físicos a nível nacional e internacional, existindo já diversas normas internacionais e europeias que visam a sua aplicação, como as normas ISO 15686-5 (2014), EN 15643-4 (2012) e a EN 16627 (2015), nas quais se baseia a presente dissertação.

1.2. Objetivo da dissertação

Esta dissertação tem como objetivo a recolha e análise de dados económicos relativos à fase de fim de vida de estruturas de betão armado de edifícios escolares públicos, com base no desenvolvimento e aplicação da metodologia do CCV sugerida nas normas ISO 15686-5 (2014), EN 15643-4 (2012) e a EN 16627 (2015), pretendendo-se obter um conjunto de valores de referência para os encargos associados à fase do fim de vida de edifícios escolares públicos. Determinar estes custos numa fase inicial visa contribuir para o apoio à tomada de decisão por parte das entidades gestoras de património edificado, identificando as soluções mais vantajosas, o que se traduz em tomadas de decisão mais informadas e com maior qualidade.

Com o objetivo de estudar os custos envolvidos na fase de fim de vida pretende-se, então:

- analisar a metodologia do CCV sugerida nas normas EN 16627 (2015) e EN 15643-4 (2012), de forma a identificar a abordagem mais adequada para a sua aplicação à fase de fim de vida;
- aplicar a metodologia a um caso de estudo, constituído por um portfólio de edifícios escolares públicos em Portugal, onde se reúnem os custos alusivos ao período de estudo;
- analisar os dados recolhidos com base numa descrição de médias, criando uma base de dados com valores de referência;
- testar os resultados obtidos com base num exemplo de aplicação, no âmbito do portfólio em análise.

O caso de estudo da presente dissertação envolve um portfólio de edifícios escolares públicos que sofreram intervenções no âmbito do *Programa de Modernização das Escolas destinadas ao Ensino Secundário* (PMEES), pela Parque Escolar, E.P.E., pelo que esta dissertação foi desenvolvida com o apoio do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

1.3. Metodologia e organização do documento

A estrutura deste documento pretende apresentar e esclarecer os conceitos mais relevantes relativos ao tema em estudo, permitindo o acompanhamento e a compreensão do mesmo ao longo do seu desenvolvimento até às conclusões finais. Esta dissertação está dividida em 6 capítulos, que se apresentam na Figura 1.

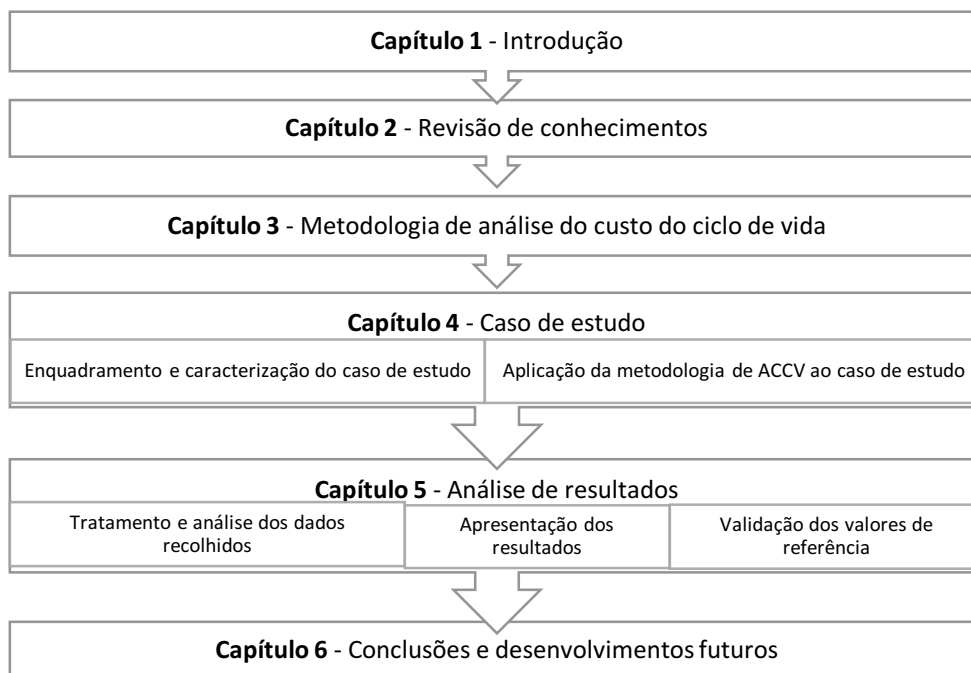


Figura 1: Organização do documento

O presente capítulo introduz e enquadra o tema da dissertação, define os objetivos que se pretende alcançar e esclarece sobre a metodologia de trabalho a seguir. No capítulo 2 tem-se o enquadramento da revisão de conhecimentos sobre o tema, isto é, são apresentados os conceitos e as temáticas cuja compreensão se considera necessária para o desenvolvimento do trabalho, bem como o seu

enquadramento normativo. Assim, neste capítulo trata-se de temas como a Gestão de Ativos Físicos e a Análise do Custo do Ciclo de Vida associados ao propósito da análise económica de edifícios, descrevem-se os vários módulos pertencentes à fase de fim de vida e, por fim, procede-se a um levantamento da informação económica sobre o fim de vida, tanto a nível nacional como internacional, com o objetivo de reunir conhecimento relevante e referências comparativas para o desenvolvimento deste trabalho.

O capítulo 3 apresenta a metodologia de análise do Custo do Ciclo de Vida de forma genérica e com base nas referências normativas, incluindo a apresentação das normas e algumas considerações gerais sobre a metodologia a ter em conta. Segue-se o capítulo 4, onde se introduz o caso de estudo e se caracteriza o portfólio de edifícios escolares públicos em Portugal e, de seguida, se aplica a metodologia de acordo com os requisitos definidos. Na sequência da aplicação da metodologia de ACCV, neste capítulo tem-se o processo de captação de custos associados à fase do CV em estudo.

O capítulo 5 inclui o processo de tratamento dos dados recolhidos, bem como a análise dos resultados obtidos e a apresentação de todos os resultados, constituindo-se uma base de dados com valores de referência. Neste capítulo procede-se, ainda, à validação dos resultados obtidos.

Finalmente, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões finais sobre o trabalho desenvolvido, bem como alguns desenvolvimentos futuros que se consideram interessantes como complemento ao trabalho que compõe esta dissertação.

2. Revisão de conhecimentos

Nesta secção apresenta-se uma abordagem teórica dos conceitos que serão relevantes no desenvolvimento desta dissertação, do geral para o particular.

O presente capítulo começa pelo enquadramento de temas como a Gestão de Ativos Físicos (GAF) e a Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) no âmbito da análise económica de edifícios. Este estudo é canalizado para os módulos associados à fase do fim de vida de edifícios sendo que, neste contexto, é ainda abordado o conceito de Gestão de Resíduos. Esta secção termina com um levantamento da informação económica sobre o fim de vida de edifícios tanto em Portugal como a nível internacional.

2.1. Análise económica de edifícios

2.1.1. Gestão de ativos físicos

A gestão de ativos físicos (GAF), baseada na família de normas ISO 55000 publicada pela *Organização Internacional de Normalização (ISO)*, entende-se como um conjunto de atividades executadas de forma coordenada e sistemática pelas organizações no sentido de gerar valor a partir dos seus ativos físicos, rentabilizando-os ao máximo, a partir de um equilíbrio entre custos financeiros, ambientais e sociais, risco, qualidade de serviço e desempenho dos ativos. Esta gestão envolve todas as fases do ciclo de vida do ativo, que se define como o período desde a sua conceção até ao fim da sua vida útil. Um ativo físico é um bem que tem valor (potencial ou real) para uma organização, que pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro e inclui a consideração de riscos, referindo-se, no geral, a equipamentos e/ou propriedades detidas pelas organizações (ISO 55000, 2014).

A realização desse valor tem por base a gestão do ativo ao longo de todo o seu ciclo de vida de forma eficaz e de acordo com a estratégia da organização, por forma a cumprir os objetivos estabelecidos pela parte da gestão de topo (IAM, 2012). Segundo a norma ISO 55000, a política de gestão permite o desenvolvimento de planos estratégicos para gerir os ativos, sendo que os maiores benefícios da GAF passam por um melhor desempenho financeiro, melhorando o retorno dos investimentos e reduzindo os custos e tomadas de decisão mais informadas sobre o investimento no ativo, equilibrando custos, riscos, oportunidades e desempenho (ISO 55000, 2014).

2.1.2. Análise do custo do ciclo de vida de edifícios

Custo do Ciclo de Vida (CCV)

O Custo do Ciclo de Vida é um método de análise e otimização do custo total de um ativo, revelando-se uma ferramenta, tanto de engenharia como de gestão, que procura influenciar a mudança para uma postura proactiva na política de custos das empresas permitindo prever, antes da seleção, os custos totais associados aos ativos durante a sua vida útil (Assis & Julião, 2009). A maioria das empresas segue modelos reativos de gestão de ativos físicos, tomando as decisões com base no seu investimento inicial e, só posteriormente, tenta otimizar os custos de exploração associados. No

entanto, o impacto do investimento efetuado num ativo é traduzido pelo CCV e não pelo valor do investimento inicial, visto que os custos de operação e manutenção de um edifício podem exceder em muito os custos iniciais (White e Ostwald, citados por Assis e Julião, 2009).

A metodologia do CCV é regulada a nível internacional pela norma ISO 15686-5 (2014), que define CCV como o custo de um ativo ou das suas partes ao longo do seu ciclo de vida (CV), enquanto cumpre os requisitos de desempenho. A referida norma define ainda ciclo de vida como as etapas consecutivas e interligadas na vida do objeto em consideração, sendo que o CV de um ativo físico compreende todas as etapas desde a construção, operação e manutenção até ao fim da vida útil, incluindo, ainda, o desmantelamento, desconstrução e eliminação do ativo. O CCV é apenas uma parcela do custo total do ciclo de vida (CTCV), que abrange igualmente outras parcelas de custos que se representam na Figura 2 (ISO 15686-5, 2014).

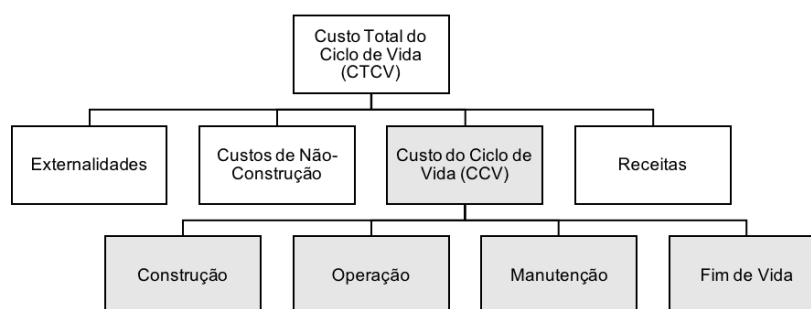


Figura 2: Elementos do CTCV e do CCV. Adaptado da norma ISO 15686-5 (2014).

Vários autores contribuíram para a literatura sobre o CCV, entre os quais Davis Langdon, nomeado para o efeito pela Comissão Europeia (CE) em 2007, que desenvolveu uma metodologia do CCV comum a nível europeu. Com base na norma ISO 15686 (2006), Langdon definiu uma base comum e consistente para a avaliação do custo do ciclo de vida em toda a Europa, melhorando a sustentabilidade do ambiente construído, sem substituir os modelos de decisão e as abordagens específicas para cada país (Langdon, 2007). Com efeito, segundo Langdon o desenvolvimento da metodologia pretende melhorar a competitividade da indústria da construção, bem como a consciência do setor relativamente à influência das metas ambientais no CCV. O desenvolvimento desta metodologia pretende ainda melhorar a otimização dos custos a longo prazo e a geração de informação comparável a nível europeu. Esta metodologia visa melhorar o valor oferecido aos clientes e a sua confiança para investir pela abordagem do CCV.

De forma semelhante, o Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS) define a metodologia do CCV como uma ferramenta para auxiliar na avaliação do desempenho do ativo, sendo utilizada tanto para fins de orçamentação (previsão de fluxos de caixa) como para a avaliação de opções. A aplicação da metodologia pretende facilitar a escolha entre soluções alternativas para atingir os objetivos das partes interessadas, permitindo que estas alternativas sejam comparadas nos mesmos termos de base e garantindo que a opção selecionada representa a melhor relação custo-benefício para as partes interessadas (RICS, 2016). Em 2015, os autores Liapis e Kantianis citam o RICS (1987) indicando quatro objetivos da aplicação da metodologia do CCV, sendo estes:

- permitir que as opções de investimento sejam avaliadas de forma mais eficaz;

- considerar o impacto de todos os custos sobre o ativo e não apenas os custos iniciais de capital;
- auxiliar na gestão eficaz dos edifícios e projetos concluídos;
- facilitar a escolha entre alternativas concorrentes.

A norma ISO 15686-5 (2014) subdivide a parcela do CCV nas fases de construção, operação, manutenção e fim de vida, às quais se associam os custos genéricos enunciados na Tabela 1.

Tabela 1: Custos associados a cada fase do CCV. Adaptado da norma ISO 15686-5 (Resende, 2016).

Custo do Ciclo de Vida (ISO 15686-5, 2014)			
Construção	Operação	Manutenção	Fim de vida
Honorários profissionais	Aluguer/arrendamento	Gestão da manutenção	Inspeções de eliminação
Trabalhos temporários	Seguros	Adaptação ou renovação dos ativos em uso	Eliminação e demolição
Construção do ativo	Despesas cíclicas regulamentares	Reparação e/ou substituição dos componentes de menor dimensão	Reintegração dos requisitos contratuais
Adaptação inicial ou renovação do ativo	Serviços	Substituição dos principais sistemas ou componentes	Impostos
Impostos	Impostos	Limpeza	
		Manutenção do terreno	
		Renovação estética	
		Impostos	

Não é necessário que cada um dos pontos enunciados seja considerado na análise do CCV, sendo que as várias classificações sugeridas pela literatura pretendem ser apenas uma orientação na definição do âmbito específico da análise, fornecendo uma base estruturada para o efeito (ISO 15686-5, 2014). De igual modo, o período de análise adotado para a aplicação da metodologia do CCV pode também variar em cada caso, podendo esta ser aplicada durante todo o ciclo de vida do ativo ou apenas a um período limitado, correspondente aos objetivos das partes interessadas e devendo estar bem explícito no âmbito da análise (Langdon, 2007).

Os custos de grandes intervenções de manutenção e de substituição devem ser também incluídos no plano do CCV, embora esse plano possa exigir uma revisão aquando da ocorrência dessas atividades (ISO 15686-5, 2014).

Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV)

Apesar de tratarem temas distintos, a gestão de ativos físicos e a análise de custo do ciclo de vida (ACCV) são conceitos praticamente indissociáveis (Vieira J. , 2017). A norma ISO 15686-5 (2014) define a ACCV como uma metodologia para a avaliação económica sistemática do custo do ciclo de vida durante o período de análise, definido no âmbito da mesma. Regra geral, a ACCV pode ser usada durante as quatro fases principais do CV de qualquer ativo construído:

- a) fase de planeamento dos projetos e de investimento – análise de opções estratégicas de CCV e de CTCV (pré-construção);
- b) fase de projeto e de construção – CCV durante a construção a vários níveis;
- c) fase de ocupação – CCV durante a utilização do ativo (pós-construção);
- d) fase de eliminação – CCV no fim de vida.

A análise de CCV tem influência na tomada de decisão por parte da gestão a vários níveis. Neste sentido, a norma ISO 15686-5 (2014) realça essa influência a nível da avaliação de diferentes cenários de investimento na fase de planeamento, da escolha entre alternativas de projetos durante as fases de conceção e construção, bem como entre componentes e/ou soluções alternativas – que apresentem um desempenho aceitável – durante as fases de construção e de utilização. A norma refere ainda a influência sobre a estimativa de custos futuros para propósitos de orçamentação (ISO 15686-5, 2014).

Com efeito, as fases de planeamento e projeto são onde o potencial de influência no CCV é maior, uma vez que a oportunidade de influenciar as opções de projeto e construção fica cada vez mais limitada com o decorrer da vida útil do ativo. De acordo com a norma ISO 15686-5, até 80% dos custos de operação, manutenção e substituição de um edifício podem ser influenciados nos primeiros 20% do desenvolvimento do projeto. As alterações de menor impacto a nível económico são as alterações feitas numa fase inicial do projeto, quando comparadas com quaisquer alterações feitas em fases mais avançadas do CV do ativo (Almeida, 2016).

A Figura 3 traduz um indicador de influência do CCV, no âmbito da economia de custos, que é possível atingir durante as fases do ciclo de vida do projeto.

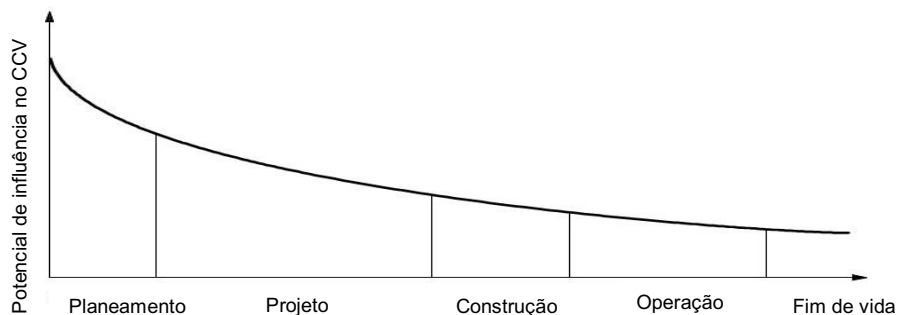


Figura 3: Potencial de influência no CCV. Adaptado da norma ISO 15686-5 (2014).

A ACCV deve ser desenvolvida em paralelo com o projeto, fazendo-se uma revisão contínua aos princípios iniciais da ACCV à medida que o detalhe do projeto se desenvolve, procedendo-se à sua otimização ou mesmo substituição por uma análise melhorada e mais aprofundada (ISO 15686-5, 2014).

A norma EN 15643-4 (2012), que propõe um sistema para a avaliação da sustentabilidade de edifícios baseado numa abordagem de CV (Almeida, 2016), apresenta o ciclo de vida dividido em três fases relevantes para a análise, com as seguintes designações: módulo A – fase antes de utilização, módulo

B – fase de utilização e módulo C – fase de fim de vida. Esta divisão é apresentada na Figura 4, constituindo uma adaptação¹ da norma EN 15643-4 (2012).

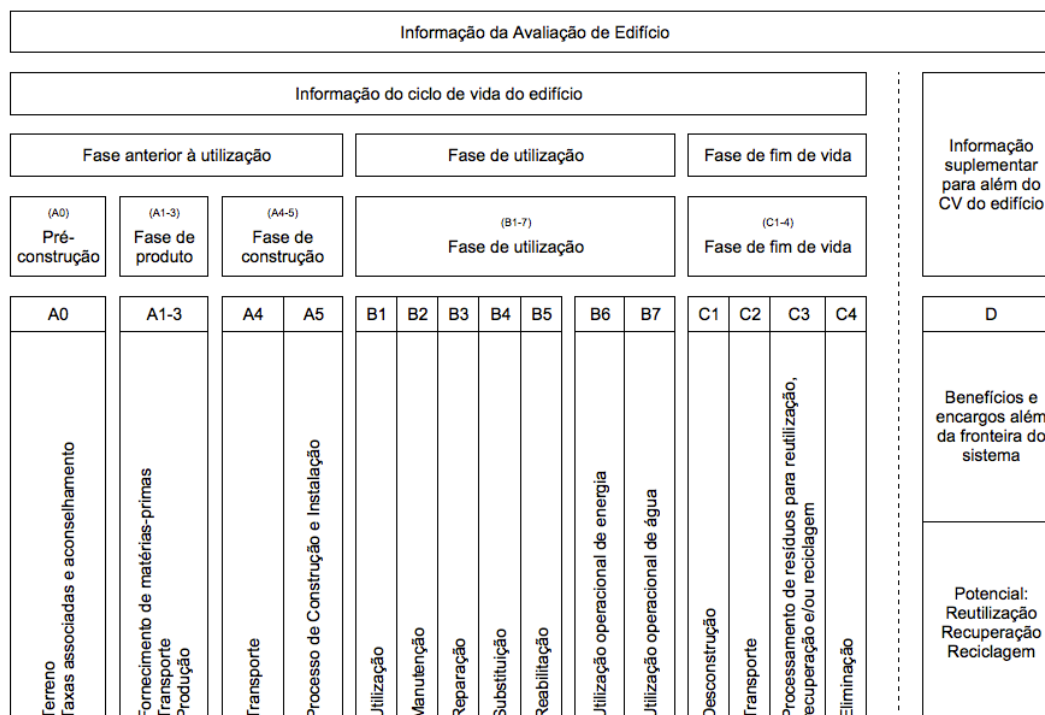


Figura 4: Informação da avaliação do edifício. Adaptação da norma EN 15643-4 (2012).

A norma EN 15643-4 (2012) define sustentabilidade como a capacidade de manutenção do sistema para as gerações presentes e futuras, assumindo que o conceito de sistema compreende aspetos ambientais, sociais e económicos. Embora a avaliação da sustentabilidade compreenda os três aspetos, a parte 4 da referida norma centra-se apenas na avaliação do desempenho económico, indicando, para as várias fases definidas, os aspetos e impactos económicos a si associados.

Define-se aspeto económico como aspetos das obras de construção, parte das obras, processos ou serviços relacionados com os seus ciclos de vida que podem causar alterações nas condições económicas. Por outro lado, define-se impactos económicos como qualquer alteração das condições económicas, adversas ou benéficas, total ou parcialmente resultante de aspetos económicos.

2.2. Fase do fim de vida de estruturas de edifícios

Como já foi referido, a metodologia do CCV pode ser aplicada apenas a determinadas partes do ativo, tanto a nível do sistema em si como a nível do seu CV. A norma ISO 19208 (2016) apresenta uma divisão do edifício em subsistemas com base na função, como se observa na Tabela 2.

¹ A adaptação representada na Figura 4 da presente dissertação tem como base a norma NP EN 15643-4 (2015), consultada em Outubro de 2018, no Instituto Português da Qualidade (IPQ). Uma vez que existem várias abordagens de tradução para determinados termos, não havendo um consenso entre os autores em Portugal, optou-se por uma adaptação das duas versões.

Os subsistemas² são os seguintes (ISO 19208, 2016):

- Estrutura do edifício;
- Espaços;
- Partições e confinantes exteriores;
- Partições e confinantes interiores;
- Instalações técnicas.

Tabela 2: Subsistemas de edifícios (adaptado da norma ISO 19208, 2016).

Subsistema	Exemplos de componentes e/ou instalações
Estrutura	Fundações e superestrutura (estrutura de betão armado; estrutura metálica).
Espaços	Envolvente abaixo do solo, envolvente acima do solo e aberturas.
Partições e confinantes exteriores	Divisórias externas verticais e horizontais (paredes, portas, pavimentos) e escadas.
Partições e confinantes interiores	Divisórias internas verticais e horizontais (paredes, portas, pavimentos) e escadas.
Instalações técnicas	Distribuição e drenagem de águas; aquecimento e ventilação; distribuição de gás, eletricidade, telecomunicações, transporte mecânico e eletromecânico; transporte pneumático e gravítico e segurança.

Esta dissertação centra-se apenas no subsistema *estrutura do edifício*, em particular em elementos estruturais de betão armado, como se verá mais à frente.

Como já apresentado no final na secção 2.1.2. desta dissertação (Figura 4), com base na norma EN 15643-4 (2012), o ciclo de vida pode ser dividido em três fases: a fase anterior à utilização, a fase de utilização e a fase de fim de vida. Neste subcapítulo apresentam-se as três fases, com base nas normas EN 16627 (2015) e EN 15643-4 (2012), pretendendo-se uma maior incidência sobre a fase de fim de vida (módulo C).

Fase anterior à utilização

O módulo A corresponde à fase anterior à utilização, que inclui três etapas: a pré-construção (A0), a fase de produto (A1-A3) e o processo de construção (A4-A5). A norma EN 16627 (2015) descreve sumariamente estas etapas, sendo que a fase de pré-construção (A0) inclui os custos diretamente relacionados com a aquisição do local da construção, impostos incorridos pelo local e honorários profissionais³. A fase de produto (A1-A3) corresponde aos processos de produção em fábrica, isto é, os processos que antecedem a fase de construção, para as matérias-primas e serviços usados na construção do ativo. Por fim, o processo de construção (A4-A5) inclui os processos desde que os

² Como sugestão de tradução dos termos constantes na norma ISO 19208 foi consultado (Almeida, N., 2011).

³ Segundo a NP EN 15643-4 (2015), consultada em Outubro de 2018 no Instituto Português da Qualidade (IPQ), os honorários profissionais são “todos os pagamentos inerentes à elaboração do projeto, incluindo os estudos de viabilidade, de planeamento e de dimensionamento”.

diferentes produtos de construção saem de fábrica até à conclusão da obra (incluindo quer os trabalhos temporários e de preparação como trabalhos de exterior e paisagismo e honorários profissionais) (EN 15643-4, 2012).

Fase de utilização

O módulo B corresponde à fase de utilização, que abrange o período compreendido entre a conclusão e a entrega da obra até ao momento em que o edifício é desconstruído ou demolido. A fase de utilização inclui, não se limitando a, todos os custos relacionados com a utilização e manutenção do edifício, com a sua gestão, inspeção, reparação, substituição e/ou remodelação ao longo desta fase do CV (EN 16627, 2015). O módulo em si subdivide-se em dois blocos, em que o bloco B1-B5 diz respeito à utilização do edifício, excluindo aspetos associados à sua exploração, e o bloco B6-B7 corresponde à exploração do edifício – período entre a entrega do ativo construído até ao fim de vida.

Com base nas normas EN 15643-4 (2012), no âmbito da avaliação de desempenho económico, o bloco B1-B5 engloba os seguintes impactos e aspetos económicos:

- custos associados aos seguros do edifício,
- aluguer a terceiros;
- custos regulamentares periódicos;
- taxas;
- subsídios e incentivos;
- receitas provenientes da venda de bens imobiliários ou de elementos do mesmo, mas que não façam parte de uma eliminação final;
- custos associados a terceiros durante a exploração;
- reparações e substituições de componentes menores;
- reparações ou remodelações de sistemas e componentes principais;
- custos associados à adaptação do bem imobiliário – adaptação ou modificação de edifícios existentes;
- limpeza;
- manutenção de terrenos;
- redecoração;
- inspeções no final do período de concessão;
- fim de concessão;
- custos de gestão das instalações junto ao edifício.

Os custos de exploração englobam os gastos de energia e de água pelo ativo ao longo do período de utilização, pelo que a exploração do edifício (bloco B6-B7) inclui:

- custos energéticos de exploração;
- custos relativos à água em etapa de exploração;
- taxas;
- subsídios e incentivos.

Fase de fim de vida

No âmbito desta dissertação estão os custos associados à fase de fim da vida do edifício, que começa quando este é desativado e desmantelado, não se destinando a qualquer outra utilização. Considera-se que o edifício chegou ao fim da sua vida útil quando todos os materiais e componentes foram retirados, estando o local pronto para uma futura utilização (EN 16627, 2015). A desconstrução ou demolição de um edifício em fim de vida gera uma fonte de materiais que devem ser recuperados, reciclados, reutilizados ou eliminados. O módulo C corresponde à fase posterior à utilização e inclui os seguintes custos relativos à fase de fim de vida do edifício (EN 15643-4, 2012):

- desconstrução/desmontagem, demolição;
- todos os custos de transporte associados aos processos de desconstrução e de eliminação do bem imobiliário construído;
- custos provenientes da reutilização, da reciclagem e da valorização energética no fim de vida;
- honorários e taxas.

O módulo C, relativo à fase de fim da vida do edifício, inclui os módulos C1-C4, com as seguintes designações:

- Desconstrução (módulo C1)
- Transporte (módulo C2)
- Processamento de resíduos para reutilização, recuperação e/ou reciclagem (módulo C3)
- Eliminação (módulo C4)

Apresentam-se de seguida os custos a considerar em cada módulo da fase de fim de vida, segundo a norma relativa aos métodos de cálculo do desempenho económico, EN 16627 (2015).

2.2.1. Desconstrução

O módulo C1 diz respeito à desconstrução do edifício, que abrange tanto o processo de desconstrução como de demolição. O módulo inclui os custos associados a operações no local e operações realizadas em obras temporárias fora do local, conforme necessário para o processo, desde o desmantelamento até, inclusive, a desconstrução/desmontagem ou demolição (EN 16627, 2015).

Importa sublinhar a diferença entre demolição convencional e desconstrução. A demolição convencional é associada à destruição parcial ou total da construção, não considerando o eventual reaproveitamento dos materiais ou componentes resultantes. Devido à evolução gradual da sustentabilidade no setor da construção tem-se, atualmente, o conceito de demolição seletiva ou desconstrução, que consiste num conjunto de processos e métodos em que alguns dos procedimentos construtivos são invertidos. Com efeito, a demolição seletiva pretende que a construção seja cuidadosamente desmantelada de modo a possibilitar a máxima recuperação de materiais e de componentes, promovendo a sua posterior reutilização ou reciclagem (reduzindo a extração de

recursos naturais) e diminuindo a quantidade de resíduos enviados para aterro ou depositados de forma ilegal (Vieira & Lopes, 2018a)⁴.

A nível económico, as vantagens da demolição seletiva passam, essencialmente, pela geração de receita associada à venda de materiais recuperados (Vieira & Lopes, 2018a). Através deste método tem-se uma redução na quantidade final de RCD para processamento, resíduos estes que podem ser considerados como “inertes limpos”, sendo que o resultado do seu processamento é um agregado reciclado com uma baixa percentagem de impurezas (Di Maria *et al.*, 2018).

Os cenários de desmantelamento e desconstrução serão restritos aos processos e às atividades no local e devem conter a descrição de todos os processos relevantes que são considerados necessários para a desconstrução do edifício (EN 16627, 2015).

2.2.2. Transporte

O módulo C2 corresponde aos custos associados ao transporte de materiais para eliminação ou até o material atingir o seu *Fim do Estatuto de Resíduo*⁵ (ver capítulo 2.2.3.), ou seja, neste módulo inserem-se os custos derivados do transporte para locais ou entidades responsáveis pela reciclagem ou para o local de eliminação. O módulo deve ainda incluir os custos de transporte de e para locais de possível armazenamento/processamento intermediário (EN 16627, 2015). A norma EN 16627 (2015) refere, também, que os cenários desenvolvidos para o módulo C2 devem ter o nível de detalhe necessário para determinar os custos relevantes.

Em Portugal, desde 2017 que o transporte de resíduos passou a estar regulado pela Portaria n.º 145/2017, de 26 de abril, que criou as “Guias Eletrónicas de Acompanhamento de Resíduos” (e-GAR), emitidas no Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos (SIRER), um sistema de informação apenas sobre resíduos, composto por diferentes módulos que funcionam no Sistema Integrado de Licenciamento do Ambiente (SILIAMB). As e-GAR estão em funcionamento desde 2017, tendo-se tornado obrigatórias a partir de 1 de janeiro de 2018 (Vieira & Lopes, 2018b)⁶. A emissão das guias deve ser efetuada pelo produtor dos resíduos, sendo que as mesmas são aplicáveis ao transporte rodoviário, ferroviário, marítimo, fluvial e aéreo de resíduos em território nacional. As organizações envolvidas têm de estar registadas no SILIAMB e têm de ter criados os estabelecimentos (APA, 2018).

⁴ Curso e-learning intitulado “Resíduos de Construção e Demolição: prevenção e valorização” (Fevereiro, 2019), organizado pela Associação Smart Waste Portugal em colaboração com a Universidade do Porto.

⁵ Tradução da expressão “end-of-waste state” (EN 16627, 2015).

⁶ Curso e-learning intitulado “Resíduos de Construção e Demolição: prevenção e valorização” (Fevereiro, 2019), organizado pela Associação Smart Waste Portugal em colaboração com a Universidade do Porto.

2.2.3. Processamento de resíduos para reutilização, recuperação e/ou reciclagem

O módulo C3 refere-se aos custos de processamento de resíduos, que faz parte do ciclo de vida do edifício e está intrinsecamente ligado com a fase final do CV de qualquer ativo, até ser atingido o *Fim do Estatuto de Resíduo*⁷ (FER). Durante a fase de fim de vida, todos os elementos que saem do edifício resultantes dos processos de desmantelamento, desconstrução ou demolição do edifício, de atividades de manutenção, reparação, substituição ou renovação e todos os detritos, materiais, produtos ou elementos de construção são inicialmente considerados como resíduos. Com efeito, estas saídas atingem o FER quando cumprem todas as condições descritas de seguida (EN 16627, 2015):

- o material, produto ou elemento de construção recuperado é utilizado para fins específicos;
- existe um mercado ou procura identificados para determinado material, produto ou elemento de construção recuperado;
- o material, produto ou elemento de construção recuperado preenche os requisitos técnicos para os fins específicos e cumpre a legislação e normas existentes aplicáveis aos produtos;
- a utilização do material, produto ou elemento de construção recuperado não conduzirá a impactos adversos globais para a saúde humana ou ambiental.

O módulo C3 inclui ainda quaisquer custos incorridos por operações no local e operações realizadas em obras temporárias, localizadas fora do local, para processamento de resíduos (EN 16627, 2015).

Quanto aos cenários, estes devem descrever os processos de tratamento de resíduos, como a triagem, processos de preparação para reutilização, reciclagem e recuperação energética, até ao momento em que as saídas do desmantelamento, desconstrução ou demolição do edifício ou obras de construção deixam de ser resíduos. Note-se que estes processos também podem gerar materiais para eliminação, sendo igualmente atribuídos ao módulo C3 (EN 16627, 2015).

No âmbito da gestão de resíduos, e com o objetivo de reforçar a prevenção da produção de resíduos e promover a sua reutilização e reciclagem, em 2011 surge o Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho, que altera o regime da gestão de resíduos e transpõe a Diretiva 2008/98/CE, do Parlamento Europeu, relativa aos resíduos (Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho).

O conceito de Resíduo de Construção e Demolição (RCD) é definido no Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho como “o resíduo proveniente de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações”. Segundo a Comissão Europeia sobre o ambiente, em alguns países mesmo os materiais de terraplenagem são considerados como RCD (Comissão Europeia, 2018).

A Diretiva n.º 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, estabelece o enquadramento legal para o tratamento dos resíduos da Comunidade, definindo gestão de resíduos como “a recolha, o transporte, a valorização e a eliminação dos resíduos, incluindo a supervisão destas

⁷ O *Fim de Estatuto de Resíduo* – FER – é estabelecido no artigo 44-B do RGGR (APA, 2018).

operações, a manutenção dos locais de eliminação após encerramento e as medidas tomadas na qualidade de comerciante ou corretor”. Esta diretiva define ainda, no n.º 1 do Art.º 4.º, a hierarquia dos resíduos, tendo em conta que, ao ser aplicada, os Estados-Membros devem tomar medidas para incentivar as opções que conduzam aos melhores resultados ambientais globais. Tem-se:

1. Prevenção e redução
2. Preparação para a reutilização
3. Reciclagem
4. Outros tipos de valorização
5. Eliminação

Yuan e Shen (2010), citando Peng et al. (1997), afirmam que os impactos no ambiente da aplicação das estratégias acima enumeradas estão em ordem crescente, ou seja, a redução de resíduos será a opção que terá menor impacto no ambiente, enquanto que a sua eliminação será a opção que apresenta maior impacto ambiental. As três estratégias (reduzir, reutilizar e reciclar) são também conhecidas como o princípio dos “3R” da gestão de resíduos (Yuan & Shen, 2010).

A valorização em si é tida como uma operação de reaproveitamento de resíduos. A reciclagem de RCD é, com efeito, uma operação de valorização. Em termos mais concretos, a valorização é qualquer operação cujo resultado principal seja a transformação dos resíduos de modo a servirem um fim útil, substituindo outros materiais que, caso contrário, teriam sido utilizados para esse fim (Vieira & Lopes, 2018a).

O setor da construção gera cerca de 35% dos resíduos do mundo e consome perto de 40% do total de matérias-primas extraídas globalmente (Di Maria *et al.*, 2018), sendo o setor em que se regista uma utilização mais intensiva de materiais (INE, I.P., 2018).

Com efeito, o setor da construção é responsável por uma parte muito significativa dos resíduos produzidos em Portugal, bem como na generalidade dos demais estados-membros da União Europeia (APA, 2018). Segundo a APA, estima-se uma produção anual global na União Europeia de 100 milhões de toneladas de RCD, representando cerca de 25 a 30% de todos os resíduos gerados na UE de acordo com os dados da Comissão Europeia (Comissão Europeia, 2018).

Yuan e Shen (2010), no seu estudo onde analisam as publicações sobre a gestão de resíduos de construção e demolição no período de 2000 a 2009, apresentam alguns valores relevantes de quantidades de RCD tanto na União Europeia como a nível global. Apresenta-se uma síntese da informação recolhida na Tabela 3.

Segundo Di Maria *et al.* (2018), de acordo com as estatísticas mais recentes do Eurostat (2017) à data do estudo, países como França, Reino Unido e Países Baixos são os responsáveis por 74% de todos os RCD gerados na UE. Os outros 26% correspondem aos restantes países da UE, onde se inclui Portugal (Di Maria *et al.*, 2018).

Tabela 3: Informações sobre RCD gerados anualmente a nível global (Yuan & Shen, 2010).

País	Observação	Fonte
EUA	São geradas cerca de 136 milhões de toneladas de RCD por ano (dos quais só 20-30% são reciclados).	<i>Sandler e Swingle, 2006</i>
Reino Unido	São geradas perto de 70 milhões de toneladas de RCD por ano.	<i>DETR, 2000</i>
Austrália	Os RCD são 16 a 40% do total de resíduos sólidos gerados.	<i>Bell, 1998</i>
China	Em 2007 foram recebidas em Hong Kong, por dia, 2.900 toneladas de RCD em aterro.	<i>Hong Kong, EPD (Dep. de Proteção Ambiental), 2007</i>
	A China produz 29% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do mundo a cada ano, dos quais as atividades de construção contribuem para quase 40%.	<i>Dong et al., 2001 Wang et al., 2008</i>

A produção de resíduos no setor da construção civil tem algumas dificuldades inerentes, para além das quantidades muito significativas que lhe estão associadas, ressalva-se a sua difícil quantificação, a deposição não controlada dos resíduos e o carácter geograficamente disperso e temporário das obras, que dificulta o controlo e a fiscalização do desempenho ambiental (APA, 2018).

A Diretiva nº 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, estabelece metas de reciclagem de RCD, pretendendo avançar para uma sociedade europeia de reciclagem com um elevado nível de eficiência dos recursos. Assim, determina-se que os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para que, até 2020, a preparação dos resíduos para a reutilização, reciclagem e outras operações de valorização alcance a meta de 70% em peso. A legislação visa privilegiar a prevenção da produção dos resíduos e o recurso à triagem na origem, à reciclagem e a outras formas de valorização, diminuindo-se desta forma a utilização de recursos naturais e minimizando a deposição em aterro (APA, 2018).

Em 2012, alguns países como a Alemanha, Dinamarca, Bélgica e Holanda tinham já alcançado a referida meta, enquanto nos restantes países da UE (entre os quais Portugal, Itália e Espanha) a gestão sustentável de RCD se encontrava ainda numa fase primitiva, sendo o destino mais comum o depósito em aterro (Di Maria *et al.*, 2018). Como exemplo do desenvolvimento de alguns países da Europa tem-se a estação de reciclagem de Copenhaga, que abriu em 2017 com o nome *Amager Ressource Center* (Visit Copenhagen, 2018), edifício também conhecido como *Amager Bakke* ou “Copenhill”, que visa processar cerca de 400 mil toneladas de resíduos por ano. Dados da Agência Europeia do Ambiente mostravam, em 2013, que apenas 4% do lixo produzido no país vai para aterros a céu aberto, sendo que 42% é reciclado e 54% transformado em energia (Observador, 2015).

Com o objetivo de auxiliar as partes interessadas (profissionais do setor, autoridades públicas, organismos de certificação da qualidade e clientes de materiais reciclados) a lidar de forma adequada com o fluxo de resíduos, em 2016 a Comissão Europeia introduziu o Protocolo de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição, de carácter voluntário, traduzido para várias línguas da UE para promover a sua utilização (Comissão Europeia, 2018). De um modo geral, o objetivo do protocolo é reforçar a confiança no processo de gestão dos RCD e na qualidade dos materiais de RCD reciclados,

apresentando orientações de melhorias tanto a nível da identificação, da separação na origem e da recolha de resíduos como a nível de logística associada e do seu processamento. O protocolo aponta também para a questão da gestão da qualidade, abordando tanto a qualidade do processo como dos produtos (normalização relativa aos produtos reciclados), e para as condições políticas e de enquadramento adequadas. A utilização do protocolo vai ao encontro do objetivo da CE acima referido relativo à meta de reciclagem dos RCD até 2020, integrando-se também com a intenção da economia circular (CE, 2016).

2.2.4. Eliminação

O módulo C4 trata do processo de eliminação, incluindo os custos do possível tratamento dos resíduos após o seu transporte e antes da eliminação, bem como os custos relativos à gestão do local de eliminação. Os custos da eliminação de resíduos no módulo C4 são considerados parte do ciclo de vida do edifício, de acordo com o princípio do poluidor-pagador⁸, entenda-se, ao encargo do produtor dos resíduos (EN 16627, 2015).

Segundo a norma EN 16627 (2015), o módulo C4 quantifica todos os custos resultantes da eliminação final de materiais, incluindo a sua neutralização, incineração ou a colocação em aterro. Os cenários para a eliminação de resíduos devem descrever tanto a eliminação final em si como os processos (neutralização, incineração com ou sem utilização de energia, aterro com ou sem utilização de gases de aterro, entre outros), ou atividades (como seu o acondicionamento) necessárias antes da eliminação final, quando esta informação não está coberta nos módulos C1 a C3.

Relativa à eliminação de resíduos, desde 2007 que vigora, em Portugal, a Taxa de Gestão de Resíduos (TGR), criada pelo Regime Geral da Gestão de Resíduos publicado pelo Decreto-lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro (Artigo 58.º), tendo sofrido a sua última alteração com a publicação da Lei n.º 82-D/2014 de 31 de Dezembro (APA, 2018). A TGR pretende contribuir para melhorar o comportamento dos intervenientes, tanto operadores económicos como consumidores finais, no sentido de reduzir a produção de resíduos e de adotar uma gestão mais eficiente, que permita estimular o cumprimento dos objetivos nacionais em matéria de gestão de resíduos. Além da influência a nível da modelação de comportamento, no regime da TGR prevê-se que a verba alcançada seja remetida para os objetivos de gestão de resíduos referidos. Segundo a APA, os valores da TGR entre 2015 e 2020 são 5,50€/t (2015), 6,60€/t (2016), 7,70€/t (2017), 8,80€/t (2018), 9,90€/t (2019) e 11,0€/t (2020). São isentos do pagamento de TGR os casos onde a solução técnica é imposta por lei, nomeadamente a incineração obrigatória dos resíduos hospitalares do Grupo IV e a deposição em aterro dos resíduos de construção e demolição contendo amianto (APA, 2018).

⁸ Tradução de: *“polluter pays” principle*

Note-se que qualquer rendimento para o proprietário do edifício, resultante da venda do terreno ou do processo de eliminação de resíduos, é atribuído ao módulo D (ver Figura 4, no final da secção 2.1.2. desta dissertação). Este módulo inclui informação suplementar para além do ciclo de vida do edifício e aborda os benefícios e os encargos além dos limites do sistema, considerando os componentes para reutilização e os materiais para reciclagem e recuperação energética como recursos potenciais para uso futuro e com potencial para gerar receita (EN 16627, 2015).

Com efeito, o módulo D não será incluído na análise a realizar no âmbito desta dissertação uma vez que serão abordados apenas os custos associados ao ativo físico construído, não incluindo as suas receitas.

2.3. Informação económica sobre fim de vida de estruturas

2.3.1. Enquadramento a nível nacional

Em Portugal são poucas as bases de dados de carácter público e de fácil acesso para valores de referência no setor da construção, nomeadamente para trabalhos relacionados com o fim de vida dos edificados, uma vez que as empresas trabalham com as suas tabelas de preços, que não se encontram, de um modo geral, acessíveis para consulta pública.

Uma das fontes disponíveis publicamente é o Gerador de Preços, ferramenta da CYPE Ingenieros, S.A., que permite a obtenção de custos de construção ajustados ao mercado, facilitando a elaboração de documentação de qualidade e útil para as várias fases da obra (estudos prévios, projeto de licenciamento e de execução, direção e execução de obra, utilização e manutenção, desconstrução e reciclagem de resíduos). O Gerador de Preços tem em conta as características concretas de cada obra, permitindo gerar preços específicos para o orçamento de cada projeto em particular (Gerador de Preços, 2019).

De seguida, nas Tabelas 4 e 5, apresentam-se, respetivamente, os valores retirados do Gerador de Preços relativos a trabalhos de demolição em reabilitações de edifícios e à gestão de resíduos. Os valores aqui apresentados são relativos ao ano de 2019, ano em que foi feita a consulta para a presente dissertação, sendo que mais à frente serão atualizados para o ano de 2018 (ver capítulo 4.1.3.).

A demolição por meios manuais recorre a compressor com martelo pneumático e equipamento de oxicorte (Figura 5) e a demolição por meios mecânicos recorre a retroescavadora com martelo demolidor (Figura 6). O transporte de resíduos pode ser feito por contentores (Figura 7) ou por camiões com recurso a saco (Figura 8).

Tabela 4: Informação de valores para trabalhos de demolição em reabilitação. Gerador de Preços, 2019

Gerador de preços - CYPE Ingenieros					
Preços Compostos - Reabilitação - Demolições					
Descrição	Ud.	Custo Total (€/Ud.)			
Demolição de laje maciça de betão armado por meios manuais	m ²	Altura da laje	Até 20cm	49,36 €/m ²	57,59 €/m ²
			Entre 21cm e 23cm	52,10 €/m ²	
			Entre 24cm e 25cm	54,84 €/m ²	
			Entre 26cm e 28cm	57,58 €/m ²	
			Entre 29cm e 32cm	60,33 €/m ²	
			Entre 33cm e 38cm	63,08 €/m ²	
			Entre 39cm e 45cm	65,81 €/m ²	
Demolição de laje maciça de betão armado por meios mecânicos	m ²	Altura da laje	Até 20cm	66,58 €/m ²	77,64 €/m ²
			Entre 21cm e 23cm	70,26 €/m ²	
			Entre 24cm e 25cm	73,93 €/m ²	
			Entre 26cm e 28cm	77,63 €/m ²	
			Entre 29cm e 32cm	81,31 €/m ²	
			Entre 33cm e 38cm	85,01 €/m ²	
			Entre 39cm e 45cm	88,74 €/m ²	
Demolição de laje aligeirada de vigotas pré-fabricadas de betão por meios manuais	m ²	47,25 €/m ²			
Demolição de laje aligeirada de vigotas pré-fabricadas de betão por meios mecânicos	m ²	64,46 €/m ²			
Demolição de pilar de betão armado por meios manuais	m ³	330,03 €/m ³			
Demolição de muro de betão armado por meios manuais	m ³	168,74 €/m ³			
Demolição de viga ou lintel de betão armado por meios manuais	m ³	Viga de betão armado	330,03 €/m ³		
		Lintel de betão armado	296,94 €/m ³		
Demolição de laje de escada de betão armado por meios manuais	m ²	46,73 €/m ²			
Demolição de pavimento exterior por meios mecânicos	m ²	Betão simples	17,00 €/m ²		
		Betão armado	19,91 €/m ²		



Figura 5: Martelo pneumático e equipamento de oxicorte (Gerador de Preços, 2019).



Figura 6: Retroescavadora com martelo demolidor (Gerador de Preços, 2019).

Tabela 5: Informação de valores de gestão de resíduos provenientes de reabilitações. Gerador de Preços, 2019

Gerador de preços - CYPE Ingenieros		
Preços Compostos - Reabilitação - Gestão de Resíduos		
Tratamento prévio dos resíduos		
Classificação ⁹ em obra dos RCD (separação/triagem por material)	2,5 €/m ³	
Trituração em obra dos resíduos de natureza não pétreo com meios mecânicos	1,92 €/m ³	
Britagem em obra de resíduos de natureza pétreo com meios mecânicos	3,02 €/m ³	
Gestão de resíduos inertes		
Transporte de resíduos inertes (betões, argamassas e pré-fabricados) com contentor (depende da capacidade do contentor) <hr/> Nota: o preço indicado é o custo do contentor. Por exemplo, um contentor com 5m ³ de capacidade tem um preço de 90,85€.	1,5 m ³	54,51 €/Ud.
	2,5 m ³	63,60 €/Ud.
	3,5 m ³	72,69 €/Ud.
	4,2 m ³	81,76 €/Ud.
	5 m ³	90,85 €/Ud.
	6 m ³	99,95 €/Ud.
	7 m ³	109,03 €/Ud.
Transporte de resíduos inertes (betões, argamassas e pré-fabricados) com camião (depende da capacidade, em toneladas, do camião), para aterro específico ou operador licenciado de gestão de resíduos - para 10km de distância (€/m ³)	10 t	3,64 €/m ³
	12 t	5,03 €/m ³
	15 t	4,61 €/m ³
	30 t	2,61 €/m ³
	60 t	1,87 €/m ³
Entrega dos inertes a operador licenciado		
Taxa por entrega de contentor (depende da capacidade do contentor) <hr/> Nota: o preço indicado é o custo do contentor. Por exemplo, um contentor com 5m ³ de capacidade tem um preço de 45,43€.	1,5 m ³	23,91 €/Ud.
	2,5 m ³	26,30 €/Ud.
	3,5 m ³	31,08 €/Ud.
	4,2 m ³	38,25 €/Ud.
	5 m ³	45,43 €/Ud.
	6 m ³	49,61 €/Ud.
	7 m ³	53,79 €/Ud.
Taxa por entrega de resíduo com camião (€/m ³)	8,25 €/m ³	

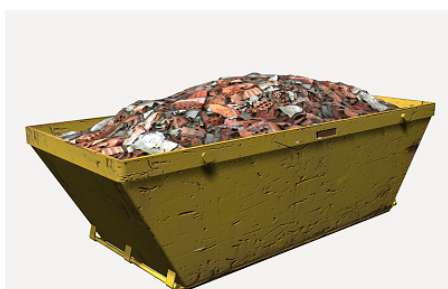


Figura 7: Exemplo de contentor para transporte de resíduos (Gerador de Preços, 2019).



Figura 8: Exemplo de camião com saco para transporte de resíduos (Gerador de Preços, 2019).

⁹ Os RCD devem ser classificados de acordo com a Lista Europeia de Resíduos (LER), publicada pela Decisão 2014/955/UE, da Comissão Europeia, de 18 de dezembro, que é uma lista harmonizada de resíduos que tem em consideração a sua origem e composição (APA, 2018).

Apresentam-se, no Anexo A, alguns exemplos da informação retirada do Gerador de Preços (Gerador de Preços, 2019).

Para a realização desta dissertação foi possível utilizar uma base de dados, o ProNIC (Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção), que se trata de um projeto criado com o objetivo de desenvolver um conjunto sistematizado e integrado de conteúdos técnicos, suportados por uma ferramenta informática moderna, constituindo-se como um referencial para todo o setor da construção portuguesa (IMPIC, 2019).

Com génese numa iniciativa promovida pelo Estado Português, nasceu da identificação da necessidade de dispor quer de modelos de processos adotados aos diferentes tipos de obras quer de informação técnica normalizada e credível, de acordo com a legislação e a realidade nacional. O desenvolvimento do trabalho técnico do ProNIC é assegurado por um consórcio, criado para o efeito, constituído pelo IC-FEUP (Instituto da Construção – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto), LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) e pelo INESC-Porto (Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto) (IMPIC, 2019).

Este projeto de investigação consistiu no desenvolvimento de uma ferramenta informática de apoio ao setor da construção a diversos níveis (donos de obra, projetistas, fiscalização, empreiteiros, etc.) que permitisse a simplificação dos procedimentos administrativos e técnicos relacionados com as empreitadas e a disponibilização da informação técnica da construção de uma forma organizada e normalizada. Esta ferramenta permite a elaboração de cadernos de encargos de uma forma sistematizada e a produção dos documentos necessários ao lançamento do concurso de empreitadas. O conjunto da informação técnica e económica e das funcionalidades tornam o ProNIC numa base de dados aplicacional que se enquadra nos designados CIS (*Construction Information Systems* ou Sistemas de Informação Integrados para a Construção) (IMPIC, 2019; Salvado & Couto, 2015).

A Figura 9 apresenta os elementos de informação, intervenientes e utilizadores e alguns elementos de saída do programa ProNIC.

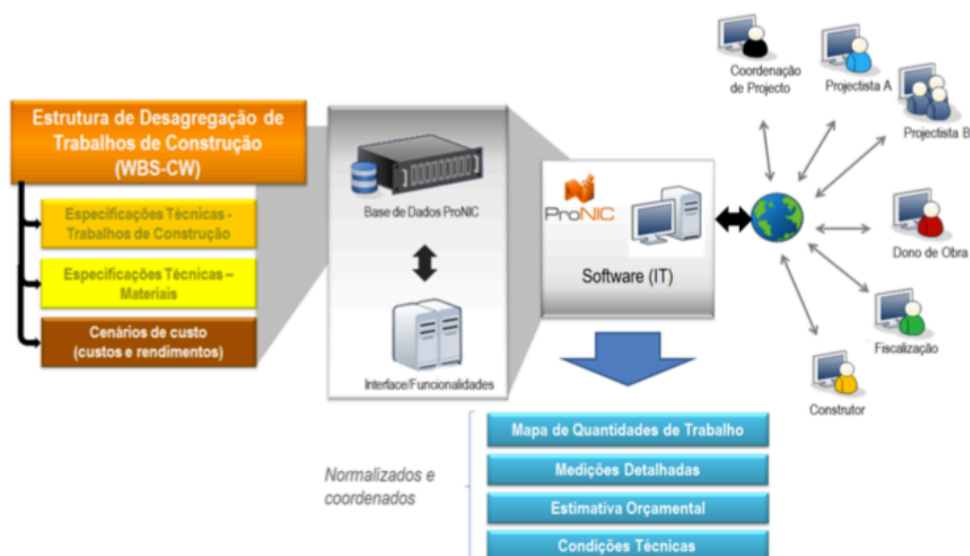


Figura 9: Resumo dos elementos de informação, intervenientes e alguns outputs do ProNIC (Salvado & Couto, 2015)

O ProNIC visa, essencialmente (Parque Escolar, 2019):

- contribuir para a melhoria da qualidade na construção, por via da criação de uma referência sobre as melhores práticas e corretas especificações técnicas dos trabalhos da construção;
- potenciar a redução de custos na fase de elaboração e análise de cadernos de encargos;
- reduzir os erros de interpretação dos documentos de concurso e projeto e, assim, minorar os custos da não qualidade e o peso dos trabalhos a mais;
- facilitar a gestão de empreitadas e subempreitadas e aumentar a eficiência da gestão através da criação e disponibilização de indicadores técnicos e económicos apropriados.

O ProNIC permite fazer a gestão de todo o CV do empreendimento e obter um conjunto alargado de indicadores de monitorização (desde o nível particular das obras até ao nível global do setor). No futuro, perspetivam-se desenvolvimentos adicionais, para que estes indicadores, alargados em âmbito e campo de aplicação, possam ser utilizados como índices para a fase de análise e avaliação técnico económica de empreendimentos (IMPIC, 2019).

A primeira fase do projeto, concluída em 2008, permitiu o seu desenvolvimento em duas grandes áreas da construção: Edifícios em Geral e Infraestruturas Rodoviárias, sendo que nos Edifícios foram consideradas as áreas da Construção Nova e da Reabilitação. Após o contrato celebrado entre a Parque Escolar (PE) e o Consórcio ProNIC (“Investigação e Desenvolvimento de Adaptação da Metodologia ProNIC ao Programa de Modernização do Parque Escolar destinado ao Ensino Secundário”), foi desenvolvido trabalho no sentido de criar, na ferramenta informática, modelos de obras adaptados a edifícios escolares (Salvado & Couto, 2015).

A estrutura da informação no ProNIC é composta por capítulos, com vários níveis hierárquicos, que terminam na descrição normalizada dos artigos. Os capítulos foram definidos segundo as orientações contempladas nas Regras de Medição do LNEC, e os articulados desses capítulos foram feitos por diferentes especialistas. Dos capítulos disponíveis no ProNIC interessam os dados relativos ao Capítulo 3 – Demolições, de onde foram retirados os valores estudados no presente trabalho, no âmbito dos custos associados ao módulo C1 (desconstrução).

Os capítulos ProNIC disponíveis para as obras da Parque Escolar E.P.E. (PRONIC, 2008 e Salvado & Couto, 2015): 1. Estaleiro; 2. Trabalhos Preparatórios e Preliminares; 3. Demolições; 4. Movimento de Terras; 5. Arranjos Exteriores; 6. Estruturas; 7. Construção Civil; 8. Instalações e Infraestruturas prediais; 9. Ascensores, Monta-Cargas, Escadas Mecânicas e Tapetes Rolantes; 10. Instalações e Equipamentos de Produção de Energia Renovável; 11. Mobiliário e Equipamento Fixo e Móvel; 12. Diversos.

2.3.2. Enquadramento a nível internacional

A produção de resíduos no setor da construção a nível europeu apresenta-se na Figura 10, onde se sintetiza a informação disponibilizada pelo Eurostat relativa à produção de resíduos por setor de atividade económica (PORDATA (a), 2018). Note-se que a periodicidade desta operação estatística é bienal, sendo o estudo mais recente do ano de 2016. No caso dos países cujo valor não estivesse disponível, utilizou-se o valor respetivo ao estudo anterior, correspondendo ao ano de 2014. Estes dados, com o ano de recolha associado, são apresentados no Anexo B.



Figura 10: Produção de resíduos no setor da construção, com periodicidade bienal (PORDATA (a), 2018).

Na sequência da abordagem sobre gestão de resíduos atrás desenvolvida (ver capítulo 2.2.3.), a Comissão Europeia disponibiliza um estudo denominado “Uso eficiente de recursos de resíduos mistos”, realizado pela BIO¹⁰, sendo o foco particular do estudo os RCD. O objetivo foi compreender qual era a situação da gestão de RCD nos Estados-Membro da União Europeia, identificando os obstáculos à reciclagem e as deficiências que poderiam levar ao incumprimento da legislação da UE em matéria de resíduos (Comissão Europeia, 2018). Neste sentido, numa das etapas referentes ao estudo foi recolhida informação detalhada sobre a gestão dos RCD nos Estados-Membro da UE, que resultou num conjunto de fichas informativas que apresentam a situação atual de cada país (Deloitte, 2017).

Este conjunto de documentos foi consultado no âmbito desta dissertação com o objetivo de reunir os custos associados à fase de fim de vida praticados em cada país da UE, pretendendo-se um levantamento destes dados a nível europeu. Note-se que estes documentos não apresentam

¹⁰ BIO pela Deloitte, em parceria com BRE, ICEDD, VTT, RPS e FCT da Universidade Nova de Lisboa, em nome da Comissão Europeia (Deloitte, 2017).

informação económica sobre custos associados ao módulo C1 (desconstrução) contudo, apresentam-se nas Tabelas 6, 7 e 8 os custos associados aos módulos C2, C3 e C4, respetivamente, sendo que a maioria dos dados recolhidos correspondem aos custos de eliminação.

Relativamente aos custos associados à eliminação de resíduos foi recolhida, numa primeira fase, informação mais abrangente, que se apresenta no Anexo C, sendo que a Tabela 8 consiste nessa mesma informação resumida e sintetizada de acordo com o âmbito desta dissertação.

Tabela 6: Custos a nível europeu associados ao módulo C2 - transporte de resíduos.

País	Custo do transporte de resíduos	Observações
França	8 a 10 €/t/100km	(Deloitte, 2015i)
Alemanha	75 a 150€ (custo do contentor dependendo da sua capacidade)	(Deloitte, 2015j)
Países Baixos	Custo indicativo de aluguer de contentor (incluindo transporte (C2) e tratamento (C3) do resíduo): 329€	(Deloitte, 2015y)

Tabela 7: Custos a nível europeu associados ao módulo C3 - processamento de resíduos

País	Custo do processamento de resíduos	Fonte
Bélgica	Custo médio de processamento: 20€/t (resíduos inertes) e 8,65€/t (mistura de solo/resíduo inerte)	(Deloitte, 2015b)
Croácia	Custo médio de entrada nas instalações de reciclagem: 10€/t	(Deloitte, 2015c)
Grécia	Custo médio de processamento: 6,65€/t (RCD separado na origem) e 9,05€/t (RCD não separado na origem)	(Deloitte, 2015k)
Países Baixos	Custo de processamento: 30 €/t	(Deloitte, 2015y)
	Custo indicativo de aluguer de contentor (incluindo transporte (C2) e tratamento (C3) do resíduo): 329€	

Tabela 8: Custos a nível europeu associados ao módulo C4 - eliminação de resíduos

País	Custo operacional de aterro	Taxa de entrada no aterro	Imposto sobre o depósito em aterro	Fonte
Bélgica	69,66€/t	12,73€/t	-	(Deloitte, 2015b)
República Checa	12,21€/t	-	-	(Deloitte, 2015e)
Dinamarca	-	49€/t	64€/t	(Deloitte, 2015f)
Estónia	-	29,25€/t	29,84€/t	(Deloitte, 2015g)
Finlândia	-	95€/t	55€/t	(Deloitte, 2015h)
Alemanha	-	92,75€/t	-	(Deloitte, 2015j)
Grécia	-	29,25€/t	40€/t	(Deloitte, 2015k)
Hungria	-	-	38,40€/t	(Deloitte, 2015l)
Irlanda	-	75€/t	-	(Deloitte, 2015m)
Letónia	33,50€/t	-	13,46€/t	(Deloitte, 2015n)
Lituânia	-	-	7,14€/t	(Deloitte, 2015o)
Luxemburgo	-	2,57€/t	-	(Deloitte, 2015p)
Malta	20€/t	3,21€/t	-	(Deloitte, 2015q)
Polónia	-	20,70€/t	-	(Deloitte, 2015r)
Portugal	43,74€/t	-	-	(Deloitte, 2015s)
Roménia	-	-	4,48€/t	(Deloitte, 2015t)
Eslováquia	-	5,59€/t	-	(Deloitte, 2015u)
Eslovénia	-	9,64€/t	-	(Deloitte, 2015v)
Espanha	-	-	22,50€/t	(Deloitte, 2015w)
Suécia	54€/t	-	54€/t	(Deloitte, 2015x)
Países Baixos	-	-	13€/t	(Deloitte, 2015y)
Reino Unido	-	23,53€/t	92,54€/t	(Deloitte, 2015z)

Dos vários estudos efetuados pode concluir-se que, em alguns países, não se tem incentivos financeiros para a reciclagem de RCD (Deloitte, 2015c). Toma-se como exemplo de incentivo à reciclagem a aplicação de impostos ou taxas sobre o depósito dos resíduos em aterro, considerando que o seu valor deve prejudicar economicamente o aterro de resíduos, promovendo outros fins como a reutilização, recuperação ou a reciclagem dos resíduos (Deloitte, 2015e). Nalguns países europeus tem-se a aplicação de multas no caso de incumprimento das leis estabelecidas (Deloitte, 2015i) ou no caso do depósito ilegal de RCD (Deloitte, 2015j e Deloitte, 2015m). O facto de não se ter, no geral, normalização aplicada a materiais reciclados constitui, de igual forma, uma barreira à reciclagem dos resíduos (Deloitte, 2015d).

A informação económica apresentada no presente subcapítulo será novamente utilizada, em parte, nos capítulos 4 e 5 desta dissertação, uma vez que constituem custos relevantes para a análise a realizar.

3. Metodologia de análise do custo do ciclo de vida

3.1. Considerações gerais

Neste capítulo apresenta-se a metodologia de análise do custo do ciclo de vida sugerida na norma EN 15643-4 (2012) sobre a sustentabilidade das obras de construção e a avaliação de edifícios, em que na sua parte 4 enquadra a avaliação do desempenho económico dos mesmos. Esta norma é complementada pela norma EN 16627 (2015), também sobre a sustentabilidade das obras de construção e a avaliação económica de edifícios, cujos métodos de cálculo apresentados constam no presente capítulo.

A norma EN 16627 (2015) encontra-se dividida em 13 capítulos. Nos Capítulos 1 a 4 (Capítulo 1 – *Âmbito*; Capítulo 2 – *Referências Normativas*; Capítulo 3 – *Termos e Definições*; Capítulo 4 – *Abreviaturas*) tem-se informação que auxilia na compreensão e na utilização da norma através da definição dos seus objetivos, do esclarecimento acerca dos conceitos utilizados e da referência a outros documentos relevantes.

No Capítulo 5 – *Processo para estabelecer os cálculos requeridos à avaliação* – é introduzida a metodologia de análise do custo do ciclo de vida (metodologia de ACCV) que a norma propõe, com recurso a um fluxograma que apresenta, de forma intuitiva, os processos a efetuar e os passos a seguir na análise, associando-os com os respetivos requisitos da norma a cumprir. Assim, os capítulos que se seguem constituem o desenvolvimento destes mesmos requisitos, apresentando os fins para a realização da avaliação (Capítulo 6 – *Propósito da avaliação*) e especificando o objeto de avaliação (Capítulo 7 – *Especificação do objeto de avaliação*), nomeadamente o seu equivalente funcional (que inclui a descrição das características da construção), o período de estudo de referência, as fronteiras do sistema e estabelece o modelo do edifício (associado à captação dos custos envolvidos).

No Capítulo 8 – *Cenários para definir o ciclo de vida do edifício* – são descritos os cenários a utilizar para a avaliação de acordo com cada uma das fases do CV, indicando as devidas considerações, tendo em conta características físicas, geográficas e temporais. O Capítulo 9 – *Cálculo dos custos e receitas associados ao edifício ao longo do seu ciclo de vida* – indica que a quantificação dos custos ao longo do CV deve ser baseada nas informações fornecidas nos Capítulos 7 e 8, incluindo ainda exemplos de custos a considerar para cada fase do CV.

Os Capítulos 10 e 11 (Capítulo 10 – *Seleção dos dados económicos para a avaliação económica*; Capítulo 11 – *Cálculo dos Indicadores económicos*) são relativos aos indicadores económicos a considerar na avaliação, identificando-os e apresentando os respetivos métodos de cálculo. Finalmente, os dois últimos capítulos (Capítulo 12 – *Relatório da avaliação dos resultados*; Capítulo 13 – *Verificação de resultados*) são relativos à comunicação e verificação dos resultados da avaliação.

De seguida enunciam-se os passos da metodologia de ACCV propostos pela norma EN 16627 (2015). A norma inclui um conjunto de passos opcionais, relacionados com análises de incerteza e de risco e análises de sensibilidade, que não serão considerados nesta dissertação. A norma sugere também um

passo relacionado com a análise de sustentabilidade que não é tomado em conta uma vez que a presente dissertação se foca apenas no desempenho dos edifícios a nível económico.

Assim, na Tabela 9 tem-se o conjunto de passos da metodologia da ACCV, definidos de um modo genérico e aplicáveis numa avaliação de desempenho económico de um edifício.

Tabela 9: Passos da metodologia da ACCV (EN 16627, 2015)

Passos da Metodologia ACCV	Requisitos da norma EN 16627 (2015)
Passo 1 – Propósito da análise económica	6.1
Passo 2 – Âmbito inicial da análise	6.1; 6.2 e 7.1
Passo 3 – Período de análise e métodos de avaliação de desempenho económico	7.3; 10; 11
Passo 4 – Requisitos do projeto e do ativo	7.4 e 8
Passo 5 – Opções e custos a considerar	9
Passo 6 – Captação dos custos e períodos de ocorrência	7.4; 9 e 10
Passo 7 – Verificação dos parâmetros económicos e do período de análise	10
Passo 8 – Avaliação do desempenho económico	11
Passo 9 – Interpretação e apresentação dos resultados iniciais	12
Passo 10 – Apresentação dos resultados finais	12

A norma EN 15643-4 (2012) é também utilizada, como complemento, uma vez que apresenta informação que enquadra as metodologias de avaliação a aplicar, sendo relevante, neste caso, para o desenvolvimento do Passo 6. A norma apresenta-se com uma estrutura idêntica à descrita anteriormente, sendo os três primeiros capítulos de introdução à norma: Capítulo 1 – *Âmbito*; Capítulo 2 – *Referências Normativas*; Capítulo 3 – *Termos e Definições*. O Capítulo 4 – *Princípios* – apresenta os princípios a desenvolver para os requisitos constituintes do Capítulo 5 – *Requisitos para os métodos de avaliação* – e do Capítulo 6 – *Requisitos para os métodos de cálculo para a avaliação do desempenho económico de edifícios*).

Estas duas normas possuem conceitos e ideias em comum, uma vez que ambas são relativas à avaliação do desempenho económico dos edifícios. A metodologia abordada na presente dissertação baseia-se, então, na norma EN 16627 (2015), por conter os métodos de cálculo para a avaliação, sendo complementada, ao longo dos seus capítulos, com referências à norma EN 15643-4 (2012), como se verá mais à frente na definição do Passo 6.

3.2. Metodologia de ACCV

Passo 1 – Propósito da análise económica

Segundo a norma EN 16627 (2015), o propósito da análise é quantificar o desempenho económico do edifício em estudo. Como já foi referido, a realização de uma análise económica pode ter diferentes propósitos no âmbito do apoio à tomada de decisão, como a comparação do desempenho económico de diferentes opções e a estimativa de custos futuros para fins de orçamentação. A ACCV pode ainda ser utilizada para declarar o desempenho do ativo em relação a requisitos legais ou de financiamento, para documentar o desempenho económico de um edifício e para apoio ao desenvolvimento de políticas. Neste passo deve ser especificado o propósito da análise.

Passo 2 – Âmbito inicial da análise

O âmbito da análise do edifício e o intuito da sua utilização devem ser definidos, acordados e documentados antes da realização da mesma. O âmbito da análise económica deve identificar os parâmetros a incluir na avaliação em termos de impactos e aspetos económicos, determinando o nível de detalhe e precisão necessário para os dados de entrada e saída da análise. Neste passo deve igualmente ser identificado o que é incluído e excluído da análise económica. Esta análise pretende ser útil para projetistas, proprietários e consultores financeiros e ambientais.

Passo 3 – Período de análise e métodos de avaliação de desempenho económico

A análise é realizada tendo por base um período de referência escolhido que, por norma, coincide com o período de vida útil do edifício. Podem existir desvios ao referido período dependendo do âmbito da avaliação, da regulamentação existente ou mesmo dos requisitos das partes interessadas, devendo as razões ser indicadas e explicadas de forma clara.

Além dos custos totais associados ao período de referência para a análise, existem outros parâmetros para a avaliação do desempenho económico dos edifícios. A norma EN 16627 sugere como principais indicadores económicos o Valor Atual Líquido (VAL) e o Valor Anual Equivalente (VAE).

O VAL, medida normalizada nas análises de CCV, é utilizado para determinar e comparar a relação custo-benefício das opções propostas, tendo como objetivo avaliar a viabilidade de um projeto de investimento através do cálculo do valor atual de todos os seus fluxos de caixa. Note-se que no presente trabalho são incluídos apenas os custos, pelo que o indicador deve ser denominado de Custo Atual Líquido (CAL). Não se consideram as receitas geradas pelo ativo uma vez que as mesmas dizem respeito ao módulo D, que está fora do âmbito desta dissertação.

O VAE é um montante anual, de carácter uniforme que, quando totalizado ao longo do período de análise, é igual ao custo líquido total do projeto, tendo em conta o valor temporal do dinheiro ao longo desse período. O valor mais baixo deste indicador indica a opção de menor custo.

A norma EN 16627 (2015) indica que, na fase inicial, os valores recolhidos devem ser calculados sem aplicar qualquer taxa de desconto, obtendo-se o valor nominal. É ao valor nominal que se aplica o fator de desconto (FD), cuja fórmula se indica nas equações abaixo, consoante se trate de capitalizar

(Equação 1) ou atualizar (Equação 2) os valores, isto é, conforme estes sejam anteriores ou posteriores ao ano de referência. Tem-se, respetivamente:

Capitalização:

$$FD(n) = (1 + d)^n \quad \text{(Equação 1)}$$

Atualização:

$$FD(n) = \frac{1}{(1+d)^n} \quad \text{(Equação 2)}$$

onde d é a taxa de desconto anual real e n é o número de anos entre a data de referência (ano de ocorrência da análise) e a data de ocorrência do custo (para este trabalho, a data de ocorrência foi recolhida a par com os respetivos custos ao longo da fase de recolha de dados).

A norma EN 16627 (2015) indica que, por ter uma influência significativa nos resultados e para propósitos de comparabilidade, o CAL deve ser calculado com uma taxa de desconto real de 3%. É possível utilizar outros valores de taxa de desconto, sendo estes determinados com base nos objetivos e/ou nos requisitos, considerando que quanto mais elevado for o valor da taxa de desconto a utilizar, menor influência terão os custos associados às fases mais avançadas do CV no cálculo do CAL. Taxas de desconto elevadas tendem a favorecer as soluções com baixo investimento inicial, que podem apresentar custos anuais de operação elevados.

Passo 4 – Requisitos do projeto e do ativo

A norma EN 16627 (2015) sugere que a análise do CCV seja estabelecida com base em cenários específicos, que representam as fases do ciclo de vida do edifício. Os cenários devem ser realistas, representando os requisitos técnicos e funcionais de acordo com as indicações do cliente, as especificações do projeto e com as exigências regulamentares associadas. Para a sua definição, recorre-se a uma subdivisão em vários módulos, cada um associado a uma fase distinta do CV de um edifício. Têm-se os cenários de pré-construção (módulo A0), construção (módulos A1-A5), utilização (módulos B1-B7) e os cenários de fim de vida (módulos C1-C4), que incluem o cenário de desconstrução (módulo C1), transporte (módulo C2), processamento de resíduos para reutilização, recuperação e reciclagem (módulo C3) e o cenário de eliminação (módulo C4). Tem-se ainda o cenário relacionado com encargos e benefícios para além dos limites da análise (módulo D).

Os cenários devem ser descritos e documentados, explicitando de forma clara premissas, dados e informações, bem como os limites da sua aplicação no contexto do edifício e do seu ciclo de vida. Deve ser indicado se os mesmos foram assumidos, estimados ou calculados ou se, por outro lado, são baseados em medições reais. Com efeito, todas as fontes de informação devem ser documentadas.

Deve ainda ser feita uma completa caracterização do edifício, definindo claramente os objetivos da sua análise e as características temporais, geográficas e físicas do edifício (período de referência para o estudo, vida de serviço, períodos de manutenção e substituição, padrão de utilização, entre outras).

A fim de proporcionar total transparência, qualquer alteração ou adaptação efetuadas aos cenários identificados devem ser reportadas e registadas.

Passo 5 – Opções e custos a considerar

Neste passo devem ser identificadas as várias opções e soluções alternativas e os vários custos e especificidades associadas a considerar na análise de desempenho do edifício. Estas soluções podem ser relativas tanto ao ativo em si como aos seus componentes. Os custos devem ser determinados com base na descrição do edifício e nos cenários definidos, no passo anterior, para cada módulo do ciclo de vida. Todos os princípios assumidos devem ser claramente especificados.

Passo 6 – Captação dos custos e períodos de ocorrência

Neste ponto devem ser recolhidos os custos relativos ao ativo associados ao período determinado para a análise económica, considerando as características do edifício e os cenários definidos no Passo 3. A captação dos custos tem por base a informação da avaliação do edifício apresentada na Figura 4 (ver final do capítulo 2.1.2. desta dissertação), que constitui uma adaptação da norma EN 15643-4 (2012).

Com efeito, nesta dissertação o período de referência corresponde à fase do fim de vida do edifício (módulo C), pelo que se consideram, com base no Requisito 9.4 da norma EN 16627 (2015) e no Anexo B da norma EN 15643-4 (2012), os custos listados na Tabela 10, de acordo com a informação descrita no capítulo 2.2. desta dissertação.

Tabela 10: Custos incluídos na fase do fim de vida (Req. 9.4, EN 16627 (2015) e Anexo B, EN 15643-4 (2012)).

Custos incluídos na fase do fim de vida (módulo C)		
Categoria	Custos incluídos	Exemplos de custos
Desconstrução (C1)	<ul style="list-style-type: none">Desconstrução/desmantelamentoDemoliçãoImpostos e taxas	Custos de inspeções no fim de vida, custos de dismantelamento
		Custos de reintegração do local de acordo com os requisitos contratuais
		Custos de limpeza do local da obra
Transporte (C2)	<ul style="list-style-type: none">Todos os custos de transporte associados ao processo de desconstrução e eliminação do ativo construídoImpostos e taxas	Custo do transporte no local da obra
		Custo do transporte de resíduos do local da obra para o primeiro local de armazenamento, para o local de processamento ou de eliminação
Processamento de resíduos (C3)	<ul style="list-style-type: none">Custos associados à reutilização, reciclagem e custos energéticos para a recuperação de materiaisImpostos e taxas	Custos relacionados com a reutilização, com a reciclagem e com a recuperação energética de materiais
Eliminação (C4)	<ul style="list-style-type: none">Custos de eliminaçãoImpostos e taxas	Custos de aterro
		Custos de incineração
		Outros custos de eliminação

Note-se que os dados a recolher podem ser referentes a anos distintos e estar em unidades e formatos diferentes pelo que, após a sua recolha, estes dados devem ser tratados e descontados, de modo a uniformizar a informação a estudar para que se torne mais fácil a sua avaliação e possível comparação.

Passo 7 – Verificação dos parâmetros económicos e do período de análise

Deve-se proceder à verificação dos parâmetros definidos anteriormente e dos indicadores económicos utilizados, bem como do método de cálculo em si. Uma vez que já se conhece a informação para a

análise, nesta fase pode ser necessário ajustar valores como as taxas de desconto e de inflação e o período de análise.

Passo 8 – Avaliação do desempenho económico

Nesta fase devem ser introduzidos todos os dados recolhidos e tratados nos passos anteriores, bem como outra informação requerida ou considerada relevante para a análise. A análise do custo do ciclo de vida é feita com recurso a ferramentas informáticas próprias (softwares comerciais) ou através da construção de folhas de cálculo ou base de dados. De seguida, procede-se à realização da análise, obtendo-se os primeiros resultados.

Passo 9 – Interpretação e apresentação dos resultados iniciais

Após a realização da análise, segue-se a interpretação dos primeiros resultados obtidos, associada a uma revisão e avaliação crítica dos mesmos. A norma EN 16627 (2015) refere que a base da avaliação é a transparência e a rastreabilidade da informação utilizada para as diferentes opções a considerar, bem como as escolhas do avaliador durante o processo de cálculo. É importante realizar uma análise crítica aos valores obtidos, complementada com análises comparativas adequadas no caso de o estudo incluir soluções alternativas. Essas soluções devem ser comparadas e criticadas quanto à adequabilidade e desempenho demonstrados. As limitações e incertezas associadas aos dados utilizados devem ser tidas em consideração, assim como os métodos aplicados e o software utilizado.

Os resultados devem ser apresentados através de documentos com recurso a elementos visuais (como gráficos, tabelas ou outros), facilitando a sua interpretação e permitindo a tirada de conclusões rastreáveis e transparentes. Na apresentação dos resultados iniciais deve também ser indicada a necessidade de execução de novas análises, onde se apliquem alterações face aos cenários definidos inicialmente, com o objetivo de analisar outras hipóteses alternativas ou apenas corrigir eventuais erros ou superar certas limitações iniciais.

Passo 10 – Apresentação dos resultados finais

No caso de ter sido necessária a concretização de uma nova análise, os novos resultados devem ser analisados e interpretados conforme indicado no passo anterior, de forma a serem obtidos os resultados finais da avaliação de desempenho económico proposta. Os resultados podem ser apresentados com recurso a elementos visuais ou através de um relatório detalhado, devendo discriminar todos os pontos relevantes de forma pormenorizada. A apresentação dos resultados deve evidenciar a informação com detalhe suficiente, de forma a facilitar a sua interpretação, permitindo ao leitor avaliar a sua qualidade e transmitindo confiança para a tomada de decisão. O relatório de avaliação do desempenho económico deve incluir (não se limitando a) os seguintes parâmetros: finalidade da avaliação (propósito e âmbito da análise); identificação do edifício em estudo; identificação do cliente para a avaliação; identificação do avaliador; método de avaliação (incluindo o número da versão e as referências); fase do ciclo de vida em que se encontra o edifício; período para o qual a avaliação é válida; data da avaliação e declaração de viabilidade da avaliação.

4. Caso de estudo

Após ter sido estudada a teoria em que se baseia a metodologia do ACCV, e por forma a complementar o trabalho de pesquisa, passa-se então para uma aplicação prática, associada a um caso de estudo sobre edifícios escolares públicos em Portugal, onde se procede à recolha e ao tratamento de informação económica, com base nos passos e nos requisitos apresentados no capítulo anterior.

Nesta dissertação pretende-se a aplicação dos passos da metodologia de ACCV a um período específico, a fase de fim de vida (módulo C), que representa um período de tempo curto face a todo ciclo de vida de um ativo. Por outro lado, uma vez que não era possível conhecer todos os custos sobre a fase do CV a estudar (módulos C1 a C4) e não eram conhecidos valores de referência para as operações associadas, o caso de estudo tem como ponto de partida não um único edifício, mas sim um portfólio de edifícios escolares públicos que respeitam determinadas condições, definidas posteriormente neste estudo. Assim, considera-se que alguns dos passos da metodologia proposta podem não ser integralmente aplicáveis, ou são aplicados sob determinadas condições, detalhando-se a sua aplicação no subcapítulo 4.2.

Como referido, a presente dissertação assenta na aplicação deste modelo a edifícios escolares, pelo que os dados a utilizar são os disponibilizados pela Parque Escolar, E.P.E. (entidade pública empresarial), na sequência das obras de reabilitação efetuadas em várias escolas em todo o país. Com base na informação disponível, para o desenvolvimento da presente dissertação foi criada uma amostra que abrange apenas os edifícios escolares cuja reabilitação tenha incluído a demolição da estrutura de betão armado, como se explica no seguimento deste capítulo. Esta base de dados é constituída apenas por informação económica relativa ao módulo C1, pelo que foi necessária uma pesquisa, com recurso a outras entidades, no sentido de complementar a informação em falta relativa aos restantes módulos C2, C3 e C4.

Neste capítulo procede-se, então, ao enquadramento do caso de estudo na análise, onde se inclui a caracterização da Parque Escolar, E.P.E. e do portfólio de edifícios escolares em estudo, bem como à aplicação da metodologia definida anteriormente, mostrando-se o processo de captação dos dados, com procedimentos distintos para cada módulo a estudar, e a sua preparação para a análise descritiva dos valores médios. Os dados recolhidos serão tratados e analisados no capítulo 5 da presente dissertação.

4.1. Edifícios escolares públicos

4.1.1. A Parque Escolar, E.P.E.

A Parque Escolar, E.P.E., é uma pessoa coletiva de direito público de natureza empresarial, dotada de autonomia administrativa e financeira e de património próprio, sujeita à tutela dos membros do governo responsáveis pelas áreas das finanças e da educação. Tem como objetivo o planeamento, gestão, desenvolvimento e execução do programa de modernização da rede pública de escolas secundárias e outras afetas ao Ministério da Educação.

O Programa de Modernização do Parque Escolar destinado ao Ensino Secundário visa cumprir os três objetivos seguintes (Parque Escolar, 2019):

1. Recuperar e modernizar os edifícios, potenciando uma cultura de aprendizagem, divulgação do conhecimento e aquisição de competências, através de intervenções que permitam:
 - Corrigir problemas construtivos existentes;
 - Melhorar condições de habitabilidade e de conforto ambiental, com particular ênfase na térmica, acústica, qualidade do ar, segurança e acessibilidade;
 - Adequar espaços letivos e não letivos e modernizar os respetivos equipamentos;
 - Garantir flexibilidade e a adaptabilidade dos espaços letivos e não letivos, de modo a maximizar a sua utilização e a minimizar investimentos no futuro;
 - Garantir a eficácia energética dos edifícios de modo a reduzir os custos de operação.
2. Abrir a escola à comunidade, recentrando a escola nos meios urbanos em que se inserem, criando condições espaço-funcionais e de segurança, para que nos horários pós ou extraescolares, os edifícios possam ser utilizados pela comunidade no âmbito das atividades associadas à formação contínua (pós-laboral), a eventos culturais e sociais, ao desporto e ao lazer.
3. Criar um sistema eficiente e eficaz de gestão dos edifícios, garantindo, para além da operação de requalificação e modernização, três condições:
 - Responder de forma eficaz e eficiente às intervenções pontuais de reparação ou às intervenções programadas de conservação e manutenção;
 - Fomentar a correta utilização das instalações e dos equipamentos, formando, acompanhando e responsabilizando os utilizadores;
 - Garantir a plena utilização das instalações.

O atual parque escolar destinado ao ensino secundário público integra um total de 477 escolas, cuja construção se iniciou no final do séc. XIX. Destas, 23% foram construídas até ao final da década de 60. As restantes 77% correspondem ao período de expansão da rede escolar e de alargamento da escolaridade obrigatória (para seis e nove anos), sendo que 46% das escolas foram construídas na década de 80. Estas escolas constituem um conjunto heterogéneo, tanto a nível das condições tipo-morfológicas que os edifícios apresentam como ao nível da sua qualidade arquitetónica e construtiva (Parque Escolar, 2019).

As escolas foram agrupadas em três fases, de acordo com o seu período de construção, aos quais se associaram os respetivos programas funcionais, os modelos arquitetónicos e os processos de construção (Parque Escolar, 2019):

- 1º período de construção: até 1935
- 2º período de construção: de 1936 até 1968
- 3º período de construção: a partir de 1968

O 1º período de construção (Figura 10) abrange os primeiros liceus planeados de raiz em Portugal, a partir da reforma de Passos Manuel de 1836, e os liceus construídos até ao final da segunda década

do séc. XX. Abrange ainda os liceus construídos, ou terminados, no âmbito da intervenção da Junta Administrativa do Empréstimo para o Ensino Secundário (JAEES), criada em 1928 e extinta em 1934. Este período compreende um conjunto de 12 escolas (correspondendo a cerca de 2% do parque escolar), localizadas nas cidades de Lisboa, Porto, Coimbra, Beja e Lamego, em zonas de forte centralidade e em lotes de grande dimensão (Parque Escolar, 2019).



Figura 11: Escola básica e secundária Passos Manuel (exemplo do 1º período de construção) (Parque Escolar, 2019).

O 2º período de construção (Figura 11) é constituído por um conjunto de 94 escolas, que corresponde a 21% do parque escolar, construídas pelo Ministério das Obras Públicas, através da Junta das Construções para o Ensino Técnico e Secundário (JCETS-MOP), destinadas ao ensino liceal e/ou técnico. Estas escolas foram construídas maioritariamente nas capitais de distrito, em zonas de elevada acessibilidade e em lotes de grande dimensão (Parque Escolar, 2019). O 2º período de construção iniciou-se com treze escolas construídas ao abrigo do Plano de Novas Construções, Ampliações e Melhoramentos de Edifícios Liceais lançado em 1938 (Salvado et. al, 2014).



Figura 12: Escola básica e secundária Gil Vicente – antes e depois (exemplo do 2º período de construção) (Parque Escolar, 2019).

O 3º e último período de construção (Figura 12) compreende um conjunto de 356 escolas, que correspondem a 77% do parque escolar português, construídas a partir do final da década de 60 do séc. XX, sob a responsabilidade partilhada do Ministério da Educação e do Ministério das Obras Públicas. A partir de 1986 o Ministério da Educação assume a exclusividade desta responsabilidade, passando as competências executivas para as Direções Regionais de Educação (Parque Escolar, 2019).

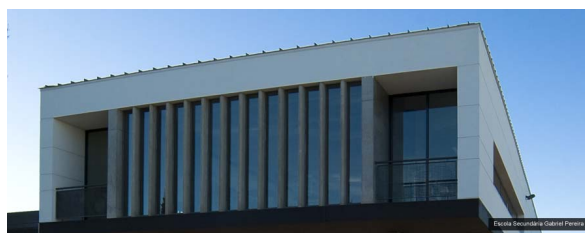


Figura 13: Escola secundária Gabriel Pereira (exemplo do 3º período de construção) (Parque Escolar, 2019).

Em Portugal, o grande esforço das últimas quatro décadas, até ao ano de 2007, no que se refere às infraestruturas escolares, concentrou-se sobretudo na expansão da rede escolar, através da aplicação de soluções-tipo e da construção normalizada e em série, cenário este que não foi acompanhado, em paralelo, de uma prática continuada de conservação e manutenção dos edifícios existentes, nem a sua adaptação às novas práticas educativas e formativas (Parque Escolar, EPE, 2011). Não foram tomadas medidas integradas para fazer face ao desgaste causado pelo uso e aos problemas construtivos a que os edifícios estão sujeitos durante a sua vida útil, apesar da sua elevada robustez física. Acresce ainda a necessidade de atender às crescentes exigências legais de conforto ambiental, bem como à de eficiência energética dos edifícios (Salvado et. al, 2014).

Para inverter o curso do processo de degradação do parque escolar, foi aprovado, em 2007, o Programa de Modernização das Escolas destinadas ao Ensino Secundário (PMEES), que visa a requalificação das infraestruturas escolares e a implementação de um sistema abrangente, sistemático e duradouro de manutenção e gestão das respetivas instalações (Parque Escolar, 2019), apostando num modelo de edifício escolar adequado ao projeto educativo de cada escola, com as suas necessidades, objetivos e características (Salvado et. al, 2014). No mesmo ano, pelo Decreto-Lei n.º 41/2007, de 21 de Fevereiro, foi criada a Parque Escolar, E.P.E., entidade pública empresarial responsável pelo planeamento, gestão, desenvolvimento e execução do PMEES, objeto que vem desenvolvendo nos termos do Contrato-Programa que celebrou com o Estado Português (Parque Escolar, 2019).

No início da sua atividade, em março de 2007, a Parque Escolar definiu uma programação e um faseamento do investimento com o objetivo de realizar intervenções em mais de 300 escolas até ao ano de 2015. Neste âmbito, foram definidas 4 fases para a concretização do PMEES:

- Fase 0 que inclui a realização de 4 obras de reabilitação de Edifícios Escolares;
- Fase 1 que inclui a realização de 26 obras de reabilitação de Edifícios Escolares;
- Fase 2 que inclui a realização de 75 obras de reabilitação de Edifícios Escolares;
- Fase 3 que inclui a realização de 107 obras de reabilitação de Edifícios Escolares;
- Fase 4 que inclui a realização de 92 obras de reabilitação de Edifícios Escolares.

No início do segundo semestre de 2011, a PE iniciou a reavaliação do *Programa de Modernização* com o objetivo de adaptar o programa de investimentos da empresa à conjuntura nacional e à alteração das condições económico-financeiras dela decorrente. Neste contexto, a empresa apresentou às tutelas um plano de readaptação e redução de custos, em termos de investimento e de operação. Em setembro de 2011, foi suspenso o início das obras em 34 escolas inseridas na Fase 3 do Programa e suspensos os procedimentos iniciais da Fase 4 (Salvado et. al, 2014).

4.1.2. Caracterização do portfólio de edifícios escolares públicos em Portugal

No âmbito do *Programa de Modernização das Escolas destinadas ao Ensino Secundário* (PMEES), o ProNIC foi um programa de grande importância, uma vez que documenta os custos relativos às intervenções de reabilitação dos diferentes edifícios escolares, ocorridas nas Fases 2 e 3. Note-se que fazem parte do objeto de estudo desta dissertação apenas os edifícios intervencionados na Fase 3. Foram utilizadas as funcionalidades do ProNIC em todas as obras da Fase 3 do PMEES, incluindo o lançamento a concurso e o “Módulo de Gestão de Obra” para o processamento dos autos contratuais das mesmas.

A Fase 3 constitui, então, um conjunto de 69 edifícios escolares, dos quais se estudaram apenas os que apresentam custos relativos a trabalhos de demolição (inseridos no “Capítulo 3: Demolições”, no programa ProNIC). Com efeito, para a análise que se pretende nesta dissertação, foi feita uma segunda seleção, optando-se apenas pelos edifícios escolares cujos trabalhos de demolição fossem relativos à estrutura de betão armado (Art.º 3.1.2.3, no programa ProNIC). Nesta fase, o objetivo foi selecionar todas as escolas em que fosse apresentado o custo de demolição de elementos de betão armado, considerando que esse custo teria de estar associado a uma unidade de medição (metro cúbico [m^3], metro quadrado [m^2] ou metro linear [m]), não sendo interessante a recolha apenas do valor global (VG). Desta avaliação inicial resultou uma amostra constituída por 51 edifícios escolares, cuja intervenção, durante a Fase 3, envolveu trabalhos de demolição de elementos da estrutura de betão armado. A Figura 14 sintetiza o método de constituição do portfólio de edifícios escolares a estudar.

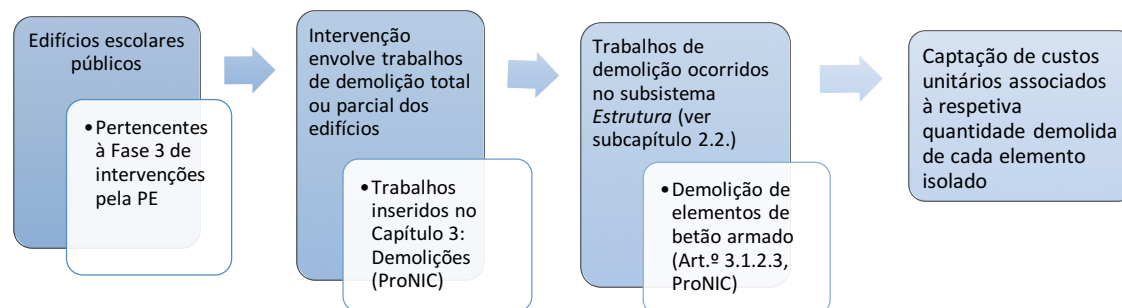


Figura 14: Método de seleção do conjunto de edifícios escolares a estudar.

Note-se que a informação disponibilizada no ProNIC é confidencial, tendo sido facultada pelo LNEC para este trabalho, pelo que os dados de identificação das escolas não serão divulgados ao longo desta dissertação, fazendo-se referência às mesmas através das designações de “Escola 1, Escola 2, ... Escola 51”.

Caracterização da amostra

No Anexo D desta dissertação encontra-se discriminada a informação que caracteriza cada uma das escolas em estudo (51 elementos) apresentando-se, de forma sintetizada, o ano de construção dos edifícios originais e o ano do projeto das intervenções pela Parque Escolar, a tipologia dos edifícios, bem como a sua constituição (o número de blocos e a sua funcionalidade) e o tipo de estrutura que apresentam.

A grande maioria das escolas em estudo (76%) pertence ao 3º período de construção, com incidência significativa nos anos 80, como se pode observar na Figura 15. Apenas 12 escolas pertencem ao 2º período de construção, sendo que foram construídas entre 1946 e 1968.

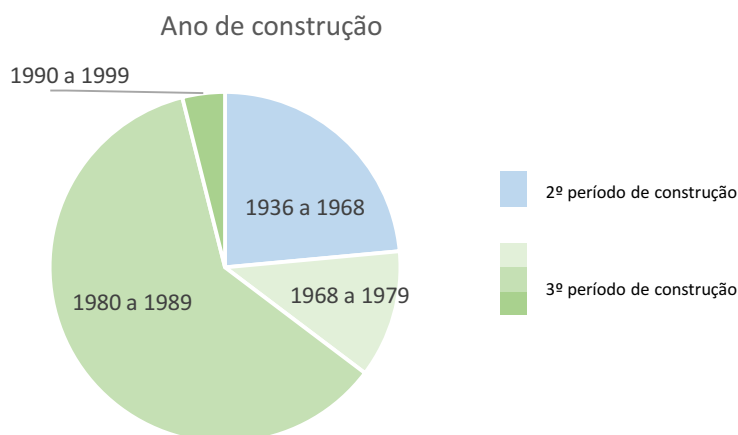


Figura 15: Caracterização da amostra – ano de construção das escolas.

Quanto ao tipo de construção, os edifícios que foram construídos a partir de 1918 incorporaram os primeiros modos de utilização de betão armado em Portugal. Até ao final da década de 50, assistiu-se à crescente adoção do betão armado na generalidade das construções, incluindo nos edifícios escolares. Designavam-se por edifícios de placa aqueles cujos elementos resistentes verticais eram, quase na sua totalidade, paredes de alvenaria que suportavam lajes de piso em betão armado, bem como algumas vigas. Progressivamente foram sendo introduzidos pilares e pórticos (Pereira, 2012).

Associada ao 2º período de construção das escolas, tem-se a tipologia do Ministério das Obras Públicas, através da Junta das Construções para o Ensino Técnico e Secundário (JCETS-MOP), destinada ao ensino liceal e/ou técnico¹¹. Os edifícios escolares tipo *Liceu* caracterizam-se pela presença de um corpo principal, sendo o restante lote ocupado por outros edifícios (como o ginásio) e pelos espaços exteriores. Em termos construtivos, nesta tipologia a estrutura é constituída essencialmente por paredes resistentes de alvenaria ordinária de pedra rebocada, sobre as quais assentam lajes de piso e escadas de betão armado (Marques, 2012).

O conjunto de escolas a estudar são maioritariamente de tipologia pavilhonar (cerca de 80% da amostra). Tal como referido anteriormente, a tipologia pavilhonar surge associada ao período de expansão da rede escolar, constituindo uma solução de “projeto normalizado”, caracterizado pela utilização de elementos prefabricados e do pavilhão como unidade modular, de forma repetida, sendo muito versátil a sua adaptação a diversas condições de topografia do terreno, exposição solar, acesso e inserção na envolvente urbana (Barrelas, 2012).

O edifício escolar passa a ser constituído por um conjunto de pavilhões ligados entre si por passadiços exteriores cobertos, sendo uma tipologia que favorece as relações de funcionalidade entre espaços

¹¹ Escolas industriais e comerciais, entre 1960 a 1964; edifícios liceu, entre 1964 e 1968 (Pereira, 2012). O *arquivo das construções escolares para o ensino técnico e secundário do Ministério da Educação também se refere a este projeto-tipo como Projeto Mercúrio, designação inspirada nos programas espaciais em voga* (Pereira, 2012).

concordantes com as exigências programáticas, relacionadas com o incremento dos núcleos administrativos e socioeducativos, a redefinição das zonas de convívio, a centralização da biblioteca e o redimensionamento da sala de aula (Barrelas, 2012). A tipologia pavilhonar vem associada a uma construção modular, a partir de estruturas porticadas de betão armado e com utilização de coberturas revestidas a placas de fibrocimento, mantendo o objetivo de uma construção pragmática e ausente de elementos decorativos e ornamentais (Marques, 2012).

A estrutura é, para todos os casos, de betão armado, apresentando-se o seu tipo e/ou especificidades em maior detalhe no Anexo D.

Relativamente aos trabalhos de reabilitação efetuados pelo *Programa de Modernização*, em todos os edifícios escolares estudados se verificou, de forma genérica, o mesmo tipo de intervenção, caracterizados pelos seguintes pontos comuns:

- remodelação das instalações existentes, ao nível do reordenamento interior;
- beneficiação dos revestimentos interiores e exteriores;
- manutenção das condições estruturais;
- remodelação integral das infraestruturas elétricas, telecomunicações, águas e esgotos;
- beneficiação dos espaços desportivos cobertos;
- execução de arranjos exteriores.

Em algumas escolas tem-se, também, a construção de novos edifícios, tanto com funções sociais como letivas.

A informação recolhida para a caracterização das escolas que constituem a amostra teve como base documentos integrantes do ProNIC (PRONIC, 2008) e informação publicada pela Parque Escolar (Parque Escolar, 2019).

Exemplos de Planos de Prevenção e Gestão de RCD (PPG) da amostra

Com o objetivo de enquadrar a amostra em estudo com a abordagem da gestão de resíduos (ver capítulo 2.2.3.) analisam-se, de forma sucinta, alguns exemplos de Planos de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (PPG), que são parte integrante dos documentos produzidos no âmbito do projeto de execução. Neste caso, estes documentos provêm do programa ProNIC, ferramenta que contém, como já foi referido, todos os documentos relativos às intervenções nos edifícios escolares públicos pela Parque Escolar, E.P.E. da Fase 2 e da Fase 3. A Agência Portuguesa do Ambiente (APA) disponibiliza, no seu portal, o modelo do PPG, ao abrigo do nº6 do artigo 10º do Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março (APA, 2018).

Optou-se pela seleção, de forma aleatória¹², de um conjunto de cinco PPG pertencentes aos projetos de execução das escolas constituintes da amostra em estudo. No âmbito desta dissertação, esta consulta foca-se apenas na matéria de gestão de resíduos em cada obra, nomeadamente no que toca

¹² Com recurso à função do programa *Excel* "ALEATÓRIOENTRE", sendo que o intervalo utilizado foi entre 1 e 51, correspondendo ao número de escolas da amostra.

às medidas relacionadas com os resíduos inertes. As escolas selecionadas foram as Escolas 6, 14, 18, 22, e 45.

O PPG da Escola 6 estipula que haveria reutilização de materiais e incorporação de reciclados de RCD na obra, sendo que, no caso dos resíduos provenientes de tijolo, ladrilhos e betão, estes seriam reutilizados na execução da caixa de pavimento térrea. O documento indica, também, que foi definido no estaleiro da obra um local específico para o armazenamento dos RCD, para efeitos de triagem e de gestão seletiva.

Ao contrário do caso anterior, o PPG da Escola 14 indica que não haveria incorporação de reciclados em obra, nem a reutilização de quaisquer materiais resultantes da demolição. Quanto à triagem e ao acondicionamento dos resíduos em obra, o documento indica que estes seriam sempre efetuados, de forma a tomar em consideração a sua tipologia, a sua perigosidade e o destino a ser dado aos mesmos. Os resíduos produzidos de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos foram, na sua totalidade, enviados para eliminação (operação de eliminação: depósito em aterro).

O PPG da Escola 18 não previa a incorporação de produtos resultantes de demolição no betão, uma vez que este seria fornecido por uma empresa de betão pronto. Contudo, previa-se a britagem e reutilização dos materiais resultantes da demolição para a base de pavimentos a construir na obra. Relativamente à triagem e ao acondicionamento de RCD, estaria a cargo do empreiteiro a identificação e classificação de todos os resíduos produzidos, devendo este assegurar que os resíduos seriam recolhidos e separados por tipologias após serem produzidos, junto dos locais de produção, bem como garantir a criação e manutenção de um parque de resíduos. Quanto às operações a efetuar, 80% dos resíduos de betão seriam armazenados para futura operação de reciclagem, sendo que os restantes 20% seriam armazenados para operação de eliminação. Os resíduos de tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos seriam, na sua totalidade, armazenados em obra para operação de valorização.

Na Escola 22, o betão resultante de demolições poderia ser reutilizado, sendo aplicado como material de aterro ou base de enchimento para valas de tubagens. O betão triturado e crivado, com poucas ou nenhuma impurezas, poderia servir de agregado reciclado para fabrico de betão e bases de enchimento para sistemas de drenagem. O documento estipula que, dos resíduos de betão, 20% seria reutilizado enquanto que 60% iria para reciclagem e 20% para eliminação (depósito em aterro). A obra incluiria instalações de triagem e de fragmentação de RCD e zona de armazenamento.

O PPG da Escola 45 indica que seria garantida, em obra, a correta triagem, classificação e acondicionamento dos diferentes tipos de RCD. O PPG garante, também, que os equipamentos a utilizar na operação de fragmentação de RCD cumpriram com as exigências de segurança, estando em conformidade com a legislação. Este plano previa a incorporação de reciclados de RCD na obra, nomeadamente a nível de resíduos provenientes da demolição dos elementos de pedra e de betão (processados por britadeira com dispositivo magnético), possibilitando a separação do aço e do betão e permitindo a sua utilização nas camadas de base e sub-base dos pavimentos. Assim, previa-se que 100% deste material fosse integrado em obra, se garantidas as características necessárias. Quanto a ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos e a resíduos inertes misturados, o destino seria, na sua totalidade, o depósito em aterro.

4.1.3. Correção de valores

Como referido anteriormente, da base de dados do ProNIC contém apenas informação relativa ao módulo C1, pelo que foi necessária uma pesquisa, com recurso a outras entidades, no sentido complementar a informação em falta relativa aos restantes módulos C2, C3 e C4 por forma a realizar a análise proposta. Assim, por se terem fontes de informação económica distintas, associadas a diferentes períodos de ocorrência, foi necessário proceder-se à correção dos valores. Na presente dissertação optou-se pela utilização de valores constantes (valor corrigido da inflação), pelo que se procedeu à correção de todos os dados recolhidos para o ano de 2018, por ser o último ano com a informação completa, uma vez que a atualização dos preços do consumidor ocorre em Janeiro do ano seguinte e segundo a inflação do ano económico anterior.

Com efeito, começou-se pela recolha e análise dos valores da inflação em Portugal entre os anos de 2010 e 2018, refletindo o intervalo da recolha de dados no âmbito desta dissertação. A inflação é o aumento continuado dos preços da generalidade dos bens e serviços, medida com base no índice de preços no consumidor (IPC), indicador que tem por finalidade medir a evolução dos preços de um conjunto de bens e serviços considerados representativos da estrutura de consumo da população residente em Portugal¹³ (PORDATA (b), 2019).

A Tabela 11 mostra a variação do índice de preços no consumidor em Portugal entre os anos de 2010 e 2018.

Tabela 11: Taxa de inflação total em Portugal (taxa de variação do IPC).

Ano	Índice de Preços no Consumidor
	Total (%)
2010	1,4
2011	3,7
2012	2,8
2013	0,3
2014	-0,3
2015	0,5
2016	0,6
2017	1,4
2018	1,0

Os custos a preços constantes, corrigidos para o ano de 2018 (C_{n2018}), obtêm-se multiplicando os custos recolhidos no ano n (quando o ano n é inferior ao ano de referência) e o fator que considera a taxa de inflação (i) de cada ano, como indicado na Equação 3.

$$C_{n2018} = C_n \times \prod_n^{2018} (1 + i_n) \quad (\text{Equação 3})$$

Note-se que, quando o ano n é posterior ao ano de referência, se efetua o cálculo inverso. Nesta dissertação ter-se-á, mais à frente, o exemplo desta aplicação no caso dos valores recolhidos no ano de 2019 (do Gerador de Preços, CYPE Ingenieros, S.A.).

¹³ O IPC não é um indicador de níveis de preços, mas sim um indicador de síntese sobre a variação dos preços no consumidor ao longo do tempo (PORDATA (b), 2019).

Conforme indicado no Passo 3 da metodologia de ACCV, apresentada no subcapítulo 3.2. desta dissertação, aos custos a preços constantes aplica-se, então, o fator de desconto (FD) para a capitalização de valores anteriores ao ano de referência (Equação 1) e para a atualização de valores posteriores ao ano de referência (Equação 2), sendo que a norma EN 16627 (2015) indica que, para propósitos de comparabilidade, o CAL deve ser calculado com uma taxa de desconto real (d) de 3%. Com efeito, a taxa de desconto nominal é composta por três parcelas: a taxa de iliquidez, a taxa de inflação e a taxa de risco. Como se optou pela utilização dos custos a preços constantes, nesta fase não se considera a taxa de inflação, pelo que se utiliza a taxa de desconto real (d) de 3% na presente dissertação. Tem-se a Equação 4 para o cálculo do indicador CAL, que representa os custos descontados.

$$CAL = \sum C_{n2018} \times FD \quad (\text{Equação 4})$$

Ao longo do processo de captação de custos foi sendo recolhida, de igual forma, a data de ocorrência desses mesmos valores, estando todos estes dados devidamente indicados no subcapítulo 4.2., nomeadamente no desenvolvimento do Passo 6 da metodologia associado à captação de custos.

4.2. Aplicação da metodologia de ACCV

Procede-se, agora, à aplicação dos passos da metodologia de ACCV apresentada no subcapítulo 3.2. desta dissertação.

Importa notar que a norma ISO 15686-5 (2014) sugere que sejam efetuadas análises de sensibilidade ao nível da taxa de desconto utilizada (variações com 1%, 3% e 5%) e ao nível dos custos propriamente ditos, analisando a influência do seu aumento ou decréscimo em 10%, respetivamente. A abordagem da metodologia de ACCV adotada na presente dissertação não considera as análises de sensibilidade referidas, contudo, as mesmas são interessantes como desenvolvimento futuro ao presente trabalho (ver subcapítulo 6.2.).

Passo 1 – Propósito da análise económica

O objetivo desta análise é quantificar o desempenho económico do objeto de estudo. Neste sentido, tal como já foi referido, será analisada uma amostra composta por vários edifícios escolares, identificando os custos relativos à fase do fim de vida com base na informação disponível no programa ProNIC, no Gerador de Preços (CYPE Ingenieros, S.A.) e através da consulta de empresas que atuam no setor da gestão de resíduos, com o propósito de constituir um conjunto de valores de referência passíveis de serem utilizados em análises de desempenho económico futuras sobre o fim de vida de edifícios escolares.

Passo 2 – Âmbito inicial da análise

O âmbito da análise assenta não sobre um único edifício, mas sim sobre um portfólio de edifícios escolares públicos que sofreram obras de reabilitação por parte da Parque Escolar, E.P.E., ao longo da Fase 3 de intervenções. Nesta análise considera-se apenas a fase de fim do ciclo de vida dos edifícios (Módulo C – ver Figura 4, no final do subcapítulo 2.1.2. desta dissertação), assumindo que os

trabalhos associados ao Módulo C efetuados nos edifícios representam o fim do CV desses mesmos edifícios e que, após a sua reabilitação, se inicia um novo ciclo de vida.

Passo 3 – Período de análise e métodos de avaliação de desempenho económico

O período de referência definido para a análise a realizar no âmbito desta dissertação corresponde, de um modo geral, à fase final do CV dos edifícios. Assume-se, para o portfólio em estudo, que o período de referência ao qual se pretende a aplicação da metodologia é o intervalo entre 2010 e 2018, uma vez que os projetos de reabilitação datam do ano de 2010 e que, por outro lado, os custos relativos ao transporte, processamento e eliminação de resíduos correspondem ao ano de 2018.

Note-se que este é um período de tempo curto face a análises que sejam aplicadas a todo o CV (que pode ser, a título de exemplo, cerca de 50 anos).

Dos métodos de avaliação do desempenho económico definidos no capítulo 3.2. são utilizados os custos totais e o custo atual líquido (CAL). Não se tem em conta o custo anual equivalente (CAE) uma vez que se definiu um período de referência curto, sendo que o indicador CAE pressupõe um período de referência mais alongado associado a uma elevada quantidade de valores em cada ano e a cálculos complexos, onde se justifica o recurso ao custo anual equivalente. Note-se que são incluídos apenas os custos uma vez que as receitas geradas pelos ativos (Módulo D) estão fora do âmbito desta dissertação.

Nesta dissertação utilizam-se valores constantes, com os valores corrigidos para o ano de 2018. Como os valores recolhidos provêm de bases de dados distintas, têm-se custos ocorridos em anos anteriores e posteriores a 2018, sendo que a sua correção é feita consoante o descrito no subcapítulo 4.1.3. O CAL é calculado com base no fator de desconto, tal como definido no Passo 3 da metodologia de ACCV (subcapítulo 3.2.), com uma taxa de desconto real sugerida na norma EN 16627 (2015) de 3%.

Passo 4 – Requisitos do projeto e do ativo

Como já foi referido, nesta dissertação aplica-se a metodologia de ACCV a um conjunto de edifícios escolares, que constituem uma amostra de 51 elementos. Assim, a caracterização do *ativo* que a norma EN 16627 (2015) propõe é tida, neste caso, como a caracterização do portfólio de edifícios escolares públicos em Portugal, já explicada com detalhe nos subcapítulos 4.1.1. e 4.1.2. desta dissertação, nomeadamente no que refere ao ano de construção de cada edifício e à sua influência nos traços que o caracterizam relativos à sua tipologia e tipo de estrutura. Esta informação está presente, conforme indicado, no Anexo D. No subcapítulo 4.1.2. indica-se, de forma genérica, o tipo de intervenção feita aos edifícios pela Parque Escolar.

Uma vez que se pretende a análise da fase de fim de vida dos edifícios, consideram-se apenas os cenários relativos ao módulo C: cenário de desconstrução (módulo C1); cenário de transporte (módulo C2); cenário de processamento de resíduos para reutilização, recuperação e reciclagem (módulo C3) e cenário de eliminação (módulo C4).

A definição clara dos cenários permite uma compreensão dos custos associados a cada etapa do fim de vida. Nesta análise, apesar de se ter como ponto de partida o programa ProNIC e a informação que

lá se disponibiliza, a mesma tem como limite os custos associados ao módulo C1, sobre os trabalhos de desconstrução e demolição efetuados, não contendo informação económica individualizada associada aos restantes cenários. Assim, no âmbito desta dissertação foram contactadas empresas do setor com o objetivo de reunir os custos necessários para a avaliação acerca dos cenários de transporte, processamento e eliminação de resíduos.

Neste sentido, foi ainda consultada a base de dados Gerador de Preços, ferramenta da CYPE Ingenieros, S.A., apresentada no subcapítulo 2.3.1. desta dissertação, que inclui informação sobre todos os cenários referidos.

Passo 5 – Opções e custos a considerar

Para a avaliação de desempenho económico pretende-se a captação dos custos relativos à fase final do CV. Com efeito, no âmbito desta dissertação e conforme indicado anteriormente consideram-se apenas os edifícios cujas obras de reabilitação envolvam a desconstrução ou demolição de elementos da estrutura de betão armado. Consequentemente, nesta análise será tida em conta a informação acerca dos resíduos inertes, por ser o tipo de resíduos que resulta do objeto de estudo.

De acordo com os cenários anteriormente definidos, serão considerados os custos relativos ao módulo C (módulos C1 a C4), detalhados de seguida no Passo 6.

Passo 6 – Captação dos custos e períodos de ocorrência

Na definição do Passo 6, no subcapítulo 3.2., são apresentados os custos a incluir na avaliação (ver Tabela 10, subcapítulo 3.2.) de acordo com as características e os cenários definidos anteriormente. De seguida mostra-se o processo de captação destes custos por categoria (módulos C1, C2, C3 e C4) e consoante a respetiva fonte de informação, incluindo o seu período de ocorrência.

Custos associados à desconstrução dos edifícios (C1)

Para a captação dos custos associados à desconstrução e demolição dos edifícios (módulo C1) recorreu-se às bases de dados apresentadas no subcapítulo 2.3.1. desta dissertação, sendo elas o Gerador de Preços, do CYPE Ingenieros, S.A., base de dados para custos relativos ao setor da construção, e à base de dados do programa ProNIC, também apresentada no subcapítulo 2.3.1. desta dissertação. Os custos dos trabalhos de desconstrução e demolição sugeridos pelo Gerador de Preços são todos os apresentados na Tabela 4 (ver subcapítulo 2.3.1.), tendo sido recolhidos no ano de 2019 e posteriormente atualizados para o ano de 2018 (subcapítulo 4.1.3. da presente dissertação).

Quanto à base de dados do ProNIC, a recolha dos dados correspondentes ao módulo C1 teve como base o portfólio de edifícios, caracterizado no ponto 4.1.2. e no Anexo D, constituído por escolas que abrangem o “Capítulo 3: Demolições”, no programa ProNIC, referente a trabalhos de demolição, nomeadamente os relativos à estrutura de betão armado (Art.º 3.1.2.3). Estes custos correspondem ao ano de 2010, data dos projetos de intervenção nos edifícios escolares, tendo sido capitalizados para o ano de 2018 (ver subcapítulo 4.1.3.).

Note-se que os custos retirados do ProNIC, associados ao módulo C1, englobam os pontos enumerados no passo 6 da metodologia de ACCV (subcapítulo 3.2. desta dissertação), assumindo-se

que estão incluídos os custos dos trabalhos de desconstrução e de demolição e as taxas e impostos associados. Explicita-se, de seguida, o método de captação destes custos.

Inicialmente, na fase de constituição da amostra, foi feita a recolha, através da aplicação do ProNIC e individualmente para cada uma das escolas, dos valores existentes dos custos de demolição. Com efeito, começou-se com uma abordagem genérica ao conjunto total de 69 escolas que continham informação relativa ao *Capítulo 3: Demolições*, onde foram retirados todos os valores referentes ao *Art.º 3.1.2.3: Estruturas de betão armado*. Ao longo deste processo foi possível eliminar da amostra os casos que não incluíam o referido artigo, não interessando para a análise por não conterem trabalhos de demolição de elementos da estrutura de betão armado. Por outro lado, foi também nesta fase que se procedeu a uma organização inicial dos elementos existentes, com o intuito de os uniformizar, mais tarde, no âmbito da análise estatística a efetuar.

Posto isto, para este trabalho interessava que os custos recolhidos estivessem associados a uma unidade de medida. Assim, escolas cujos artigos contivessem apenas um valor global (VG), sem apresentar um valor de quantidade demolida, ou um custo unitário de demolição de algum elemento, foram descartadas da amostra. De igual modo, escolas cujos artigos apenas apresentassem um valor de quantidade, não existindo um custo associado (unitário ou global) foram também descartadas.

De notar que, na realidade, os documentos existentes no ProNIC se revelaram incompletos em vários casos, sendo que, no processo de recolha de dados, se fez uma procura não só pelos valores apresentados na própria aplicação do ProNIC (fichas de custos) como também se recorreu, quando necessário, aos documentos de Estimativas Orçamentais (EO) e a Mapas de Quantidades de Trabalhos (MQT). Explicitando, no caso de ser aberta uma obra que apresentasse o *Art.º 3.1.2.3*, mas com o respetivo custo em branco, o processo de pesquisa passava, então, por recorrer à EO, com o objetivo de preencher o valor do custo unitário do respetivo elemento. Da mesma maneira, se uma obra apresentasse apenas o valor do custo, recorria-se ao MQT para se obter as quantidades demolidas do elemento. Com efeito, em muitos casos obteve-se apenas os dados relativos à quantidade total demolida, não existindo valores para a demolição de cada elemento em si. Estes casos foram retirados da amostra.

Por fim, outras situações retiradas da amostra foram os casos em que se tinha um valor monetário por unidade de elemento, não sendo uma unidade interessante para a análise estatística a efetuar. A título de exemplo tem-se, na Figura 13, dois excertos do ecrã do programa ProNIC com exemplos de casos que foram descartados da amostra.

Após o processo de recolha dos dados relevantes descrito anteriormente obteve-se, então, a amostra de escolas a estudar, constituída por 51 edifícios escolares. Desta recolha de dados resultou um conjunto de tabelas com a informação que foi possível recolher sobre os elementos demolidos em cada uma das escolas, sendo que a todos esses elementos corresponde um valor para a quantidade (com diferentes unidades de medida: m^3 , m^2 ou m) e um valor para o custo unitário. O ProNIC disponibiliza esta informação separada pelos diferentes blocos pertencentes aos edifícios escolares, contudo, para o estudo pretendido, optou-se por agrupar todos os elementos, ficando apenas a distinção por escola.

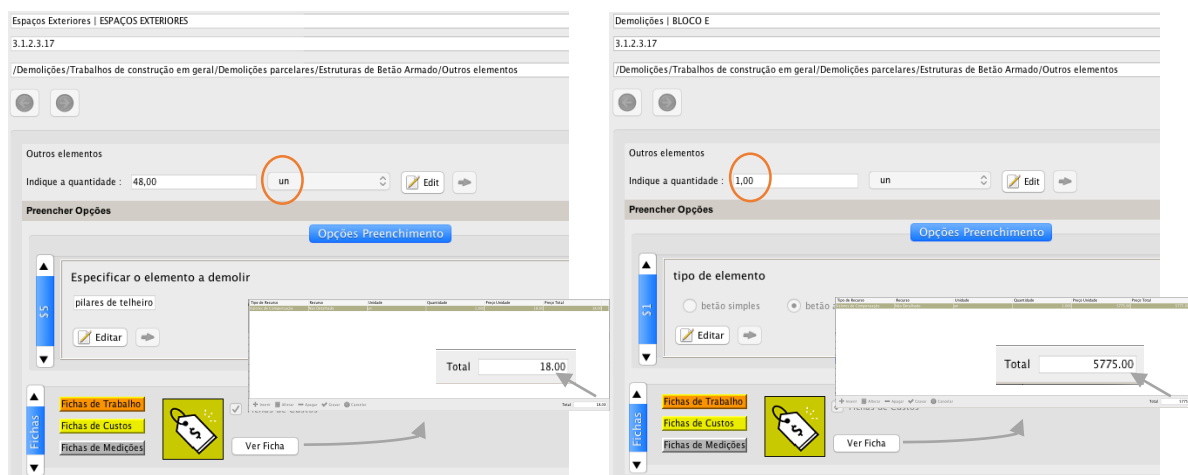


Figura 16: Exemplos de casos retirados da amostra – à esquerda sobre o elemento “pilares de telheiro” e à direita sobre o elemento “pilares e vigas de betão armado”.

Nesta fase tem-se toda a informação recolhida do ProNIC ainda em bruto, separada por escolas conforme foi captada. O tratamento desta informação será desenvolvido no capítulo 5, envolvendo determinadas considerações por forma a preparar a informação, adequando-a à análise pretendida. Este tratamento consiste na identificação dos elementos principais a estudar, ajustando algumas das entradas e, caso a caso, somando as quantidades correspondentes aos mesmos elementos originários de blocos distintos em cada escola, de onde resultam tabelas com os elementos demolidos, a unidade em que foram medidos, o total da quantidade demolida e o seu custo unitário. A Tabela 12 pretende exemplificar o resultado da captação de custos numa fase inicial, sendo que foi obtida uma tabela idêntica por escola. As tabelas obtidas sobre as 51 escolas do portfólio em estudo estão presentes no Anexo E, onde se inclui o total da informação económica já preparada para a análise estatística, ou seja, após o tratamento dos elementos descrito no subcapítulo 5.1. da presente dissertação.

Como se verá no capítulo 5, faz parte do processo de tratamento a reorganização da informação em termos de elementos de demolição, pretendendo-se o estudo dos custos unitários através da análise estatística de modo a obter valores de referência.

Tabela 12: Exemplo de tabela resultante da captação de custos (módulo C1).

Escola	Elemento	Unidade	Quantidade	Custo unitário (€)
Escola 21	Pilares	m ³	3,24	220,95
	Paredes	m ³	65,10	220,95
	Laje maciça	m ³	112,08	220,95
	Escadas	m ³	19,38	220,95
	Pavimento térreo	m ³	75,85	150,00
	Platibandas	m ³	26,88	135,00

Custos associados ao transporte de resíduos (C2)

Os custos associados ao transporte de resíduos (módulo C2), como indicado na norma EN 16627 (2015) e como referido anteriormente no ponto 2.2.2. desta dissertação, envolvem o processo de transporte desde o local da obra até ao centro de tratamento onde o mesmo será processado, incluindo transporte até e a partir de um local intermédio de armazenamento.

O Gerador de Preços, do CYPE Ingenieros, S.A., disponibiliza os custos relativos a transporte de resíduos presentes na Tabela 13. Estes dados foram recolhidos no ano de 2019, sendo posteriormente atualizados para o ano de 2018 de acordo com o descrito no subcapítulo 4.1.3. da presente dissertação.

Tabela 13: Custos de transporte de resíduos. Gerador de Preços, do CYPE Ingenieros, S.A.

Custos associados ao transporte de resíduos (módulo C2)		
Transporte de resíduos inertes (betões, argamassas e pré-fabricados) com contentor (depende da capacidade do contentor) <hr/> Nota: o valor indicado é o custo do contentor. Por exemplo, um contentor com 5m ³ de capacidade tem um custo de 90,85€.	1,5 m ³	54,51 €/Ud.
	2,5 m ³	63,60 €/Ud.
	3,5 m ³	72,69 €/Ud.
	4,2 m ³	81,76 €/Ud.
	5 m ³	90,85 €/Ud.
	6 m ³	99,95 €/Ud.
	7 m ³	109,03 €/Ud.
Transporte de resíduos inertes (betões, argamassas e pré-fabricados) com camião (depende da capacidade, em toneladas, do camião), para aterro específico ou operador licenciado de gestão de resíduos - para 10km de distância (€/m ³)	10 t	3,64 €/m ³
	12 t	5,03 €/m ³
	15 t	4,61 €/m ³
	30 t	2,61 €/m ³
	60 t	1,87 €/m ³

No âmbito da pesquisa efetuada, e no sentido de alargar o espectro de valores em estudo, foram ainda contactadas algumas empresas da área da gestão e tratamento de resíduos de construção e demolição. A aquisição dos dados pretendidos para esta dissertação foi dificultada pelo facto de muitas das empresas da área não disponibilizarem as suas tabelas de preços de forma pública. Assim, foram contactadas diversas empresas, tanto por via eletrónica como por via telefónica, sendo que os dados possíveis de reunir se apresentam de seguida.

Atente-se que, por se tratarem de empresas privadas, não será mencionada a sua identificação, designando-se cada entidade por “Empresa A, Empresa B, Empresa C e Empresa D”.

Empresa A

Considerando como hipóteses:

- Distância: 15km
- Modo de transporte: contentor
- Capacidade do contentor: 6m³ (que equivale a 7/8 toneladas de resíduos inertes)

Têm-se os seguintes custos, relativos ao ano de 2018:

- Custo de colocação do contentor em obra (vazio): 45€
- Custo de transporte de contentor vazio para a obra, trazendo o contentor cheio: 75€

De acordo com a Empresa A, a estes valores aplica-se IVA à taxa de 6%.

Empresa C

Considerando:

- Entulho limpo tipo 1: composto em exclusivo por inertes, com 0% de contaminantes (papel, esferovite, madeira e/ou plástico)

- Entulho (mistura) tipo 2: composto por inertes, com grau de contaminantes inferior a 10% da volumetria
- Limpeza de obra tipo 3: mistura diversa de obra, com exclusão de telas à base de alcatrão
- Verdes: limpeza de jardins, excluindo troncos de diâmetro superior a 20cm

Têm-se os custos recolhidos na Tabela 14 (relativos ao ano de 2018):

Tabela 14: Custos recolhidos associados ao transporte de resíduos (Empresa C).

Custos recolhidos	Contentor			
	2,5 m ³	6 m ³	8 m ³	15 m ³
Custo fixo de serviço (€)	55 €	75 €	75 €	75 €
Entulho limpo tipo 1 (€/t)	5 €	5 €	5 €	5 €
Entulho (mistura) tipo 2 (€/t)	15 €	15 €	15 €	15 €
Limpeza de obra Tipo3 (€/t)	45 €	45 €	45 €	45 €
Verdes (€/t)	45 €	45 €	45 €	45 €
Telas à base de alcatrão	55 €	55 €	55 €	55 €

De acordo com a Empresa C, a estes valores acresce IVA à taxa de 6%.

Empresa D

A Empresa D disponibilizou o valor praticado para o transporte de um contentor, com a capacidade de 6m³, correspondendo a um valor de 90 euros por contentor (referente ao ano de 2018).

Custos associados ao processamento de resíduos (C3)

Na sequência do ponto anterior sobre os custos associados ao transporte de resíduos, o processo de recolha de dados associados ao processamento de resíduos para reutilização, recuperação e reciclagem foi, de igual modo, através de pesquisa de bases de dados e do contacto com empresas da área.

Recorreu-se, mais uma vez, ao Gerador de Preços (CYPE Ingenieros, S.A.), que disponibiliza os dados relativamente a atividades de tratamento de resíduos apresentados na Tabela 15. Estes dados são referentes ao ano de 2019, sendo posteriormente atualizados para o ano de 2018, conforme o descrito no subcapítulo 4.1.3. desta dissertação.

Tabela 15: Custos de processamento de resíduos. Gerador de Preços, do CYPE Ingenieros, S.A.

Tratamento prévio dos resíduos (CYPE, 2019)	Valor recolhido (€/m ³)
Classificação em obra dos RCD (separação/triagem por material)	2,50
Trituração em obra dos resíduos de natureza não pétreo (meios mecânicos)	1,92
Britagem em obra de resíduos de natureza pétreo com meios mecânicos	3,02

Relativamente ao contacto com as empresas da área, observa-se que a procura de informação relativa à fase de processamento dos resíduos foi um processo difícil e com pouco sucesso, uma vez que não há disponibilidade da parte das empresas para facultar estes dados, por motivos de competitividade da área em que estão inseridas. Do contacto com as empresas resultou a informação apresentada de seguida.

Empresa A

- Custo de entrada de resíduos inertes (como pedra, tijolo e betão) na central de tratamento: 4€/t

- Custo médio do processo de tratamento (que pode incluir triagem para limpeza de terras antes da entrada no britador): 8€/t a 28€/t

Estes dados são relativos ao ano de 2018. De acordo com a Empresa A, a estes valores aplica-se IVA à taxa de 6%.

Custos associados à eliminação de resíduos (C4)

Os custos associados à eliminação dos resíduos, tal como descrito no ponto 2.2.4. deste documento com base na norma EN 16627 (2015), incluem os custos de eliminação, do possível tratamento dos resíduos após o seu transporte e antes da eliminação, bem como os custos relativos à gestão do local de eliminação. Com efeito, uma vez que esta dissertação trata de resíduos inertes, foram recolhidos os custos associados à colocação em aterro por ser a operação de eliminação mais comum (no caso de o resíduo não ser reutilizado ou reciclado).

Assim, segundo a informação recolhida através da APA e da Comissão Europeia e apresentada nos subcapítulos 2.2.4. e 2.3.2., os custos relacionados com a deposição em aterro em Portugal são os seguintes:

- Custo médio de operação aterro para RCD (Deloitte, 2015s): 43,74€/t (valores relativos ao ano de 2013, capitalizados para o ano de 2018 conforme indicado no subcapítulo 4.1.3.)
- TGR para depósito em aterro (APA, 2018): 8,80€/t

Tal como nos processos anteriores, recorreu-se à base de dados do Gerador de Preços (CYPE Ingenieros, S.A.), de onde se recolheram os dados apresentados na Tabela 16. Os dados recolhidos são relativos no ano de 2019, sendo atualizados para o ano de 2018 de acordo com o que consta no subcapítulo 4.1.3. desta dissertação.

Tabela 16: Custos de eliminação de resíduos. Gerador de Preços, do CYPE Ingenieros, S.A.

Entrega dos inertes a operador licenciado (CYPE, 2019)	Contentor (m³)	Valor recolhido (€/ud.)
Taxa por entrega de contentor (depende da capacidade do contentor) <hr/> Nota: o valor indicado é o custo do contentor. Por exemplo, um contentor com 5m ³ de capacidade tem um custo de 45,43€.	1,5 m ³	23,91 €/Ud.
	2,5 m ³	26,30 €/Ud.
	3,5 m ³	31,08 €/Ud.
	4,2 m ³	38,25 €/Ud.
	5 m ³	45,43 €/Ud.
	6 m ³	49,61 €/Ud.
	7 m ³	53,79 €/Ud.
Taxa por entrega de resíduo com camião (€/m ³)	8,25 €/m ³	

Do contacto com as empresas da área recolheu-se a seguinte informação:

Empresa B

A Empresa B é uma empresa do setor da construção cuja atividade envolve a exploração e gestão de aterros e de centrais de tratamento de resíduos.

- Custo de receção de resíduos: 15€/t a 30€/t (valor relativo ao ano de 2018)

De notar que nesta central de tratamento para a eliminação de resíduos é efetuada a deposição em aterro. A Empresa B indica, ainda, que recebe RCD para caminhos internos, isentos de contaminantes (como plásticos, madeiras, entre outros), evitando o recurso a matérias-primas naturais.

Empresa D

- Custo de receção de resíduos de betão para eliminação: 15€/t (valor relativo ao ano de 2018)

Note-se que no capítulo 5 é desenvolvido com maior detalhe o processo de tratamento e preparação dos dados recolhidos para a análise estatística efetuada no âmbito desta dissertação, apresentando-se os resultados obtidos da análise.

Passo 7 – Verificação dos parâmetros económicos e do período de análise

Nesta fase, tendo em conta as características e os cenários definidos nos passos anteriores, considera-se adequado o período de análise utilizado. De igual forma, mantêm-se os parâmetros económicos definidos, como o CAL e a taxa de desconto real de 3%.

Passo 8 – Avaliação do desempenho económico

Reunida a informação necessária para a avaliação de desempenho económico a desenvolver, este passo visa a obtenção dos resultados através do processamento da informação, determinando-se alguns valores médios associados ao módulo em estudo, em paralelo com a elaboração de gráficos que permitem visualizar a informação de forma integrada.

Este processo é desenvolvido no capítulo 5.1. da presente dissertação, que tem como ponto de partida toda a informação captada no Passo 6.

Passo 9 – Interpretação e apresentação dos resultados iniciais

Tal como o passo anterior, este passo é também desenvolvido no capítulo 5 (subcapítulos 5.1. e 5.2.), onde serão apresentados e discutidos os resultados obtidos.

Passo 10 – Apresentação dos resultados finais

Na presente avaliação, uma vez que não se considerou necessária nenhuma alteração a valores ou a parâmetros ao longo da análise, admite-se que os resultados finais são iguais aos resultados iniciais.

Na definição do Passo 10, no subcapítulo 3.2., são indicados os parâmetros que devem constar no relatório da avaliação de desempenho económico, promovendo uma apresentação e interpretação fácil e de forma clara pelo leitor. Contudo, nesta dissertação não é elaborado um relatório como o indicado, uma vez que não se adequa à estruturação seguida neste documento. Considera-se, assim, que os capítulos 5 e 6 deste documento (apresentação e discussão dos resultados e conclusões finais da dissertação) reúnem os pontos que seriam incluídos no relatório final da avaliação.

5. Análise de resultados

Após a recolha de todos os valores associados à fase de fim de vida procede-se, desde logo, ao seu tratamento, uniformizando os dados obtidos de modo a permitir uma análise clara e equilibrada.

Neste capítulo tem-se, então, o tratamento dos dados recolhidos, provenientes das diferentes fontes de informação acedidas. Os custos provenientes do ProNIC (módulo C1) são os que envolvem um tratamento mais estruturado e uma análise estatística mais detalhada, uma vez que se pretende obter valores de referência para futura utilização. Os restantes dados obtidos (módulos C2, C3 e C4), de um modo geral, serão apenas corrigidos para o ano de 2018, ano de referência para este estudo. No final deste capítulo tem-se uma aplicação dos resultados.

5.1. Tratamento e apresentação dos dados recolhidos

No capítulo 4 desta dissertação foi descrito o processo de captação dos dados pretendidos para o presente estudo, através de três fontes distintas de informação económica: os dados provenientes da ferramenta informática ProNIC, os dados extraídos da base de dados pública Gerador de Preços (CYPE Ingenieros, S.A.) e os dados disponibilizados por empresas privadas do setor. O tratamento dos dados retirados do ProNIC é o mais complexo, envolvendo o estudo dos custos unitários com base numa análise estatística, em oposição aos restantes dados em que apenas se procede à sua correção consoante o descrito no subcapítulo 4.1.3. desta dissertação.

Base de dados: ProNIC

➤ Módulo C1: Desconstrução

No Anexo E, como já referido, encontram-se todos os custos recolhidos do ProNIC, onde se inclui o custo unitário de todos os elementos de betão armado demolidos no âmbito das intervenções efetuadas. Passa-se, então, ao processo de uniformização dos elementos existentes, possibilitando posteriores comparações entre diferentes bases de dados.

Assim, numa fase inicial tomou-se em atenção o tipo de elementos existentes, bem como todas as suas variantes. Com efeito, as entradas das descrições dos trabalhos no ProNIC dependem de cada projetista, pelo que se verificam casos em que o elemento referido é o mesmo, tendo-se apenas alguma variação ao nível do pormenor de trabalhos efetuados. Para este estudo, uma vez que se pretende um estudo dos custos unitários de vários elementos de betão armado no seu sentido mais amplo, optou-se por agregar valores do mesmo tipo de elementos quando se verificam as seguintes condições:

- os elementos são semelhantes, ou do mesmo tipo, sendo mais interessante e proveitoso fazer o seu estudo em conjunto;
- a gama de valores é semelhante;
- o elemento isolado apresenta poucos valores, não permitindo, por si só, uma análise estatística interessante.

Note-se que, neste processo, não se juntaram os dados apenas por serem do mesmo elemento. Atente-se no elemento *lajes*, por exemplo, em que se optou por manter a separação entre “laje maciça” e “laje aligeirada de vigotas” pois, apesar de ser o mesmo tipo, a gama de valores não coincide uma vez que os próprios métodos de demolição diferem em termos de rendimento e quantidades de trabalho.

Tome-se o caso do elemento *vigas* como um exemplo do processo de tratamento seguido nos vários elementos. Na Tabela 17 têm-se os valores recolhidos, ou seja, os vários custos de demolição destes elementos captados da amostra, bem como a sua contagem. Entenda-se, neste caso, que se tem uma contagem de dezasseis entradas de valores de demolição de vigas, o que significa que, da totalidade da amostra estudada (51 edifícios escolares), houve 16 que incluíram trabalhos de demolição de vigas na sua intervenção. Por outro lado, têm-se os elementos *vigas*, *lintéis e cintas*, *lintéis e vigas com aproveitamento de armaduras* com um número de entradas inferior a cinco, o que se considera, em termos de estatística, um número reduzido de entradas para o qual não se justifica, de facto, proceder a uma análise. Assim, uma vez que os referidos elementos são semelhantes na sua tipologia e funcionalidade, sendo mesmo tomados e orçamentados como um só em vários casos da amostra, optou-se pela sua agregação, resultando então a categoria **vigas**, com um total de 22 entradas.

Tabela 17: Custos unitários de demolição de vigas e derivados (€/m³).

Escolas	Vigas		Vigas, lintéis e cintas		Lintéis		Vigas com aproveitamento de armaduras	
	Quantidade (m3)	Custo unitário (€/m3)	Quantidade (m3)	Custo unitário (€/m3)	Quantidade (m3)	Custo unitário (€/m3)	Quantidade (m3)	Custo unitário (€/m3)
Escola 2			5,00	150,00				
Escola 3			51,47	14,81			34,88	14,81
Escola 8	3,60	220,95						
Escola 11	8,42	220,95						
Escola 14	41,98	220,95						
Escola 19			2,39	80,00				
Escola 23	4,00	60,00						
Escola 26	32,10	20,00						
Escola 27	5,34	200,00						
Escola 29	0,96	125,00						
Escola 31	26,58	105,00						
Escola 33	2,44	450,00			27,25	260,00		
Escola 34	2,00	220,95						
Escola 36	13,96	120,00						
Escola 39	9,29	100,00						
Escola 40	19,95	50,00						
Escola 41							63,13	50,00
Escola 42			41,24	95,00				
Escola 46	62,96	100,00						
Escola 48	39,74	220,95						
Escola 50	127,65	18,00						
Contagem	16		4		1		2	

Do mesmo modo, foram associados os dados de outros elementos seguindo o mesmo processo, como por exemplo: dos elementos *paredes de contenção* e *paredes de caixa* de escadas resulta a categoria **paredes**; dos elementos *escadas*, *degraus de escadas* e *escadas exteriores* resulta a categoria **escadas** e a categoria **cobertura** resulta de entradas como *varas e ripas de cobertura de betão armado* e *cobertura exterior em perfis de betão armado*. O objetivo deste processo foi obter um conjunto de elementos mais coeso e uniforme, com elementos genéricos comparáveis com outras bases de dados e/ou tabelas de preços praticadas no mercado.

Finalmente, tomou-se em consideração a contagem das entradas dos elementos resultantes sendo que, como referido anteriormente, não se justifica uma análise estatística quando se tem poucos valores em análise. Em particular, no âmbito da recolha de informação foram obtidos vários elementos de carácter mais específico, como os elementos *viga-parede*, *cornijas* e *canteiros*, casos esses em que apenas foi possível a recolha de um ou dois valores do custo de demolição, pelo que se optou por não os incluir na próxima fase do estudo.

A Figura 14 mostra, para cada unidade de medição (m^3 , m^2 ou m), os elementos incluídos na análise estatística.

Elementos a estudar na unidade €/m ³	Elementos a estudar na unidade €/m ²	Elementos a estudar na unidade €/m
<ul style="list-style-type: none"> • Lajes maciças • Lajes aligeiradas de vigotas • Pavimento térreo • Vigas • Pilares • Paredes • Escadas • Muros • Platibandas 	<ul style="list-style-type: none"> • Lajes maciças • Lajes aligeiradas de vigotas • Pavimento térreo • Cobertura • Escadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Peitoris em betão armado • Muros

Figura 17: Elementos a incluir na análise estatística por unidade de medição.

Posto isto, uma vez selecionada a informação a estudar, procedeu-se à capitalização dos dados para o ano de 2018, segundo o descrito no subcapítulo 4.1.3. desta dissertação, onde se apresenta a informação acerca das taxas de variação do índice de preços do consumidor e da taxa de desconto utilizada, bem como o seu modo de aplicação. Os custos a considerar na análise estatística são os apresentados nas Tabelas 18, 19 e 20 consoante se tem o custo unitário por metro cúbico, metro quadrado e metro linear, respetivamente.

No Anexo F constam os dados das Tabelas 18, 19 e 20 separados segundo os elementos a estudar e por unidade de medição considerada (€/m³, €/m² e €/m), de modo a facilitar a sua compreensão e o seu tratamento. Na análise estatística que se segue procede-se ao estudo dos custos unitários de demolição dos elementos de betão armado indicados, sendo que para cada elemento não é relevante a sua associação à escola a que corresponde nem à quantidade demolida do elemento. Assim, nesta fase os custos unitários são estudados de forma isolada.

Tabela 18: Custos capitalizados (CAL) de demolição de elementos de betão armado, em €/m³.

Escola	Elemento	Quantidade (m ³)	Custo unitário corrigido (€/m ³)
Escola 1	Laje maciça	22,49	212,68
Escola 2	Pilares	29,00	311,92
	Vigas	5,00	212,68
	Paredes	12,00	212,68
	Lajes maciças	96,00	212,68
	Escadas	24,00	255,21
	Pavimento térreo	270,60	127,61
Escola 3	Pilares	43,52	21,00
	Vigas	86,35	21,00
	Escadas	4,85	21,00
	Pavimento térreo	856,16	21,00
Escola 4	Muros	0,62	425,35
Escola 6	Pilares	0,68	114,49
	Lajes maciças	50,44	107,76
	Escadas	16,20	114,49
	Pavimento térreo	127,22	114,49
Escola 7	Lajes maciças	0,73	356,40
	Escadas	18,44	212,11
Escola 8	Lajes maciças	106,93	313,27
	Escadas	16,79	313,34
	Pavimento térreo	93,72	313,34
	Pilares	1,44	313,27
	Vigas	3,60	313,27
Escola 9	Lajes maciças	16,00	141,78
	Lajes aligeiradas de vigotas	1571,83	31,19
Escola 10	Escadas	31,08	77,98
Escola 11	Pilares	8,56	313,27
	Vigas	8,42	313,27
Escola 12	Paredes	198,28	163,05
	Lajes maciças	7,10	313,27
	Escadas	3,80	313,27
Escola 14	Vigas	41,91	313,27
	Escadas	10,98	141,78
	Pavimento térreo	100,00	141,78
Escola 15	Pilares	0,50	49,62
Escola 16	Lajes maciças	10,58	313,27
Escola 17	Paredes	20,00	313,27
Escola 18	Pilares	121,00	42,54
Escola 19	Pilares	1,36	113,43
	Vigas	2,39	113,43
	Escadas	18,00	85,07
	Muros	340,00	56,71
Escola 20	Escadas	42,00	268,82
Escola 21	Pilares	3,24	313,27
	Paredes	65,10	313,27
	Lajes maciças	112,08	313,27
	Escadas	19,38	313,27
	Pavimento térreo	75,85	212,68
	Platibanda	26,88	191,41
Escola 22	Pilares	3,71	354,46
	Escadas	7,84	1001,85
	Muros	18,93	354,46
Escola 23	Vigas	4,00	85,07
	Paredes	170,01	103,96
	Laje aligeirada de vigotas	45,00	11,34
Escola 25	Laje maciça	33,90	313,27
	Pilares	3,80	326,10
	Escadas	12,30	354,46
	Platibandas	64,70	319,01
	Pilares	29,51	99,25
Escola 26	Vigas	32,10	28,36
	Paredes	7,82	28,36
	Lajes maciças	170,17	85,07
	Pavimento térreo	148,71	85,07

	Escadas	3,97	35,45
Escola 27	Vigas	5,34	283,57
	Escadas	14,82	283,57
Escola 28	Laje aligeirada de vigotas	2,02	56,71
	Muros	26,30	56,71
Escola 29	Escadas	25,76	42,54
	Pilares	0,88	177,23
	Vigas	0,96	177,23
	Paredes	10,45	170,14
	Lajes maciças	11,59	410,46
Escola 30	Escadas	2,53	611,80
	Pilares	2,18	333,19
Escola 31	Pilares	8,39	155,96
	Vigas	26,58	148,87
	Paredes	6,61	148,87
	Lajes maciças	31,22	148,87
Escola 33	Pilares	4,78	638,03
	Lintéis	27,25	368,64
	Vigas	2,44	638,03
	Paredes	41,89	638,03
	Platibandas	0,88	638,03
	Escadas	22,60	21,27
	Lajes maciças	36,34	21,27
	Vigas	2,00	313,27
Escola 34	Lajes maciças	10,00	313,27
	Pilares	12,19	170,14
Escola 36	Vigas	13,96	170,14
	Paredes	21,11	184,32
	Lajes maciças	36,78	170,14
	Escadas	9,03	184,32
	Platibanda	37,97	184,32
	Pilares	2,06	333,19
Escola 37	Escadas	80,39	77,98
	Lajes maciças	18,00	85,07
Escola 39	Pilares	7,48	141,78
	Vigas	9,29	141,78
	Lajes maciças	146,19	141,78
	Escadas	53,76	141,78
Escola 40	Vigas	19,95	70,89
	Paredes	56,58	70,89
	Lajes aligeiradas de vigotas	90,20	70,89
	Escadas	10,77	70,89
	Lajes maciça	4,48	70,89
Escola 41	Vigas	63,13	70,89
	Pilares	63,13	70,89
	Pilares	18,79	134,69
Escola 42	Vigas	41,24	134,69
	Lajes maciças	59,41	134,69
	Laje aligeirada de vigotas	59,41	134,69
	Pavimento térreo	5,94	70,89
Escola 44	Lajes maciças	40,79	141,78
	Escadas	62,36	141,78
	Platibanda	26,46	141,78
Escola 45	Paredes	0,40	354,46
Escola 46	Vigas	62,96	141,78
	Lajes maciças	10,65	141,78
	Lajes aligeiradas de vigotas	600,00	32,61
	Muros	28,26	141,78
Escola 47	Lajes maciças	18,69	283,57
	Pavimento térreo	195,46	28,36
Escola 48	Vigas	39,74	313,27
Escola 50	Escadas	42,00	42,54
	Paredes	8,00	28,36
	Pilares	26,94	28,36
	Vigas	127,65	25,52
	Lajes maciças	667,62	26,94
	Escadas	14,83	28,36
	Pavimento térreo	1281,50	28,36

Tabela 19: Custos capitalizados (CAL) de demolição de elementos de betão armado, em €/m².

Escola	Elemento	Quantidade (m²)	Custo unitário corrigido (€/m²)
Escola 4	Pavimento térreo	700,00	35,45
Escola 5	Lajes maciças	220,00	28,36
Escola 6	Cobertura	17,80	17,01
Escola 7	Escadas	157,68	99,25
	Cobertura	729,60	6,38
	Pavimento térreo	52,00	17,01
Escola 9	Pavimento térreo	201,53	28,36
Escola 13	Escadas	3,00	893,24
	Pavimento térreo	2285,42	11,48
Escola 15	Lajes maciças	22,00	49,62
	Lajes aligeiradas de vigotas	467,00	28,36
	Escadas	50,40	35,45
Escola 16	Lajes aligeiradas de vigotas	0,63	32,61
	Pavimento térreo	308,05	42,54
	Coberturas	312,46	28,36
Escola 17	Escadas	10,00	283,57
Escola 20	Lajes maciças	72,55	161,29
Escola 22	Lajes maciças	25,92	42,54
	Pavimento térreo	510,20	28,36
Escola 23	Laje aligeirada de vigotas	278,95	11,34
	Cobertura	4565,51	13,13
	Pavimento térreo	2049,91	8,66
Escola 26	Lajes aligeiradas de vigotas	724,15	14,18
Escola 27	Laje aligeirada de vigotas	1,66	21,27
	Pavimento térreo	278,32	21,27
	Lajes maciças	4,39	63,80
Escola 30	Lajes maciças	88,63	92,16
	Laje aligeirada de vigotas	309,83	77,98
	Pavimento térreo	140,70	40,41
Escola 32	Lajes maciças	4,16	78,04
	Pavimento térreo	325,68	4,96
Escola 35	Pavimento térreo	7952,00	28,36
Escola 36	Lajes maciças	48,42	115,70
	Pavimento térreo	1814,76	19,85
Escola 37	Lajes maciças	23,77	304,84
	Pavimento térreo	598,00	40,41
	Cobertura	22,26	42,54
Escola 38	Pavimento térreo	36,00	14,18
Escola 39	Lajes maciças	20,88	141,78
Escola 41	Escadas	55,39	28,36
Escola 42	Escadas	365,00	11,46
Escola 43	Escadas	180,10	34,03
Escola 44	Pavimento térreo	343,64	14,18
Escola 47	Pavimento térreo	25,05	14,18
	Escadas	34,83	14,18
Escola 48	Lajes maciças	1046,32	70,89
	Pavimento térreo	1058,39	22,69
Escola 49	Lajes aligeiradas de vigotas	235,00	35,45
	Escadas	90,00	35,45
	Pavimento térreo	3240,00	28,36
Escola 51	Laje aligeirada de vigotas	60,00	28,36

Tabela 20: Custos capitalizados (CAL) de demolição de elementos de betão armado, em €/m.

Escola	Elemento	Quantidade (m)	Custo unitário corrigido (€/m)
Escola 16	Peitoris	417,80	7,09
Escola 27	Muro de suporte	96,00	751,45
Escola 28	Peitoris	400,00	3,02
Escola 31	Muro de suporte	68,40	113,43
Escola 38	Peitoris	145,40	21,27
Escola 40	Peitoris	1717,30	6,10
	Muros	553,00	14,18
Escola 41	Muros	410,00	12,79
Escola 42	Muros	148,00	13,47

Análise estatística dos custos unitários provenientes da plataforma ProNIC

A primeira fase da análise estatística considerada foi o estudo de *outliers* para cada um dos elementos. Entende-se como *outliers* os valores anormais de uma amostra, que podem causar variações irregulares, prejudicando os resultados estatísticos como, por exemplo, o valor médio da amostra. Para isto, optou-se pela aplicação da função do programa *Excel*, através do cálculo dos quartis da amostra, que são os valores que dividem um conjunto de dados em quatro partes iguais. O quartil Q2, ou mediana, é o valor do meio do conjunto de dados, dividindo-o em duas partes iguais. O quartil inferior (Q1) é o valor que fica a meio da primeira metade do conjunto de dados e, analogamente, o quartil superior (Q3) é o valor que fica a meio da segunda metade do conjunto de dados. Com base nos quartis inferior e superior são gerados, respetivamente, os limites inferior e superior da amostra, através das Equações 5 e 6, a partir dos quais um valor é considerado um *outlier* (F. Valente & M. Mesquita, 2014):

$$L_{inf} = Q_1 - 1,5 \times (Q_3 - Q_1) \quad \text{Equação (5)}$$

$$L_{sup} = Q_3 + 1,5 \times (Q_3 - Q_1) \quad \text{Equação (6)}$$

A amostra em estudo para cada elemento é reduzida e heterogénea, verificando-se valores atípicos (*outliers*) superiores por serem os valores extremos mais desfasados no conjunto de dados recolhidos. Este método foi aplicado neste estudo no sentido de homogeneizar os limites máximo e mínimo de valores para cada elemento em análise, de modo a obter-se um resultado da análise (como o valor médio) devidamente enquadrado e ajustado.

Ao conjunto de elementos de betão armado selecionados procede-se, então, a uma análise estatística, através da ferramenta “Análise de Dados” do programa *Excel*, com a utilização da função “Estatística Descritiva”. Esta análise estatística permite obter os seguintes dados: média (valor médio de um conjunto de dados); erro padrão (medida de incerteza associada à estimativa da média na população); mediana (valor do meio de um conjunto de dados); moda (valor que ocorre com maior frequência); desvio padrão (medida de dispersão dos dados em torno da média da amostra); intervalo de valores; valor mínimo (menor valor do intervalo); valor máximo (maior valor do intervalo) e contagem.

A vantagem de se considerar a mediana, em relação à média, na presença de *outliers*, é que a mediana não é influenciada pelos valores extremos da amostra, fornecendo uma medida mais robusta do que a média, que pode ser distorcida por valores extremamente altos ou baixos (F. Valente & M. Mesquita,

2014). Note-se, ainda, sobre o erro padrão, que este valor diminui com o aumento do tamanho da amostra, refletindo o aumento de precisão da estimativa com o tamanho da amostra.

Tabela 21: Resultados estatísticos incluindo e excluindo os valores extremos da amostra.

	Laje maciça	Lajes aligeiradas de vigotas	Pavimento térreo	Vigas	Pilares	Paredes	Escadas	Muros	Platibandas
Estatística incluindo todos os valores:									
Média	198,89	56,24	114,36	199,95	207,10	209,97	206,20	207,00	294,91
Mediana	159,51	44,66	99,78	159,51	163,05	170,14	141,78	141,78	191,41
Diferença	39,38	11,58	14,58	40,44	44,04	39,83	64,41	65,22	103,50
Estatística excluindo os valores extremos (outliers):									
Média	198,89	40,55	92,25	199,95	186,57	174,30	153,97	207,00	209,13
Mediana	159,51	32,61	85,07	159,51	155,96	166,60	141,78	141,78	187,86
Diferença	39,38	7,94	7,18	40,44	30,61	7,71	12,18	65,22	21,27

Como seria de esperar, os resultados da mediana e do valor médio da amostra são mais aproximados quando se exclui os valores anormais da amostra (*outliers*), como se pode observar na Tabela 21, pelo que se optou por não incluir os mesmos na análise estatística que se segue. Nas tabelas do Anexo F indicam-se estes valores em destaque.

As Tabelas 22, 23 e 24 apresentam os resultados da análise estatística, através da ferramenta “Análise de Dados” do *Excel*, segundo as unidades de medição consideradas: €/m³, €/m² e €/m, respetivamente. Em paralelo apresentam-se as Figuras 18, 19 e 20, que representam os pontos da amostra para cada elemento associados ao valor médio obtido.

Tabela 22: Resultados obtidos da estatística descritiva dos custos unitários (€/m³).

Estatística Descritiva	Laje maciça	Laje aligeirada de vigotas	Pavimento térreo	Vigas	Pilares	Paredes	Escadas	Muros	Platibandas
Média	198,89	40,55	92,25	199,95	186,57	174,30	153,97	207,00	209,13
Erro padrão	22,83	10,45	21,23	31,30	26,00	31,59	23,36	77,09	38,23
Mediana	159,51	32,61	85,07	159,51	155,96	166,60	141,78	141,78	187,86
Moda	313,27	-	28,36	313,27	313,27	28,36	141,78	56,71	-
Desvio padrão	111,87	23,38	63,69	146,82	119,17	109,41	112,02	172,37	76,46
Intervalo	389,20	59,55	191,68	617,03	333,46	326,10	333,46	368,64	177,23
Mínimo	21,27	11,34	21,00	21,00	21,00	28,36	21,00	56,71	141,78
Máximo	410,46	70,89	212,68	638,03	354,46	354,46	354,46	425,35	319,01
Contagem	24	5	9	22	21	12	23	5	4

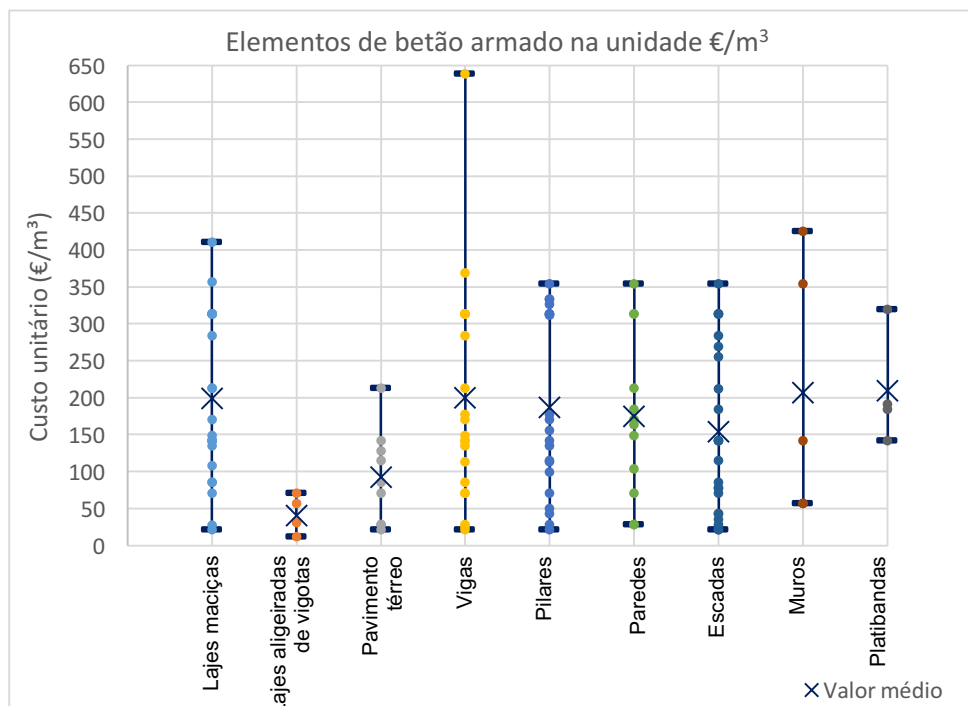


Figura 18: Distribuição dos custos unitários de elementos de betão armado em €/m³.

Como se pode observar pela Figura 18, os valores médios obtidos enquadram-se na gama de valores recolhidos em cada elemento da estrutura de betão armado. Note-se que a média do custo unitário de demolição de lajes aligeiradas de vigotas (40,55€/m³) é mais baixo do que a de lajes maciças (198,89€/m³), que se justifica pelo facto de o seu rendimento ser também inferior (Paz Branco, J., 1993), o que se deve ao próprio processo de demolição, sendo que primeiro se faz a demolição/retirada dos blocos de aligeiramento e só posteriormente se procede à demolição das vigotas de betão armado (Gomes, J. & Oliveira, F.). Tem-se ainda o valor médio do custo unitário de demolição do pavimento térreo (92,25€/m³), que é também inferior ao valor de laje maciça por ter um rendimento mais baixo e um processo mais simples, uma vez que não se considera o fator elevação. Salvo as exceções indicadas, os restantes elementos apresentam, de um modo geral, valores médios aproximados de custo de demolição.

Tabela 23: Resultados obtidos da estatística descritiva dos custos unitários (€/m²).

Estatística Descritiva	Laje maciça	Laje aligeirada de vigotas	Pavimento térreo	Cobertura	Escadas
Média	84,42	24,51	23,37	21,48	36,88
Erro padrão	13,74	3,47	2,68	6,36	11,06
Mediana	74,46	28,36	21,98	17,01	34,03
Moda	-	28,36	28,36	-	35,45
Desvio padrão	43,46	9,18	11,38	14,22	29,26
Intervalo	132,94	24,10	37,57	36,15	87,79
Mínimo	28,36	11,34	4,96	6,38	11,46
Máximo	161,29	35,45	42,54	42,54	99,25
Contagem	10	7	18	5	7

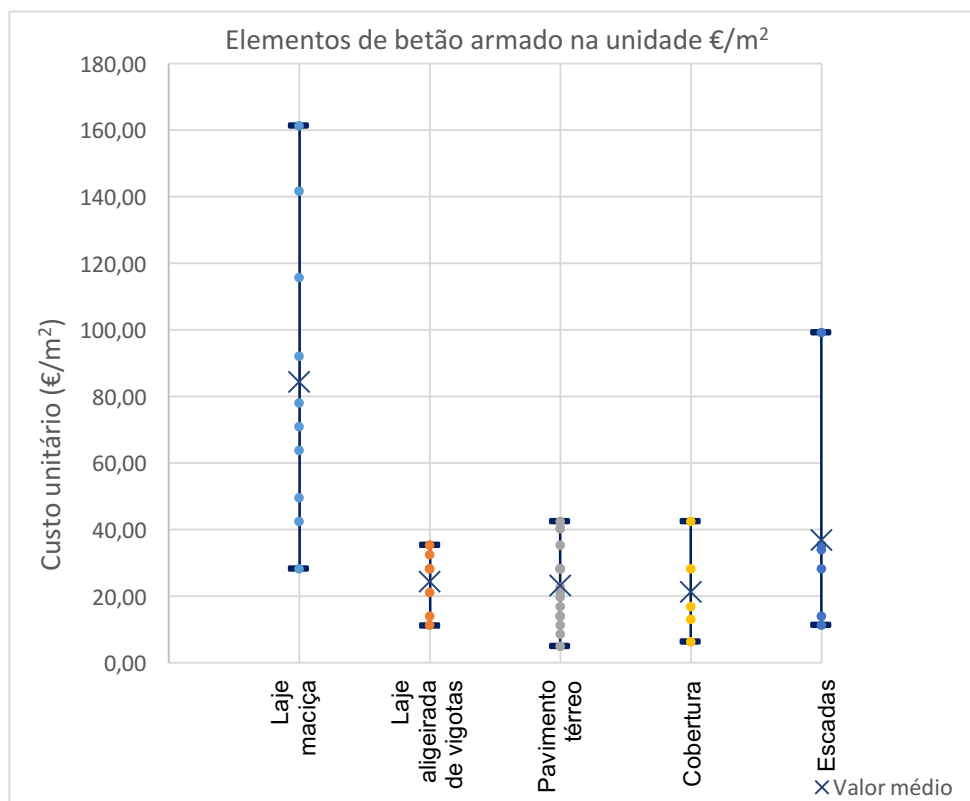


Figura 19: Distribuição dos custos unitários de elementos de betão armado em €/m².

Os valores presentes na Tabela 23 e na Figura 19, relativos à unidade de medição m², são de um modo geral mais baixos do que quando medido na unidade m³. Contudo, importa observar que tal facto se deve à unidade de medida em questão, sendo que os custos unitários em €/m² se associam a quantidades, em média, mais elevadas do que as quantidades de demolição na unidade €/m³ (ver Tabelas 18 e 19).

Tabela 24: Resultados obtidos da estatística descritiva dos custos unitários (€/m).

Estatística Descritiva	Peitoris	Muros
Média	5,40	38,47
Erro padrão	1,22	24,99
Mediana	6,10	13,82
Moda	-	-
Desvio padrão	2,12	49,98
Intervalo	4,07	100,64
Mínimo	3,02	12,79
Máximo	7,09	113,43
Contagem	3	4

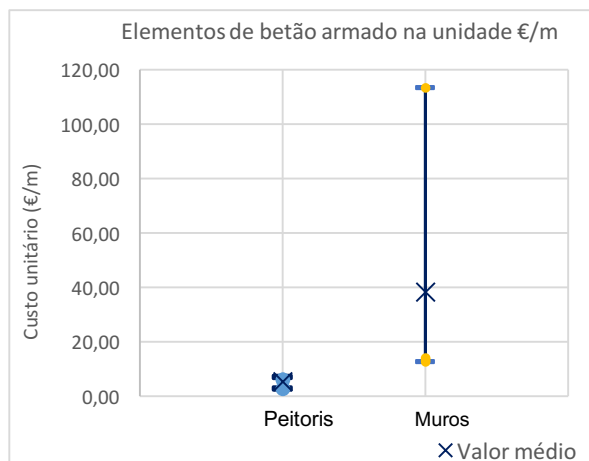


Figura 20: Distribuição dos custos unitários de elementos de betão armado em €/m.

Relativamente aos custos unitários por metro linear, note-se que os valores recolhidos são em número muito reduzido, o que se reflete na ausência de pontos no gráfico da Figura 20 quando comparado com os anteriores, pelo que não se considera uma análise estatística significativa. Assim, para os elementos medidos na unidade €/m os valores médios dos custos unitários de demolição são os indicados na Tabela 24.

Apresenta-se, de seguida, uma análise detalhada de cada elemento de betão armado estudado, com base na informação presente no Anexo F sobre os custos unitários e a respetiva quantidade demolida de cada elemento da estrutura de betão armado, promovendo uma visualização mais específica e completa dos valores existentes na amostra para cada caso.

Lajes maciças: como indicado anteriormente, o valor médio obtido para a demolição de lajes maciças foi de 198,89€/m³. Na Figura 21 apresentam-se os custos unitários captados no âmbito da presente análise associados à respetiva quantidade de elemento demolido, sendo possível observar que os valores mais altos da amostra correspondem a pequenas quantidades de demolição, enquanto que o maior valor de quantidade demolida (667,62m³) é referente a um custo significativamente mais baixo do que o valor médio obtido.

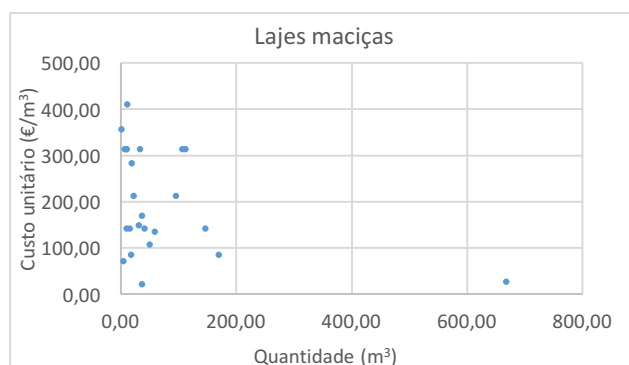


Figura 21: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de lajes maciças em €/m³.

Lajes aligeiradas de vigotas: o valor médio obtido para a demolição de lajes aligeiradas de vigotas foi de 40,55€/m³. Como se pode observar na Figura 22, a amostra recolhida apresenta um valor extremo superior considerado como atípico (*outlier*), destacado na cor laranja na referida figura, estando

associado a uma quantidade baixa. Por outro lado, os valores mais altos de quantidade demolida do elemento dizem respeito, mais uma vez, a custos mais baixos.

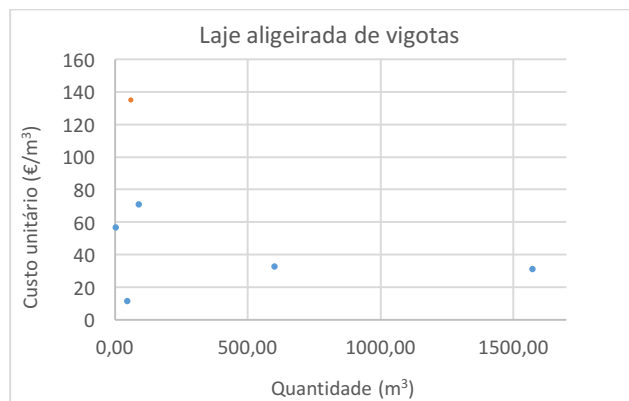


Figura 22: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de lajes aligeiradas de vigotas em €/m³.

Pavimento térreo: a demolição de pavimento térreo em betão armado tem um custo médio de 92,25€/m³, sendo que na Figura 23 se pode observar um valor atípico de custo elevado associado a uma quantidade mais baixa e quantidades mais elevadas associadas a custos baixos, tal como nos casos anteriores.

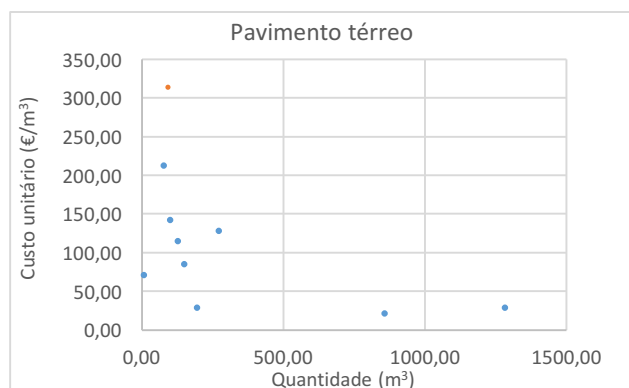


Figura 23: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de pavimento térreo em €/m³.

Vigas: para o elemento vigas de betão armado o custo unitário médio obtido foi de 199,95€/m³. A relação entre o valor unitário e a quantidade demolida do elemento é semelhante ao descrito nos elementos anteriores, como se pode observar pela Figura 24.

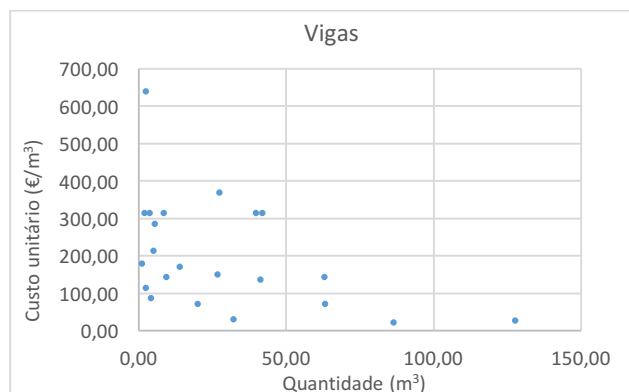


Figura 24: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de vigas em €/m³.

Pilares: o valor médio de demolição de pilares de betão armado é de 186,57€/m³. A Figura 25 mostra a relação entre o custo unitário e a quantidade demolida, tal como explicitado nos elementos anteriores.

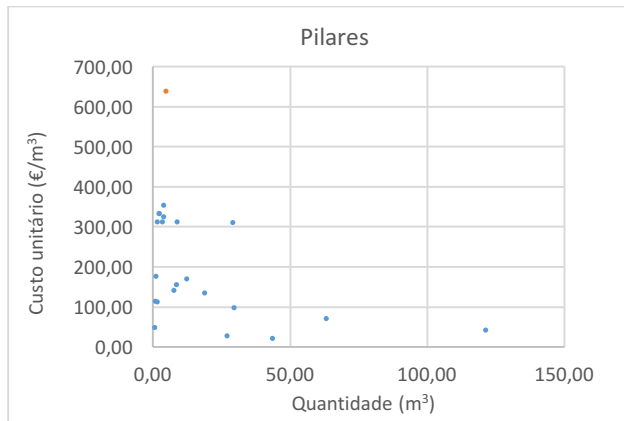


Figura 25: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de pilares em €/m³.

Paredes: o valor médio obtido para a demolição de paredes foi de 174,30€/m³. A Figura 26 relaciona os custos unitários e as quantidades demolidas do elemento.

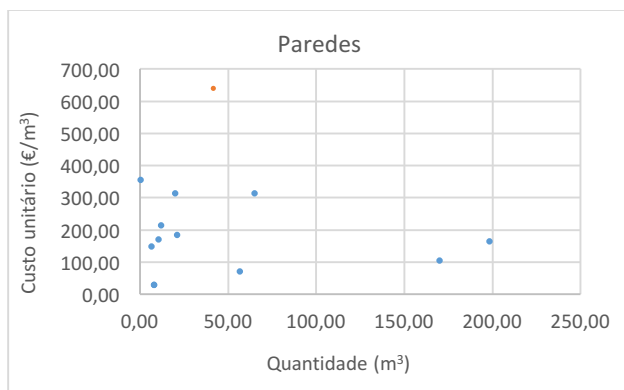


Figura 26: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de paredes em €/m³.

Escadas: o valor médio de demolição de escadas foi de 153,97€/m³. A Figura 27 mostra a relação entre os custos unitários e as quantidades demolidas do elemento, mostrando que os valores elevados atípicos estão associados a baixas quantidades de demolição e quantidades mais altas correspondem a valores de custo inferiores ao valor médio.

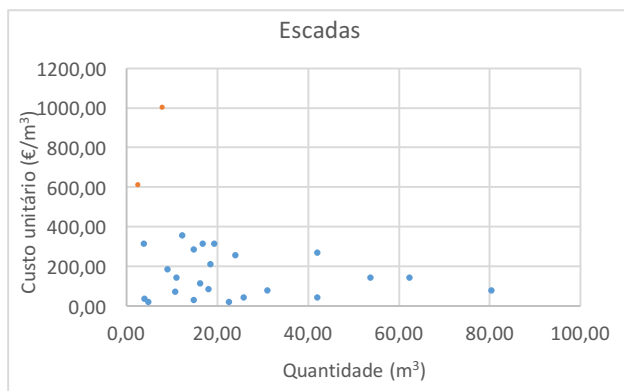


Figura 27: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de escadas em €/m³.

Muros: o valor médio obtido para a demolição de muros foi de 207,00€/m³. Pela Figura 28, que relaciona os custos unitários e as quantidades demolidas, pode observar-se foi recolhida muito pouca informação face ao que seria aconselhável em termos de análise estatística. Contudo, nota-se que os dados respeitam a variação entre custo/quantidade já indicada.

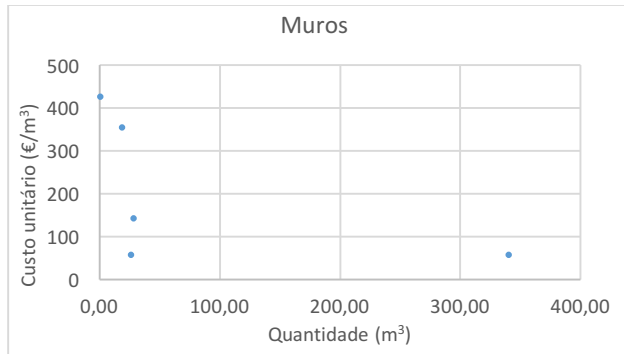


Figura 28: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolidada de muros em €/m³.

Platibandas: o custo médio de demolição de paredes obtido foi de 209,13€/m³. A Figura 29 mostra a relação entre os custos unitários e as quantidades demolidas constatando-se que, à semelhança do elemento *muros*, o número de entradas para a análise estatística é muito reduzido.

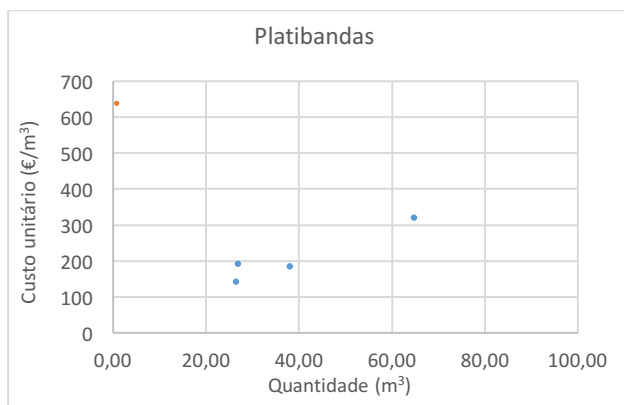


Figura 29: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolidada de platibandas em €/m³.

Do mesmo modo, nas Figuras 30 a 34 apresentam-se as relações entre os custos unitários e as quantidades de demolição dos elementos estudados na unidade €/m² e nas Figuras 35 e 36 na unidade €/m.

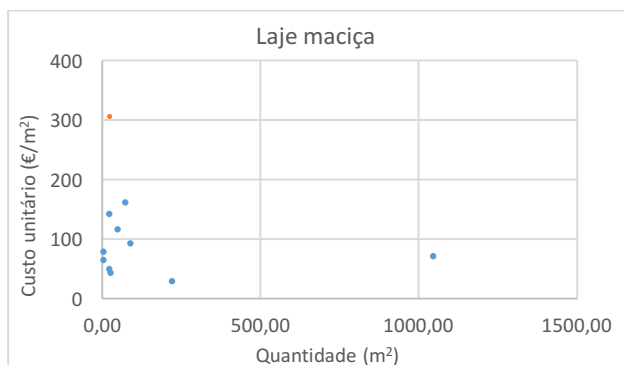


Figura 30: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolidada de lajes maciças em €/m².

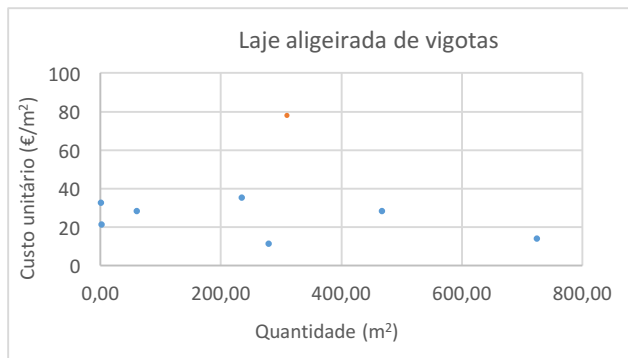


Figura 31: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de lajes aligeiradas de vigotas em €/m².

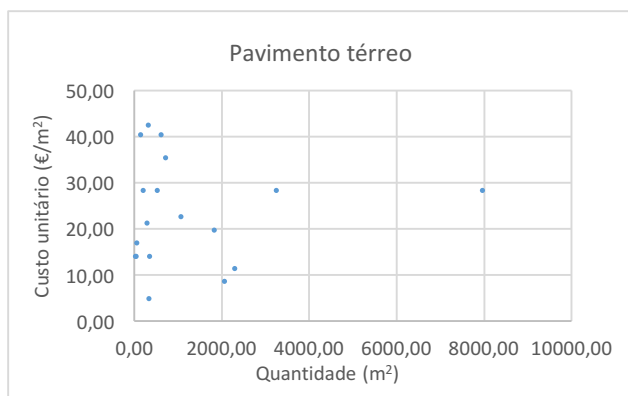


Figura 32: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de pavimento térreo em €/m².

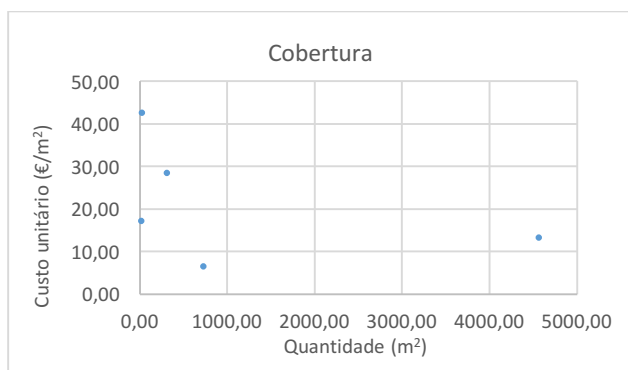


Figura 33: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de cobertura em €/m².

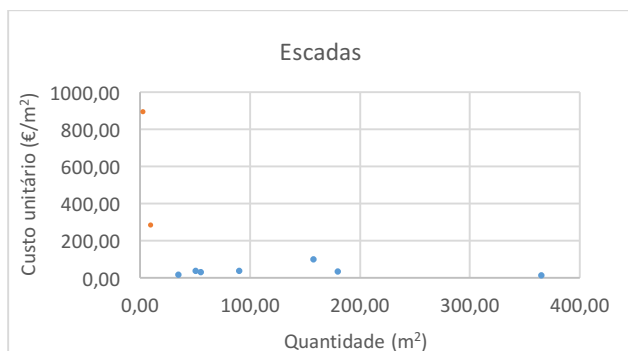


Figura 34: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de escadas em €/m².

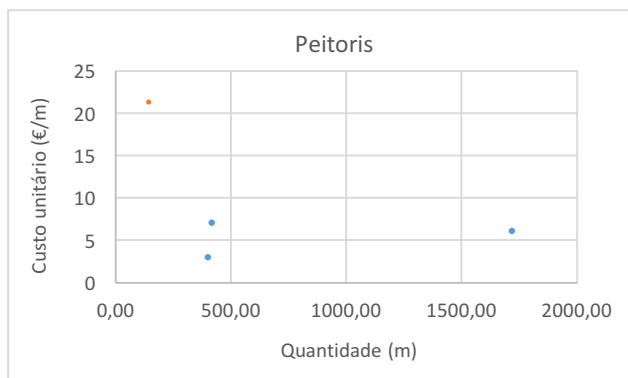


Figura 35: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de peitoris em €/m.

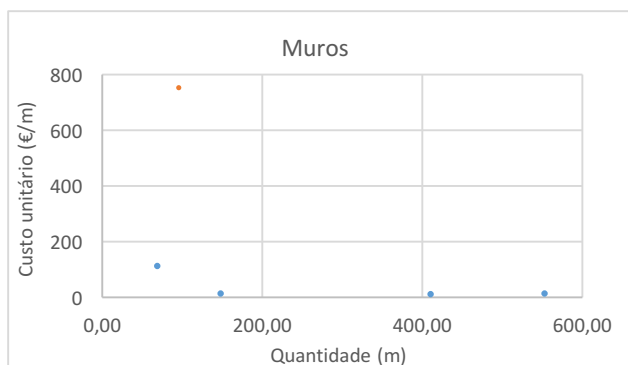


Figura 36: Relação entre o custo unitário e a quantidade demolida de muros em €/m.

Dos gráficos apresentados sobre as relações entre os custos e as quantidades de demolição em estudo pode concluir-se, de um modo geral, que se tem custos unitários mais elevados, considerados atípicos da amostra (*outliers*), associados a quantidades baixas e que quantidades de demolição muito elevadas correspondem valores reduzidos de custos unitários, sempre inferiores ao valor médio obtido. Tal acontece ao nível de conceção de projeto e de orçamentação, de forma a prevenir encargos não contabilizados inicialmente devido a trabalhos a mais que surgem em fase de execução da obra, nomeadamente no que respeita a trabalhos de demolição, uma vez que envolve um nível significativo de incerteza.

Note-se que as estimativas orçamentais consultadas do portfólio de escolas indicam que as demolições representam 1 a 3% do custo total da obra.

Base de dados: Gerador de Preços

Quanto aos valores provenientes da base de dados do Gerador de Preços tem-se, de igual forma, a atualização dos valores para o ano de referência deste estudo (2018), uma vez que a sua recolha ocorreu no ano de 2019.

Estes dados não serão alvo de estudo estatístico visto que a forma como são disponibilizados já permite a sua utilização direta. Assim, apresentam-se nas Tabelas 25 a 29, os custos atualizados do Gerador de Preços, segundo o descrito no subcapítulo 4.1.3. sendo que, neste caso, o ano de recolha é posterior ao ano de referência.

➤ **Módulo C1: Desconstrução**

Tabela 25: Custos de demolição (€/m³), Gerador de Preços (CYPE, 2019).

Gerador de preços - CYPE Ingenieros		
Preços compostos - Reabilitação - Demolições (€/m ³)		
Descrição	Valor recolhido (2019) (€/m ³)	Valor atualizado (2018) (€/m ³)
Demolição de pilar de betão armado por meios manuais	330,03	317,25
Demolição de muro de betão armado por meios manuais	168,74	162,20
Demolição de viga de betão armado por meios manuais	330,03	317,25

Tabela 26: Custos de demolição (€/m²), Gerador de Preços (CYPE, 2019).

Gerador de preços - CYPE Ingenieros			
Preços compostos - Reabilitação - Demolições (€/m ²)			
Descrição	Valor recolhido (2019) (€/m ²)	Valor médio (2019) (€/m ²)	Valor atualizado (2018) (€/m ²)
Demolição de laje maciça de betão armado por meios manuais	57,59	67,62	65,00
Demolição de laje maciça de betão armado por meios mecânicos	77,64		
Demolição de laje aligeirada de vigotas pré-fabricadas de betão por meios manuais	47,25	55,86	53,69
Demolição de laje aligeirada de vigotas pré-fabricadas de betão por meios mecânicos	64,46		
Demolição de laje de escada de betão armado por meios manuais	46,73		44,92
Demolição de pavimento exterior de betão armado por meios mecânicos	19,91		19,14

➤ **Módulo C2: Transporte**

Tabela 27: Custos de transporte de resíduos inertes (€/m³), Gerador de Preços (CYPE, 2019).

Gerador de preços - CYPE Ingenieros					
Descrição	Capacidade do contentor (m ³)	Valor recolhido (2019) (€/ud.)	Valor recolhido (2019) (€/m ³)	Valor médio (2019) (€/m ³)	Valor atualizado (2018) (€/m ³)
Transporte de resíduos inertes com contentor	1,5	54,51	36,34	21,77	20,93
	2,5	63,6	25,44		
	3,5	72,69	20,77		
	4,2	81,76	19,47		
	5	90,85	18,17		
	6	99,95	16,66		
	7	109,03	15,58		
Descrição	Capacidade do camião (t)	Valor recolhido (2019) (€/m ³)	Valor médio (2019) (€/m ³)	Valor atualizado (2018) (€/m ³)	
Transporte de resíduos inertes com camião	10 t	3,64		3,55	3,41
	12 t	5,03			
	15 t	4,61			
	30 t	2,61			
	60 t	1,87			

➤ **Módulo C3: Processamento de resíduos para reutilização, recuperação e/ou reciclagem**

Tabela 28: Custos de processamento de resíduos inertes (€/m³), Gerador de Preços (CYPE, 2019).

Gerador de preços - CYPE Ingenieros			
Descrição	Valor médio (2019) (€/m ³)		Valor atualizado (2018) (€/m ³)
Classificação em obra dos RCD (separação/triagem por material)	2,50		2,40
Trituração em obra dos resíduos de natureza não pétreo com meios mecânicos	1,92	2,47	2,37
Britagem em obra de resíduos de natureza pétreo com meios mecânicos	3,02		

➤ **Módulo C4: Eliminação**

Tabela 29: Custos de eliminação de resíduos inertes (€/m³), Gerador de Preços (CYPE, 2019).

Gerador de preços - CYPE Ingenieros					
Descrição	Capacidade do contentor (m ³)	Valor recolhido (2019) (€/ud.)	Valor recolhido (2019) (€/m ³)	Valor médio (2019) (€/m ³)	Valor atualizado (2018) (€/m ³)
Taxa de entrega de contentor de resíduo em operador licenciado	1,5	23,91	15,94	9,72	9,34
	2,5	26,30	10,52		
	3,5	31,08	8,88		
	4,2	38,25	9,11		
	5	45,43	9,09		
	6	49,61	8,27		
Taxa de entrega de resíduo com camião em operador licenciado	-	-	8,25		

Empresas do setor e outras fontes de informação

Os valores disponibilizados pelas empresas contactadas são relativos ao ano de 2018, pelo que não é necessário proceder a qualquer desconto. Contudo, visto que foram facultados alguns valores distintos para situações idênticas, dependendo das tabelas de preços e do modo de operar por cada empresa, procede-se então ao estudo dos valores médios resultantes, não correspondendo a uma análise estatística completa, mas permitindo a sua utilização para a análise comparativa. As Tabelas 30 e 31 mostram os custos de transporte e processamento de resíduos praticados por empresas do setor em 2018.

➤ **Módulo C2: Transporte**

Tabela 30: Custos de transporte de resíduos inertes (€/m³) praticados por empresas do setor.

Empresa	Descrição	Capacidade do contentor (m ³)	Valor recolhido (€/ud.)	Valor recolhido (€/m ³)	Valor médio (2018) (€/m ³)
Empresa A	Custo de colocação do contentor em obra (vazio)	6	45	7,5	10,00
	Custo de transporte de contentor vazio para a obra, trazendo o contentor cheio		75	12,5	
Empresa C ¹⁴	Custo de transporte de contentor	2,5	65	26,00	14,11
		6	85	14,17	
		8	85	10,63	
		15	85	5,67	
Empresa D	Custo de transporte de contentor	6	90	15,00	15,00
Valor médio praticado pelas empresas do setor (2018) (€/m³):					13,04

➤ **Módulo C3: Processamento de resíduos para reutilização, recuperação e/ou reciclagem**

Tabela 31: Custos de processamento de resíduos inertes (€/m³) praticados por empresas do setor.

Empresa	Descrição	Valor recolhido (€/t)	Valor médio (€/t)	Valor médio (2018) (€/m ³)
Empresa A	Custo de entrada de resíduos inertes (como pedra, tijolo e betão) na central de tratamento	4	4	3,20
	Custo médio do processo de tratamento (que pode incluir triagem para limpeza de terras antes da entrada no britador)	8 a 28	18	14,40
Valor total de processamento praticado pelas empresas do setor (2018) (€/m³):				17,60

Note-se que os valores recolhidos são relativos a uma tonelada de resíduos inertes, pelo que se determinou o custo equivalente do metro cúbico através da densidade de resíduos de construção misturados, que corresponde a 0,8t/m³ (Mália, 2010).

➤ **Módulo C4: Eliminação**

Na Tabela 32 apresentam-se os custos de depósito em aterro de resíduos inertes praticados pelas empresas da área, visto ser a operação de eliminação mais comum para este tipo de resíduos. Tal como indicado anteriormente, foi determinado o custo equivalente do metro cúbico dos valores recolhidos (custo por tonelada).

¹⁴ A Empresa C apresenta um custo fixo de serviço e custos adicionais por tipo de entulho (ver Tabela 14, subcapítulo 4.2.), pelo que se optou por fazer o somatório desses custos em dois cenários (com o entulho tipo 1 e tipo 2) e determinar um valor médio, assumindo-se esse como o valor recolhido (€/ud.).

Tabela 32: Custos de eliminação de resíduos inertes (€/m³) praticados por empresas do setor.

Empresa	Descrição	Valor recolhido (€/t)	Valor médio (€/t)	Valor médio (2018) (€/m ³)
Empresa B	Custo de receção de resíduos	15 a 30	22,50	18,00
Empresa D	Custo de receção de resíduos	15	15,00	12,00
Valor médio praticado pelas empresas do setor (2018) (€/m³):				15,00

A Tabela 33 apresenta custos de eliminação de resíduos inertes propostos por outras entidades, recolhidos no desenvolvimento da presente dissertação.

Tabela 33: Custos de eliminação de resíduos inertes (€/m³).

Descrição	Valor recolhido (€/t)	Valor médio (€/t)	Valor médio (€/m ³)	Valor médio (2018) (€/m ³)
Custos de aterro para RCD (retirado de Estudo Deloitte)	29,88 a 57,60	43,74	34,99	42,00
TGR ¹⁵ para deposição em aterro (APA, 2018)	8,8	8,8	7,04	7,04

5.2. Discussão dos resultados obtidos

Com base nos custos recolhidos e tratados relativos aos módulos C1 a C4 sobre a fase de fim de vida da estrutura de betão, apresentam-se agora todos os custos reunidos, procedendo-se a uma análise comparativa entre fontes de informação e bases de dados distintas.

A Tabela 34 sintetiza os custos captados acerca do módulo C1, apresentando os custos unitários adotados nesta dissertação como valores de referência para trabalhos de demolição de elementos de estrutura de betão armado, sendo possível a sua comparação com a base de dados já existente e de acesso público, o Gerador de Preços.

Nos elementos onde é possível fazer uma comparação, observa-se que os valores apresentam diferenças entre os 22% e os 41% para os elementos em €/m³ e entre os 18% e os 54% para os elementos na unidade de medida €/m². Não foi possível a comparação dos custos na unidade de medida €/m uma vez que o Gerador de Preços não contém valores para os respetivos elementos. Ainda assim, importa referir que o Gerador de Preços é composto por valores genéricos, não considerando variantes como a tipologia do edifício ou a sua localização, enquanto que os valores estudados com base no ProNIC são relativos especificamente à tipologia de edifícios escolares públicos em Portugal. No âmbito desta dissertação, aquando da validação dos resultados obtidos (subcapítulo 5.3.), são utilizados os valores referência do ProNIC, por serem mais adequados à aplicação em questão.

¹⁵ Assume-se que o valor da TGR, criada pelo Regime Geral da Gestão de Resíduos publicado pelo Decreto-lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro (Artigo 58.º), está incluída no valor de mercado.

Tabela 34: Síntese dos custos totais relativos ao módulo C1 – desconstrução.

MÓDULO C1	Descrição	ProNIC (€/m ³)	Gerador de Preços (€/m ³)
	Demolição de lajes maciças de betão armado	198,89	-
	Demolição de lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas de betão	40,55	-
	Demolição de pavimento térreo exterior de betão armado	92,25	-
	Demolição de vigas de betão armado	199,95	317,25
	Demolição de pilares de betão armado	186,57	317,25
	Demolição de paredes de betão armado	174,30	-
	Demolição de escadas de betão armado	153,97	-
	Demolição de muros de betão armado	207,00	162,20
	Demolição de platibandas de betão armado	209,13	-
Descrição	ProNIC (€/m ²)	Gerador de Preços (€/m ²)	
Demolição de lajes maciças de betão armado	84,42	65,00	
Demolição de lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas de betão	24,51	53,69	
Demolição de pavimento térreo exterior de betão armado	23,37	19,14	
Demolição de cobertura de betão armado	21,48	-	
Demolição de escadas de betão armado	36,88	44,92	
Descrição	ProNIC (€/m)	Gerador de Preços (€/m)	
Demolição de peitoris de betão armado	5,40	-	
Demolição de muros de betão armado	38,47	-	

A Tabela 35 compara os custos associados ao transporte de resíduos retirados do Gerador de Preços e obtidos por empresas do setor da gestão de resíduos e/ou do seu transporte exclusivamente.

Tabela 35: Síntese dos custos totais relativos ao módulo C2 – transporte de resíduos.

MÓDULO C2	Descrição	Gerador de Preços (€/m ³)	Empresas (€/m ³)
	Transporte de resíduos inertes com contentor	20,93	13,04
	Transporte de resíduos inertes com camião	3,41	-

Observa-se que o custo unitário do transporte de resíduos inertes com contentor praticado pelas empresas é, em média, mais baixo do que o valor proposto pelo Gerador de Preços, com uma diferença de 38%, o que mais uma vez se justifica por ser uma base de dados pública e de fácil acesso, contendo custos genéricos que pretendem ser uma indicação para o consultor. Numa aplicação prática dos mesmos, considera-se uma mais valia a utilização do valor obtido com base no mercado.

A Tabela 36 mostra os custos relativos ao módulo C3 do processamento de resíduos, apresentando custos de pré-tratamento (classificação e triagem) e de processamento de resíduos em obra e em local licenciado para o efeito, como é o caso das empresas consultadas.

Tabela 36: Síntese dos custos totais relativos ao módulo C3 – processamento de resíduos.

MÓDULO C3	Descrição	Gerador de Preços – processamento em obra (€/m³)	Empresas de processamento (€/m³)
	Classificação em obra dos RCD (separação/triagem por material)	2,40	-
	Processamento de resíduos (trituração/britagem)	2,37	17,60

Note-se que se tratam de situações distintas, não se fazendo uma comparação direta. O custo de processamento de resíduos obtido com base no mercado representa o conjunto do custo de entrada de resíduos inertes na central de tratamento, acrescido do custo médio do processo de tratamento dos resíduos. Observa-se que é um valor mais elevado do que o custo de trituração ou britagem em obra obtido pelo Gerador de Preços, que inclui os elementos descritos no Anexo A (Tabela A.4).

A Tabela 37 reúne os custos recolhidos associados ao módulo C4, sobre a eliminação de resíduos. No âmbito desta dissertação, por ser um estudo acerca de elementos estruturais de betão armado, a recolha e tratamento dos custos envolvidos teve como base os resíduos inertes, incluindo os resíduos de betão, sendo o seu destino mais comum o depósito em aterro (quando não é reutilizado em obra).

Tabela 37: Síntese dos custos totais relativos ao módulo C4 – eliminação de resíduos.

MÓDULO C4	Taxa de entrega de resíduo em operador licenciado (Gerador de Preços)	9,34 €/m ³
	Custo de receção de RCD (empresas do setor da gestão de resíduos)	15,00 €/m ³

O valor médio da taxa de entrega em operador licenciado sugerido pelo Gerador de Preços é mais baixo do que o valor médio do custo de receção de resíduos praticado pelas empresas de gestão de RCD, mais concretamente de gestão e operação de aterros, apresentando uma diferença de 38%. Certas entidades utilizam o agregado reciclado resultante dos resíduos inertes que recebem para a construção de estradas dentro das próprias instalações, em substituição de agregado natural, considerando-se um avanço a nível ambiental face à simples colocação em aterro.

De um modo geral, conclui-se que os custos provenientes das diferentes fontes de informação (base de dados do ProNIC, Gerador de Preços e através da consulta de empresas do setor), após o seu tratamento e determinação de valores médios, são válidos como valores de referência para futura consulta e utilização num edifício escolar. Assim, no subcapítulo 5.3. testa-se a sua aplicação numa escola do portfólio estudado.

5.3. Validação dos resultados obtidos

Com o objetivo de validar os valores de referência obtidos nesta dissertação, procede-se agora à sua aplicação numa das escolas do portfólio estudado. Como já foi referido, para o módulo C1 serão utilizados os valores de referência provenientes da base de dados ProNIC, pelo que se espera que o resultado seja adequado ao que consta nas Estimativas Orçamentais originais do programa.

No sentido de aproximar o resultado obtido à realidade, procede-se a uma abordagem dos custos unitários por categorias de quantidades de demolição, pretendendo-se eliminar erros existentes relativos às variações de custos associadas à quantidade considerada, tal como se concluiu no subcapítulo 5.1. aquando do estudo isolado de cada elemento da estrutura.

Assim, consideram-se as seguintes categorias de custos unitários por m^3 :

- Categoria A: até $99,99m^3$
- Categoria B: entre $100,00m^3$ e $199,99m^3$
- Categoria C: acima de $200m^3$

Do mesmo modo, têm-se as categorias de custos unitários por m^2 :

- Categoria X: até $100m^2$
- Categoria Y: entre $100m^2$ e $1000m^2$
- Categoria Z: acima de $1000m^2$

Note-se que a escala de categorias de valores difere substancialmente devido às próprias unidades de medida, sendo que os custos por m^2 são mais baixos, porém estão associados a quantidades significativamente mais elevadas. Os valores médios dos custos unitários de demolição para cada categoria de quantidades apresentam-se nas Tabelas 38 e 39.

Tabela 38: Custos unitários médios por categorias de quantidades (m^3).

	Lajes maciças	Lajes aligeiradas de vigotas	Pavimento térreo	Vigas	Pilares	Paredes	Escadas	Muros	Platibandas
Média ($€/m^3$):	198,89	40,55	92,25	199,95	186,57	174,30	153,97	207,00	209,13
Categoria A (<$99,99m^3$)	204,89	46,32	141,78	208,26	193,78	182,46	153,97	244,58	209,13
Categoria B (100 a $199,99m^3$)	213,35	-	92,43	25,52	42,54	133,50	-	-	-
Categoria C (>$200m^3$)	26,94	31,90	58,99	-	-	-	-	56,71	-

De um modo geral, observa-se que as médias dos custos de demolição tendem a diminuir à medida que se estudam quantidades mais elevadas, conforme mostrado no subcapítulo 5.1., constituindo, desta forma, um reforço à análise efetuada anteriormente. No caso do elemento *lajes maciças* não se verifica esta relação entre as categorias A e B por ser um elemento com quantidades demolidas tipicamente até aos $200m^3$ (ver Figura 21), não se justificando, em termos de orçamento, a redução do custo unitário a utilizar.

Tabela 39: Custos unitários médios por categorias de quantidades (m^2).

	Laje maciça	Laje aligeirada de vigotas	Pavimento térreo	Cobertura	Escadas
Média (€/m²):	84,42	24,51	23,37	21,48	36,88
Categoria X (<100m²)	93,12	27,41	15,12	29,77	28,36
Categoria Y (100 a 1000m²)	28,36	22,33	28,44	17,37	48,24
Categoria Z (>1000m²)	70,89	-	19,90	13,13	-

No que respeita às categorias X, Y e Z, relativamente às quantidades demolidas na unidade m^2 , a proporcionalidade inversa atrás referida não se verifica com a mesma distinção. Com efeito, tal deve-se ao facto de se ter uma amostra mais reduzida, com um intervalo de quantidades muito elevado e custos relativamente baixos e pouco variáveis (ver Figura 19). Por outro lado, por ser uma amostra de valores muito pequena para cada elemento, não se justifica a criação de mais categorias (com menor intervalo de quantidades).

Aplicam-se, na Escola 36 do portfólio em estudo, os valores de referência obtidos para o módulo C1 (desconstrução), no âmbito do presente estudo. No Anexo G mostra-se o processo de cálculo dos custos totais pelos vários métodos: cenário 1 – pela estimativa orçamental (valores corrigidos para o ano de 2018), cenário 2 – valores de referência obtidos e cenário 3 – custos unitários médios por categorias de quantidades de demolição. Apresentam-se os resultados na Tabela 40.

O custo original de demolição da estrutura de betão armado verificado na Estimativa Orçamental para a escola em estudo (cenário 1) foi de 64.833,53€. O resultado obtido com os valores de referência estudados (cenário 2) foi de 71.887,70€ e da abordagem do custo unitários médios com base nas categorias de quantidades demolidas (cenário 3) obteve-se um valor total de 66.608,51€. Os resultados dos cenários 2 e 3 apresentam diferenças de 11% e de 3%, respetivamente, face ao custo original.

Tabela 40: Custo total de demolição da estrutura de betão armado.

Custo total de demolição da estrutura de betão armado:	Custo Total (€)
Cenário 1: Estimativa Orçamental	64 883,53
Cenário 2: Valores de referência – obtidos através dos custos médios estudados	71 887,70
Cenário 3: Custos unitários médios calculados por categorias de quantidades de demolição	66 608,51

Considerando que os valores de referência se baseiam em todo o conjunto de dados recolhidos, envolvendo um maior intervalo de valores unitários e de quantidades estudadas, justifica-se que com estes se obtenha um resultado com maior erro. Ainda assim, pode concluir-se que é aceitável e adequada a sua utilização, permitindo uma consulta direta e mais intuitiva, em termos práticos, na fase de orçamentação.

Estima-se, então, o custo total do módulo C relativamente à estrutura de betão armado, na sequência do cálculo anterior (Tabela 40), aplicando os custos unitários obtidos para os restantes módulos à Escola 36. Considera-se a seguinte informação do Plano de Prevenção e Gestão de RCD (Escola 36):

- O PPG da Escola 36 indica que foi seguido o método de demolição seletiva, de forma a facilitar a triagem e a separação de resíduos;
- O PPG indica, também, que os resíduos inertes limpos produzidos são britados e integrados em obra e na recuperação de caminhos de circulação existentes durante a fase de obra, devendo ser usados em vez de brita nos locais temporários de estaleiro;
- O documento apresenta uma quantidade total de 2950m³ de resíduos inertes produzidos, sendo que a quantidade integrada em obra foi de 1270m³ (43%). Não se tem referência a operações de eliminação, pelo que se assume que os restantes 57% de resíduos inertes misturados (1680m³) são enviados para reciclagem.

Para o módulo C1 utiliza-se o total obtido na Tabela 40, correspondente aos valores de referência obtidos nesta dissertação, resultando um custo total de demolição da estrutura de 71 887,70€. O peso das demolições dos elementos estruturais de betão armado, no total das demolições, corresponde a 18%, sendo o custo total de demolições da Escola 36 de 389.695,31€ que, por sua vez, tem um peso de 1,65% no custo total da obra.

Nos módulos C2, C3 e C4 recorre-se ao valor de mercado. No sentido de aplicar todos os valores obtidos simula-se, por fim, um cenário alternativo em que os 1680m³ de resíduos inertes misturados não seriam enviados para reciclagem, mas sim para eliminação. Os resultados apresentam-se na Tabela 41.

Tabela 41: Custos totais estimados para cada módulo do fim de vida (C1 a C4).

Módulo	Descrição	Quantidade (m ³)	Custo unitário (€/m ³)	Custo total estimado (€)	Custo total por módulo (€)
Módulo C1 – Desconstrução	Custo de demolição de elementos estruturais de betão armado (demolição seletiva)	-	-	71 887,70€	71 887,70€
Módulo C2 – Transporte	Custo de transporte com contentor	1680m ³	13,04€/m ³ (Tabela 35)	21 907,20€	21 907,20€
Módulo C3 – Processamento de resíduos	Classificação em obra dos RCD (separação e triagem)	2950m ³	2,40€/m ³ (Tabela 36)	7 080,00€	39 657,90€
	Trituração de resíduos inertes em obra	1270m ³	2,37€/m ³ (Tabela 36)	3 009,90€	
	Custo de processamento em entidade responsável de reciclagem	1680m ³	17,60€/m ³ (Tabela 36)	29 568,00€	
Módulo C4 – Eliminação	Custo de entrada em aterro	1680m ³	15,00€/m ³ (Tabela 37)	25 200,00€	25 200,00

Assim, têm-se os custos totais referentes a cada módulo: 71.887,70€ (módulo C1), 21.907,20€ (módulo C2), 39.657,90€ (módulo C3) e 25.200,00€ (módulo C4). Considerando os custos apresentados na Tabela 41 para demolição e classificação dos resíduos, o custo de trituração para os resíduos a

incorporar em obra e o custo de transporte e de processamento em operador licenciado de reciclagem, seria de esperar um custo total da fase de fim de vida, relativo a elementos estruturais de betão armado, de 133.452,80€. No caso de se considerar o cenário alternativo, assumindo como operação de eliminação o depósito em aterro, o custo total seria de 129.084,80€.

Como se pode observar, o cenário que considera a valorização dos resíduos apresenta um custo superior ao cenário relativo à operação de eliminação, sendo um limite à reciclagem de resíduos e podendo incentivar o depósito em aterro, contrariando assim os objetivos da Comissão Europeia relativamente à reciclagem de resíduos nos países da Europa.

6. Conclusões e desenvolvimentos futuros

6.1. Conclusões

Face aos objetivos propostos para a presente dissertação pode concluir-se que a metodologia de ACCV sugerida na norma EN 16627 (2015) é aplicável ao caso de estudo, verificando-se a sua aplicabilidade apenas à fase do fim de vida, apesar de a norma estar estruturada para uma análise a todas as fases do CV do ativo. Ainda que este documento normativo se refira a um ativo físico como um único edifício ou um empreendimento, é possível a sua adaptação ao portfólio de edifícios escolares públicos estudado, sendo que a norma constitui uma ferramenta que pode ser interpretada e adaptada consoante os requisitos das partes interessadas. Neste sentido, verifica-se também a aplicabilidade da metodologia de ACCV apenas ao subsistema *estruturas* dos edifícios que constituem o portfólio, sendo que todos apresentam estrutura em betão armado, pertencendo ao 2º e 3º período de construção.

Na presente dissertação é feita a análise económica com base em custos já ocorridos, ao contrário do proposto na metodologia da norma EN 16627 (2015), uma vez que a mesma sugere a aplicação da metodologia numa fase inicial e sobre custos futuros. Conclui-se que esta aplicação é possível, sendo necessário uma adaptação de alguns parâmetros, nomeadamente dos métodos de cálculo para a correção dos valores para um ano de referência, fazendo-se a distinção entre atualização e capitalização de valores.

Neste sentido, no âmbito da análise económica efetuada foram captados custos unitários associados a cada módulo da fase do fim de vida: desconstrução (módulo C1), transporte (módulo C2), processamento de resíduos (módulo C3) e eliminação (módulo C4). A captação de custos teve como base fontes de informação distintas, sendo possível a obtenção de custos médios para cada módulo que constituem valores unitários de referência para edifícios escolares públicos, sobre a fase do fim de vida das suas estruturas de betão armado.

Os custos unitários de referência do módulo C1 foram captados através do ProNIC e sujeitos ao estudo descritivo de custos médios para cada elemento da estrutura de betão armado, obtendo-se resultados entre 40,55€/m³ e 209,13€/m³ para os elementos medidos na unidade m³, entre 21,48€/m² e 84,42€/m² para os elementos medidos na unidade m² e entre 5,40€/m e 38,47€/m para os elementos medidos na unidade m, apresentando diferenças de 18% a 54% quando comparados com os custos unitários sugeridos pela base de dados pública Gerador de Preços. Sobre os valores de referência obtidos, conclui-se que os mesmos variam consoante a quantidade, sendo que para quantidades de demolição mais elevadas se verifica uma redução dos custos unitários.

O ProNIC contém apenas informação sobre o módulo C1 pelo que, para os restantes módulos, foi necessária a consulta de empresas atuantes no setor da gestão de resíduos. Para o módulo C2 foi obtido o custo unitário para o transporte de resíduos de 13,04€/m³, que representa a média dos valores praticados pelas empresas do setor. O custo equivalente obtido do Gerador de Preços foi de 20,93€/m³, com uma diferença de 38%. Do mesmo modo, para o módulo C3 obteve-se o custo unitário total de processamento de resíduos de 17,60€/m³, que representa o conjunto do custo de entrada de resíduos

inertes na central de tratamento acrescido do custo médio do processo de tratamento dos resíduos. Do Gerador de Preços foi possível reunir o custo unitário de classificação dos RCD em obra, que corresponde a 2,40€/m³, e o custo médio de 2,37€/m³ de trituração e/ou britagem dos resíduos inertes em obra. Por constituírem situações distintas estes valores não são diretamente comparáveis, verificando-se a aplicabilidade de ambos conforme a situação em estudo. Quanto ao módulo C4, foram captados o valor da taxa de entrega dos resíduos em operador licenciado, proveniente do Gerador de Preços, de 9,34€/m³, e o custo de receção de resíduos por parte das empresas de gestão de RCD, de 15,00€/m³.

Importa referir, acerca da captação de custos através da consulta de empresas que atuam no setor da construção e da gestão de resíduos, que as mesmas não disponibilizam as suas tabelas de preços para consulta pública, por se tratar de empresas privadas, pelo que a recolha de informação económica se revelou dificultada a este nível.

Por fim, verifica-se a aplicabilidade dos valores de referência a uma escola do portfólio, obtendo-se um custo total de desconstrução e demolição (módulo C1) de 71.887,70€, um custo total de transporte (módulo C2) de 21.907,20€ e um custo total de processamento de resíduos (módulo C3) de 39.657,90€. Admitindo o cenário alternativo considerado, em que a 57% dos resíduos inertes não se aplica uma operação de valorização (reciclagem), mas sim de eliminação (depósito em aterro), seria obtido um custo alternativo de 25.200,00€ para essa operação de eliminação (módulo C4).

O custo total da fase de fim de vida de elementos estruturais de betão armado obtido para o cenário que inclui operação de valorização (reciclagem) foi de 133.452,80€, concluindo-se que os custos do módulo C1 são os que têm maior impacto, com um peso de 54% sobre o custo total. Salienta-se, assim, a importância da utilização dos custos a preços constantes corrigidos para o ano de 2018, o que permitiu uma análise comparativa mais aproximada da realidade. Por outro lado, para o cenário em que se considera a operação de eliminação (depósito em aterro), o custo total da fase de fim de vida de elementos estruturais de betão armado obtido foi de 129.084,80€. Considera-se um limite da reciclagem o facto de o cenário relativo à operação de reciclagem apresentar um valor superior ao cenário de eliminação, não contribuindo para os objetivos da Comissão Europeia relativamente à reciclagem de resíduos nos países da Europa.

6.2. Desenvolvimentos futuros

As propostas de desenvolvimentos futuros visam a uma melhoria da metodologia a aplicar, adaptando-a a um espectro mais alargado de casos e de modo a promover a sua utilização.

Uma vez que a metodologia de análise do CCV abordada nesta dissertação, sugerida nas normas EN 16627 (2015), EN 15643-4 (2012) e ISO 15686-5 (2014), foi aplicada a um portfólio de edifícios escolares composto por 51 escolas, propõe-se como trabalho futuro a sua aplicação a um único edifício escolar, incluindo apenas a sua fase de fim de vida ou mesmo alargando a análise a todo o CV. Desta forma, seria possível realizar uma análise mais concreta, com uma melhor e mais detalhada caracterização do edifício, nomeadamente o seu estado de degradação.

Do mesmo modo propõe-se, além da aplicação da metodologia a um qualquer edifício escolar público não incluído no portfólio estudado, a sua aplicação a outros edifícios públicos, como centros de saúde, hospitais, instalações prisionais e tribunais, ou a edifícios privados, como escolas privadas ou edifícios de escritórios. Propõe-se, ainda, a sua aplicação a outro tipo de infraestruturas.

No seguimento do sugerido na definição do Passo 3 da metodologia de ACCV (subcapítulo 3.2.), e com base no sugerido pela norma ISO 15686-5 (2014), seria interessante uma análise de sensibilidade ao nível da taxa de desconto utilizada, com variações de 1% e 5%, sendo que nesta dissertação de utilizou uma taxa de desconto real de 3%. Por outro lado, é também sugerida a análise de sensibilidade ao nível dos custos captados, analisando a influência do seu aumento ou decréscimo em 10%, respetivamente.

No âmbito da utilização da referida normalização, seria interessante a consideração dos restantes níveis sugeridos nas normas, tendo-se uma abordagem da avaliação da sustentabilidade mais ampla e que tem em conta não só os requisitos económicos, mas também os requisitos ambientais e sociais que se relacionam o desempenho funcional e técnico do ativo.

De maneira a dar continuidade ao estudo desta dissertação sobre os valores de referência, considera-se uma mais-valia o desenvolvimento de uma base de dados pública sobre os custos do fim de vida, melhorando a gestão a este nível.

Por fim, propõe-se a amplificação da análise do CCV incluindo não apenas os custos associados, mas também os benefícios ao longo do CV (Módulo D). A análise das receitas resultantes de atividades do fim de vida é importante no âmbito da gestão dos RCD, podendo contribuir para a compreensão das possibilidades de valorização dos RCD de estruturas de betão integrando, assim, os objetivos da UE face à economia circular.

Referências bibliográficas

- Almeida, M. (2016). *Estruturação e Análise de um Modelo de Captação de Custos do Ciclo de Vida. Aplicação a Edifícios Escolares*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Almeida, N. (2011). *Modelo de Gestão Técnica de Edifícios Baseada no Desempenho e no Risco: Conceção, Desenvolvimento e Exemplo de Aplicação a Estruturas, Tese de Doutoramento*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- APA. (2018). *Acerca de Políticas sobre Resíduos*. Obtido em Setembro de 2018, de Agência Portuguesa do Ambiente: www.apambiente.pt
- Assis, R., & Julião, J. (2009). *Gestão da Manutenção ou Gestão de Activos? (custos ao longo do Ciclo de Vida)*. Lisboa: Faculdade de Engenharia da Universidade Católica Portuguesa.
- Barrelas, J. (2012). *Caracterização construtiva e do estado de degradação das escolas do ensino secundário Caso de estudo: edifícios pavilhonares e prefabricados*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- CE. (2016). *Protocolo de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição da UE*. Comissão Europeia. Direção-Geral do Mercado Interno, da Indústria, do Empreendedorismo e das PME.
- Comissão Europeia. (09 de 08 de 2018). Obtido em 24 de Agosto de 2018, de http://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm
- Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho. (s.d.). *Diário da República, 1.ª série - N.º116*. Lisboa: Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- Deloitte. (2015a). *Construction and Demolition Waste management in Austria*. Prepared for the European Commission, DG ENV.
- Deloitte. (2015b). *Screening template for Construction and Demolition Waste management in Belgium*. Prepared for the European Commission, DG ENV.
- Deloitte. (2015c). *Screening template for Construction and Demolition Waste management in Croatia*. Prepared for the European Commission, DG ENV.
- Deloitte. (2015d). *Construction and Demolition Waste management in Cyprus*. Prepared for the European Commission, DG ENV.
- Deloitte. (2015e). *Construction and Demolition Waste management in CZECH REPUBLIC*. Prepared for the European Commission, DG ENV.
- Deloitte. (2015f). *Construction and Demolition Waste Management in DENMARK*. Prepared for the European Commission, DG ENV.
- Deloitte. (2015g). *Construction and Demolition Waste management in Estonia*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015h). *Construction and Demolition Waste Management in FINLAND*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015i). *Construction and Demolition Waste management in FRANCE*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015j). *Construction and Demolition Waste management in Germany*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015k). *Construction and Demolition Waste management in Greece*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015l). *Construction and Demolition Waste management in HUNGARY*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015m). *Construction and Demolition Waste management in Ireland*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015n). *Construction and Demolition Waste management in Latvia*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015o). *Construction and Demolition Waste management in Lithuania*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015p). *Construction and Demolition Waste management in Luxembourg*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015q). *Construction and Demolition Waste management in Malta*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015r). *Construction and Demolition Waste management in Poland*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015s). *Construction and Demolition Waste management in Portugal*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015t). *Construction and Demolition Waste management in ROMANIA*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015u). *Construction and Demolition Waste management in SLOVAKIA*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015v). *Screening template for Construction and Demolition Waste management in SLOVENIA*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015w). *Construction and Demolition Waste management in Spain*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

Deloitte. (2015x). *Construction and Demolition Waste Management in SWEDEN*. Prepared for the European Commission, DG ENV.

- Deloitte. (2015y). *Screening template for Construction and Demolition Waste management in The Netherlands*. Prepared for the European Commission, DG ENV.
- Deloitte. (2015z). *Construction and Demolition Waste management in United Kingdom*. Prepared for the European Commission, DG ENV.
- Deloitte. (2017). *Study on Resource Efficient Use of Mixed Wastes, Improving management of construction and demolition waste – Final Report*. Prepared for the European Commission, DG ENV.
- Di Maria, A., Eyckmans, J., & Van Acker, K. (2018). *Downcycling versus recycling of construction and demolition waste: Combining LCA and LCC to support sustainable policy making*. Elsevier.
- Diretiva 2008/98/CE de 19 de Novembro. (s.d.). *Jornal Oficial da União Europeia*. Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia.
- EN 15643-4. (2012). *Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Part 4: Framework for the assessment of economic performance*. Brussels: European Committee for Standardization (CEN).
- EN 16627. (2015). *Sustainability of construction works - Assessment of economic performance of buildings - Calculation methods*. Brussels: European Committee for Standardization (CEN).
- F. Valente, & M. Mesquita. (2014). *Estatística Descritiva. Matemática II*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia.
- Gerador de Preços. (2019). *Acerca dos preços de reabilitação praticados em Portugal*. Obtido em Janeiro de 2019, de Gerador de Preços - CYPE Ingenieros, S.A.: <http://www.geradordeprecos.info/reabilitacao/>
- Gomes, J., & Oliveira, F. (s.d.). *Técnicas de Demolição. Tecnologia da Construção, Mestrado Integrado em Arquitetura*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- IAM. (2012). *Asset Management – an anatomy (Version 1.1)*. Bristol, UK: The Institute of Asset Management.
- IMPIC. (2019). *Acerca do projeto ProNIC*. Obtido em 18 de Janeiro de 2019, de Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção: <http://www.impic.pt/impic/pt-pt/>
- INE, I.P. (2018). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Lisboa, Portugal: Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- ISO 15686-5. (2014). *Buildings and constructed assets — Service-life planning — Part 5: Life-cycle costing*. Geneva: International Organization for Standardization (ISO).
- ISO 19208. (2016). *Framework for specifying performance in buildings*. Geneva: International Organization for Standardization (ISO).
- ISO 55000. (2014). *Asset management - Overview, principles and terminology*. Geneva: International Organization for Standardization (ISO).

- Langdon, D. (2007). *Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology (Final Methodology)*. London, UK: Davis Langdon Management Consulting.
- Liapis, K., & Kantianis, D. (2015). *Depreciation Methods and Life-Cycle Costing (LCC) Methodology*. Athens, Greece: Elsevier.
- Loureiro, M. (2017). *Análise do custo do ciclo de vida de um edifício escolar do tipo pavilhonar em Portugal. Determinação do custo anual equivalente e estudo económico da instalação de paredes de Trombe*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Mália, M. (2010). *Indicadores de resíduos de construção e demolição*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Marques, B. (2012). *Caracterização de anomalias em edifícios escolares portugueses de tipologia Liceu Métodos analíticos de estudo de anomalias construtivas*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Observador. (09 de 11 de 2015). Obtido em Setembro de 2018, de Observador: <https://observador.pt/2015/11/09/esquiar-e-passear-no-topo-de-uma-central-de-reciclagem-de-lixo/>
- Parque Escolar. (2019). Obtido em 18 de Janeiro de 2019, de Parque Escolar, E.P.E.: <https://www.parque-escolar.pt/pt/>
- Parque Escolar, EPE. (2011). *Parque Escolar 2007-2011. Intervenção em 106 escolas*. Lisboa, Portugal: Parque Escolar, EPE.
- Paz Branco, J. (1993). *Rendimentos de mão-de-obra, materiais e equipamento em edificação e obras públicas (Tabelas)*. Queluz: Escola Profissional Gustave Eiffel.
- Pereira, C. (2012). *Caracterização construtiva e do estado de degradação das escolas do ensino secundário Caso de estudo: Escolas Industriais e Comerciais*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- PORDATA (a). (19 de Setembro de 2018). *Acerca da Produção de resíduos: total, por sector de actividade económica e por agregados domésticos*. Obtido em 12 de Novembro de 2018, de PORDATA. Base de Dados Portugal Contemporâneo: www.pordata.pt/DB/Europa/Ambiente+de+Consulta/Tabela
- PORDATA (b). (14 de Janeiro de 2019). *Acerca da Taxa de Variação do Índice de Preços no Consumidor*. Obtido em 18 de Fevereiro de 2019, de PORDATA. Base de Dados Portugal Contemporâneo: <https://www.pordata.pt/DB/Portugal/Ambiente+de+Consulta/Tabela>
- PRONIC. (2008). Aplicação de base técnica. Base de dados: Pronic - Edifícios (v1.2.120). Consórcio ProNIC: Instituto da Construção (IC-FEUP), Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto (INESC-Porto).
- Rezende, M. (2016). *Análise e estimativa de custos no ciclo de vida de túneis rodoviários*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

- RICS, R. (2016). *Life cycle costing (RICS guidance note)*. London, UK: Royal Institution of Chartered Surveyors.
- Salvado, A., & Couto, P. (2015). *Análise estatística de preços de trabalhos de reabilitação de edifícios escolares nas obras da Fase 3 da Parque Escolar E.P.E.* Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, setembro de 2015. Relatório 282/2015 - DED/NEG (Confidencial).
- Salvado, A., Couto, P., Raposo, S., & Gonçalves, L. (2014). *Indicadores para obras de reabilitação de edifícios escolares. Aplicação às obras da Fase 2 da Parque Escolar, inseridas no ProNIC pelo LNEC.* Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, fevereiro de 2014. Relatório 51/2014 - DED/NEG (Confidencial).
- Vieira, C., & Lopes, M. (2018a). *Curso e-Learning "Resíduos de Construção e Demolição: Prevenção e Valorização. Módulo II.* Porto, Portugal: UPorto.
- Vieira, C., & Lopes, M. (2018b). *Curso e-Learning "Resíduos de Construção e Demolição: Prevenção e Valorização. Módulo III.* Porto, Portugal: UPorto.
- Vieira, J. (2017). *Análise do custo do ciclo de vida de um edifício escolar do tipo industrial e comercial em Portugal. Determinação do custo anual equivalente e estudo económico da instalação de coletores solares e painéis fotovoltaicos.* Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Visit Copenhagen. (2018). *Acerca do edifício Amager Bakke / Copenhill.* Obtido em Setembro de 2018, de Visit Copenhagen: <https://www.visitcopenhagen.com/copenhagen/amager-bakke-copenhill-gdk1088237>
- Yuan, H., & Shen, L. (2010). *Trend of the research on construction and demolition waste management.* Elsevier.

Anexos

- Anexo A Exemplos de informação retirada da base de dados Gerador de Preços
- Anexo B Produção de resíduos por setor de atividade económica
- Anexo C Informação económica a nível europeu associada à eliminação de resíduos
- Anexo D Caracterização do portfólio de edifícios escolares públicos em Portugal
- Anexo E Informação económica retirada do ProNIC
- Anexo F Custos atuais líquidos para os elementos de betão armado em análise
- Anexo G Cálculo do custo total de demolição de estrutura de betão armado consoante os diferentes métodos indicados

Anexo A – Exemplos de informação retirada da base de dados Gerador de Preços

Tabela A. 1 – Demolição de laje de betão armado, com meios manuais.

DEH020	m ²	Demolição de laje de betão armado, com meios manuais.			
Demolição de laje maciça de betão armado de até 20 cm de altura total, com meios manuais, martelo pneumático e equipamento de oxicorte, remoção prévia do pavimento e da sua base, e carga manual para camião ou contentor. O preço não inclui a remoção do pavimento.					
Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mq05mai030	h	Martelo pneumático.	1,051	4,08	4,29
mq05pdm110	h	Compressor portátil diesel média pressão 10 m ³ /min.	0,526	6,92	3,64
mq08sol010	h	Equipamento de oxicorte, com acetileno como combustível e oxigénio como comburente.	0,317	7,37	2,34
mo019	h	Oficial de 1ª soldador.	0,337	18,74	6,32
mo112	h	Operário especializado construção.	1,123	17,84	20,03
mo113	h	Operário não qualificado de construção.	0,842	17,39	14,64
	%	Custos diretos complementares	2,000	51,26	1,03
				Total:	52,29

Tabela A. 2 – Demolição de pilar de betão armado.

DEH030	m ³	Demolição de pilar de betão armado.			
Demolição de pilar de betão armado, com meios manuais, martelo pneumático e equipamento de oxicorte, e carga manual para camião ou contentor.					
Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mq05mai030	h	Martelo pneumático.	7,007	4,08	28,59
mq05pdm110	h	Compressor portátil diesel média pressão 10 m ³ /min.	3,504	6,92	24,25
mq08sol010	h	Equipamento de oxicorte, com acetileno como combustível e oxigénio como comburente.	1,758	7,37	12,96
mo019	h	Oficial de 1ª soldador.	1,872	18,74	35,08
mo112	h	Operário especializado construção.	7,489	17,84	133,60
mo113	h	Operário não qualificado de construção.	6,240	17,39	108,51
	%	Custos diretos complementares	2,000	342,99	6,86
				Total:	349,85

Tabela A. 3 – Trituração de resíduos da construção.

GCB010	m ³	Trituração de resíduos da construção.			
Trituração em obra dos resíduos de construção e/ou demolição de natureza não pétreo, com meios mecânicos.					
Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mq05rcd010	h	Triturador de martelos para resíduos de construção e demolição de natureza não pétreo, com capacidade para tratar de 10 a 25 m ³ /h, com tapete de alimentação, transportável manualmente.	0,070	10,75	0,75
mo112	h	Operário especializado construção.	0,068	16,62	1,13
	%	Custos diretos complementares	2,000	1,88	0,04
				Total:	1,92

Tabela A. 4 – Taxa por entrega de contentor com resíduos inertes a operador licenciado de gestão de resíduos.

GRB010	Ud	Taxa por entrega de contentor com resíduos inertes a operador licenciado de gestão de resíduos.			
Taxa por entrega de contentor de 6 m ³ com resíduos inertes de betões, argamassas e pré-fabricados produzidos em obras de construção e/ou demolição, em aterro específico ou operador licenciado de gestão de resíduos.					
Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mq04res020 af	Ud	Taxa por entrega de contentor de 6 m ³ com resíduos inertes de betões, argamassas e pré-fabricados, produzidos em obras de construção e/ou demolição, em aterro específico ou operador licenciado de gestão de resíduos.	1,172	41,50	48,64
	%	Custos diretos complementares	2,000	48,64	0,97
				Total:	49,61

Anexo B – Produção de resíduos por setor de atividade económica

Tabela B. 1 – Produção de resíduos por setor de atividade económica.

Setor de atividade económica: construção (t)	
França	224 297 599 (2016)
Alemanha	220 499 432 (2016)
Reino Unido	136 196 492 (2016)
Países Baixos	98 551 957 (2016)
Itália	54 576 762 (2016)
Áustria	40 265 570 (2014)
Espanha	35 827 923 (2016)
Bélgica	19 573 150 (2016)
Polónia	18 890 577 (2016)
Finlândia	13 825 168 (2016)
Dinamarca	12 224 799 (2016)
República Checa	9 409 944 (2014)
Suécia	8 866 720 (2014)
Luxemburgo	5 979 235 (2014)
Hungria	3 591 612 (2016)
Noruega	3 068 289 (2016)
Bulgária	2 089 131 (2016)
Irlanda	1 884 390 (2014)
Portugal	1 710 703 (2016)
Malta	1 354 892 (2016)
Croácia	1 291 506 (2016)
Estónia	1 173 517 (2016)
Eslováquia	967 275 (2016)
Chipre	876 525 (2016)
Eslovénia	815 010 (2014)
Lituânia	505 758 (2016)
Grécia	479 999 (2014)
Roménia	323 461 (2016)
Letónia	111 133 (2016)
Islândia	43 113 (2016)

Produção de resíduos por sector de atividade económica (t: tonelada)

Fontes de Dados: Eurostat | OCDE | Entidades Nacionais - Questionário Conjunto sobre Resíduos

Fonte: PORDATA

Última atualização: 2018-09-19

<https://www.pordata.pt/DB/Europa/Ambiente+de+Consulta/Tabela>

Acedido em: 12/11/2018

Anexo C – Informação económica a nível europeu associada à eliminação de resíduos

Tabela C. 1 – Informação económica a nível europeu associada à eliminação de resíduos

País	Informação relevante obtida	Fonte
Áustria	Multa: 9,20 €/t (aplicada a cada tonelada de resíduo que não seja recuperada de forma adequada ou estruturalmente projetada)	(Deloitte, 2015a)
Bélgica	Custo de aterro (Flemish Region, 2013): 53,35€/t (resíduos inertes)	(Deloitte, 2015b)
	Custo de aterro (Walloon Region): 7,23 €/t (solos) a 85,96 €/t (resíduos inertes)	
Croácia	Taxa de aterro (Flemish Region, 2013): 12,73 €/t	(Deloitte, 2015c)
	O documento refere que o custo de eliminação (C4) depende do tipo de resíduo, se este é selecionado e quantos tipos diferentes de resíduos contém o RCD. É ainda referido que na Croácia não há incentivos financeiros para a reciclagem de RCD, como um imposto sobre aterro, nem se pratica a aplicação de multas.	
Chipre	O documento refere a falta de incentivos para reciclagem, apresentando três motivos: não se tem imposto sobre aterro, os custos de reciclagem são superiores ao valor do material reciclado e não há normalização aplicada a materiais reciclados.	(Deloitte, 2015d)
República Checa	Imposto sobre aterro (2015): 19 €/t (resíduos misturados, não perigosos) e 225 €/t (resíduos de construção perigosos)	(Deloitte, 2015e)
	Preços típicos de aterro para materiais específicos (betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos): 5,92 a 18,50 €/t	
Dinamarca	O documento indica que o valor dos impostos deve prejudicar economicamente o aterro de resíduos, promovendo outros fins como a reutilização e a reciclagem dos resíduos. Por este motivo, até que todos os aterros sejam encerrados, as taxas e os impostos relativos a aterros sofrerão um aumento continuado.	(Deloitte, 2015f)
	Imposto sobre aterro: 64 €/t	
Estónia	Taxa de aterro: 49 €/t (para materiais recicláveis)	(Deloitte, 2015g)
	Taxa de entrada em aterro: 45 a 62 €/t (para resíduos misturados) e 4 a 6 €/t (para material separado).	
Finlândia	Imposto sobre aterro: 29,84 €/t (para todos os resíduos não perigosos).	(Deloitte, 2015h)
	O documento refere que há inspeções ambientais, sendo que a violação das regras implica a aplicação de multas.	
França	Taxa de entrada em aterro (para resíduos de construção misturados): 100 a 170 €/t	(Deloitte, 2015i)
	Taxa de entrada em aterro (para resíduos de construção separados por material, tais como: madeira, vidro ou betão): 20 a 90 €/t	
Alemanha	Imposto sobre aterro: 55 €/t	(Deloitte, 2015j)
	O documento refere que França é um dos poucos países na Europa onde não é aplicado um imposto sobre o aterro de resíduos inertes, acrescentando que se aplicam multas no caso de incumprimento da lei estabelecida.	
Grécia	Taxa de aterro: 15 a 60 €/t (resíduos inertes) e 148 €/t (RCD misturado)	(Deloitte, 2015k)
	Aplicação de multas para o depósito ilegal em aterro: 37,5 a 25.000 € até 10m3, acima desse volume a multa pode ser até 50.000 €	
Hungria	Imposto sobre aterro (2014): 40 €/t (nota: a aumentar até 60 €/t até 2020)	(Deloitte, 2015l)
	Taxa de entrada em aterro: 10 a 48,5 €/t	
Irlanda	Estes valores aplicam-se a todos os resíduos, uma vez que não há informação específica sobre resíduos inertes ou RCD	(Deloitte, 2015m)
	Imposto sobre aterro (2016): 38,4 €/t	
Letónia	Taxa de aterro (2013): 75 €/t (2013)	(Deloitte, 2015n)
	Multa para depósitos ilegais: 20 €/t	
Lituânia	Nota: o custo do agregado virgem é de 3,50 €/t e o custo do agregado reciclado é de 1 €/t	(Deloitte, 2015o)
	Custo de aterro de resíduos: 30 a 50 €	
Luxemburgo	O documento refere que os aterros de resíduos sólidos urbanos aceitam o depósito de RCD por um acréscimo de 2 a 5 € a mais do que o custo dos resíduos municipais. É ainda indicado que os descarregamentos ilegais estão sujeitos a multas entre 70 e 700€.	(Deloitte, 2015p)
	Valores do imposto sobre aterro entre 2016 e 2010: 7,14€/t (2016); 13,03€/t (2017); 18,83€/t (2018); 24,62€/t (2019); 30,41€/t (2020)	
Malta	Custo de entrada em aterro (2015): 1,24 €/t (RCD separado), 3,90 €/t (RCD misturado) e 2 a 10 €/t (resíduos de betão)	(Deloitte, 2015q)
	Custo de aterro: 20€/t	
Polónia	Taxa de depósito para RCD: 3,21€/t em depósito público (aterro / instalações de tratamento / armazenamento temporário)	(Deloitte, 2015r)
	Taxa de aterro para RCD: 2,7 a 38,7 €/t	
Portugal	Custos de aterro para RCD (2013): 29,88 a 57,60 €/t	(Deloitte, 2015s)
	Taxa de aterro para resíduos inertes (2014): 4,28 €/t	
	Nota: referência ao Decreto-Lei 46/2008, de 12 de Março, indicando que o depósito de resíduos (RCD) em aterro só é possível após a sua classificação, estando sujeito a impostos	(APA, 2018)
	TGR para deposição em aterro (2015): 5,50 €/t	
	TGR para deposição em aterro (2016): 6,60 €/t	
	TGR para deposição em aterro (2017): 7,70 €/t	
	TGR para deposição em aterro (2018): 8,80 €/t	
TGR para deposição em aterro (2019): 9,90 €/t		
TGR para deposição em aterro (2020): 11,0 €/t		
Roménia	Imposto sobre aterro: 5,6€ (até 100m3), 4,55€ (de 101 a 300m3) e 3,30€ (acima de 300m3).	(Deloitte, 2015t)
Eslováquia	Custo de entrada de RCD: 7,90 a 13,80 €/t	(Deloitte, 2015u)
	Taxa de depósito em aterro (2016): 0,33 €/t (aplicada a resíduos inertes e a resíduos de construção separados).	
Eslovénia	Imposto base para resíduos inertes: 2,2€/t	(Deloitte, 2015v)
	Preços praticados por centros de recolha para materiais como betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos: 4,38 a 14,90€/t	
Espanha	Imposto sobre aterro: 5 a 40 €/t	(Deloitte, 2015w)
	O documento refere o Decreto 89/2010, que indica que deve ser feito um depósito de 11 €/t (com um mínimo de 150€) na emissão de licença de RCD, sendo o valor reembolsado quando provada a gestão legal do resíduo.	
Suécia	Imposto sobre resíduos: 54 €/t	(Deloitte, 2015x)
	Custo de aterro para resíduos de mistura de betão: 54 €/t (o custo de aterro depende do tipo de resíduo).	
Países Baixos	Nota: o documento indica que os resíduos de metal que vão para reciclagem não têm custos.	(Deloitte, 2015y)
	O documento refere que são cobradas multas quando não são cumpridos os regulamentos em conformidade com o Código Ambiental, sendo que os valores variam entre 110 e 110.000 euros.	
Reino Unido	Imposto sobre aterro: 13 €/t	(Deloitte, 2015z)
	O documento refere que os resíduos que sejam recicláveis ou renováveis são proibidos em aterro: o preço de mercado fica a 186,34 €/t.	
	Imposto sobre aterro (valor padrão): 92,54 €/t	
	Taxa de entrada em aterro: 23,53 € para resíduos não perigosos.	

Anexo D – Caracterização do portfólio de edifícios escolares públicos em Portugal

Tabela D. 1 – Caracterização do portfólio de edifícios escolares públicos considerado.

Escola	Ano	Data do projeto	Tipo de construção	Constituição	Tipo de estrutura
Escola 1	1978	2010	Pavilhonar (blocos 3x3)	6 blocos + 1 bloco de oficinas + 1 pavilhão gimnodesportivo	Estrutura de betão armado, lajes aligeiradas ou maciças
Escola 2	1986	2010	Pavilhonar	5 blocos	Estrutura reticulada de betão armado, com lajes aligeiradas ou maciças
Escola 3	1984	2010	Conjunto A pavilhonar; Conjunto B adaptado de instalações de antigo colégio (1972)	Conjunto A (6 blocos): 4 do tipo 3x3 + 1 pré-fabricado (madeira) + pavilhão gimnodesportivo. Conjunto B: bloco do tipo 2x4 (2 pisos)	-
Escola 4	1975	2010	Pavilhonar (blocos 3x3)	7 blocos + 1 pavilhão gimnodesportivo	Estrutura de betão armado, lajes aligeiradas ou maciças
Escola 5	Déc. de 80	-	Pavilhonar	8 pavilhões (4 do tipo 3x3 + 1 pré-fabricado de madeira + 1 para a cantina + 1 pavilhão de oficinas + 1 pavilhão gimnodesportivo)	-
Escola 6	1962	2010	Construída pela JCETS-MOP, destinada ao ensino liceal e/ou técnico	3 edifícios + 1 edifício para biblioteca e bar + 1 pavilhão oficial + 1 pavilhão gimnodesportivo	Edifícios: estrutura porticada de pilares e vigas de betão armado com lajes aligeiradas de betão armado. Pavilhão oficial: cobertura composta por lajes aligeiradas inclinadas e apoiada em pórticos de betão
Escola 7	1963	2010	Antiga escola técnica industrial (projeto-tipo "Mercúrio")	3 blocos (1 bloco principal + 1 bloco de oficinas + 1 bloco de ginásio)	Estrutura base porticada em betão armado
Escola 8	1985	2010	Pavilhonar	3 edifícios + 1 pavilhão gimnodesportivo	Estrutura porticada de pilares e vigas em betão armado com lajes em vigotas pré-esforçadas e maciças nos pisos e coberturas
Escola 9	1961	2010	Construída pela JCETS-MOP	4 edifícios (1 principal/administrativo + 2 para salas de aula + 1 pavilhão desportivo, que inclui refeitório e cozinha)	Paredes portantes de alvenaria de pedra e estrutura porticada de betão armado, sobre as quais assentam lajes aligeiradas de betão armado
Escola 10	1986	2010	Pavilhonar	5 edifícios (incluindo pavilhão desportivo)	Estrutura porticada de pilares e vigas em betão armado com lajes em vigotas pré-esforçadas e maciças nos pisos e coberturas
Escola 11	1968	2010	Construída pela JCETS-MOP	4 edifícios (2 edifícios principais + 1 pavilhão gimnodesportivo + 1 edifício para refeitório e sala polivalente)	Estrutura de alvenaria resistente, com a inclusão de pilares e vigas em betão armado. As lajes são maioritariamente aligeiradas
Escola 12	1980	2010	-	Tipo A: 2 pavilhões de salas de aulas. Tipo B: 1 bloco projeto-tipo (blocos 3x3)	Tipo A: estrutura em sistema reticulado de prefabricação pesada da INDUBEL, constituído por elementos lineares pré-fabricados em betão armado (vigas e pilares) e elementos laminares pré-fabricados em betão armado pré-esforçado (lajes alveolares). A fundação dos pavilhões é direta, por sapatas. Tipo B (obras em 1996): estrutura de betão porticada, que organiza os espaços em torno de um átrio. Caixa de escadas com iluminação zenital.
Escola 13	1987	2010	Projeto-tipo das escolas de "base técnica"	4 blocos (2 para salas de aulas + 1 bloco polivalente + 1 pavilhão gimnodesportivo)	Blocos de salas de aula e bloco polivalente: estrutura de base porticada em betão armado, com pilares, vigas e lajes. Pavilhão gimnodesportivo: estrutura porticada em betão armado com pilares e vigas nos alinhamentos das paredes envolventes
Escola 14	1978	2010	Projeto-tipo das escolas de "base técnica"	4 blocos (1 bloco para salas de aula + 1 bloco polivalente + 1 bloco de oficinas + 1 pavilhão gimnodesportivo)	Blocos: estrutura base porticada em betão armado, com pilares, vigas e lajes. Pavilhão gimnodesportivo: estrutura porticada em betão armado com pilares e vigas nos alinhamentos das paredes envolventes
Escola 15	1963	2010	Antiga escola técnica industrial (projeto-tipo "Mercúrio")	3 blocos (1 bloco principal + 1 bloco de ginásio + 1 bloco de oficinas)	Estrutura base porticada em betão armado
Escola 16	1977	2010	Projeto-tipo das escolas de "base técnica"	6 blocos (3 blocos de salas de aula + 1 bloco polivalente + 1 bloco de oficinas + 1 pavilhão gimnodesportivo)	Blocos: estrutura base porticada em betão armado, com pilares, vigas e lajes. Pavilhão gimnodesportivo: estrutura porticada em betão armado com pilares e vigas nos alinhamentos das paredes envolventes
Escola 17	1983	2010	Projeto-tipo das escolas de "base técnica"	5 blocos (2 blocos para salas de aula + 1 bloco polivalente + 1 bloco de oficinas + 1 pavilhão gimnodesportivo)	Blocos: estrutura base porticada em betão armado, com pilares, vigas e lajes. Pavilhão gimnodesportivo: estrutura porticada em betão armado com pilares e vigas nos alinhamentos das paredes envolventes
Escola 18	1965	2010	Construída pela JCETS-MOP	1 edifício + 1 pavilhão gimnodesportivo (anos 90)	Estrutura porticada de betão armado

Escola 19	1978	2010	Pavilhonar	6 pavilhões (3 são de pré-fabricação pesada + 1 é do tipo 2x4 (inaugurado em 2000) + 1 para balneários + 1 para refeitório	-
Escola 20	1986	2010	Pavilhonar	8 pavilhões (6 pavilhões para salas de aula + 1 pavilhão para refeitório + 1 pavilhão gimnodesportivo)	Estrutura porticada pilar-viga, em betão armado e lajes maciças ao nível do 1º piso e cobertura
Escola 21	1989	2010	Pavilhonar (blocos 3x3)	7 pavilhões	Estrutura porticada pilar-viga, em betão armado e lajes maciças ao nível do 1º piso e cobertura
Escola 22	1986	2010	Pavilhonar	7 pavilhões (incluindo pavilhão gimnodesportivo)	Estrutura porticada pilar-viga, em betão armado e lajes maciças ao nível do 1º piso e cobertura
Escola 23	1984	2010	Pavilhonar	7 pavilhões (incluindo pavilhão gimnodesportivo)	Pavilhões constituídos por painéis pré-fabricados
Escola 24	1984	2010	Pavilhonar	7 pavilhões (incluindo pavilhão gimnodesportivo)	Estrutura porticada pilar-viga, em betão armado e lajes maciças ao nível do 1º piso e cobertura
Escola 25	1982	2010	Pavilhonar	10 pavilhões (incluindo 1 pavilhão gimnodesportivo e 1 pavilhão polivalente)	Estrutura porticada pilar-viga, em betão armado e lajes maciças ao nível do 1º piso e cobertura
Escola 26	1981	2010	Pavilhonar	4 edifícios principais + 1 edifício de oficinas + 1 pavilhão gimnodesportivo	Estrutura porticada pilar-viga, em betão armado e lajes maciças ao nível dos pisos intermédios e cobertura
Escola 27	1983	2010	Pavilhonar	7 edifícios (incluindo 1 pavilhão de oficinas e 1 pavilhão gimnodesportivo)	Estrutura porticada pilar-viga, em betão armado e lajes maciças ao nível dos pisos intermédios e cobertura
Escola 28	1980	2010	Pavilhonar	9 pavilhões (incluindo pavilhão gimnodesportivo)	Estrutura porticada pilar-viga, em betão armado e lajes maciças ao nível do 1º piso e cobertura
Escola 29	1986	2010	Projeto tipo das escolas de "blocos 3x3"	5 blocos principais + 1 pavilhão gimnodesportivo (anos 90)	Estrutura base em betão armado
Escola 30	1960	2010	Construída pela JCETS-MOP, de tipologia industrial e comercial	3 edifícios + 1 pavilhão desportivo	Estrutura porticada de pilares e vigas em betão armado com lajes em vigotas pré-esforçadas nos pisos e coberturas. Pavilhão oficial: cobertura apoiada em pórticos de betão com secções em lajes de betão permitindo entrada de luz nos vãos dos pórticos
Escola 31	1983	2010	Pavilhonar	10 edifícios (7 iguais de 22x22 em planta + 1 edifício de refeitório + 1 edifício para espaço de convívio + 1 pavilhão gimnodesportivo)	Estrutura reticulada de betão armado, com lajes aligeiradas ou maciças
Escola 32	1984	2010	Pavilhonar (edifícios de base quadrangular, 22x22m)	3 edifícios + 1 edifício de refeitório + 1 pavilhão desportivo	Estrutura em betão armado com paredes de alvenaria de tijolo. Dois dos edifícios são de construção pré-fabricada
Escola 33	1979	2010	Pavilhonar (de base liceal)	4 blocos + 1 pavilhão gimnodesportivo	Estrutura porticada de pilares e vigas em betão armado com lajes em vigotas pré-esforçadas nos pisos
Escola 34	1982	2010	Pavilhonar	6 edifícios (incluindo pavilhão de oficinas e pavilhão desportivo)	Estrutura porticada de pilares e vigas em betão armado com lajes em vigotas pré-esforçadas e maciças nos pisos e coberturas
Escola 35	1992	2010	Pavilhonar (edifícios de base quadrangular, 22x22m)	4 edifícios + 1 pavilhão gimnodesportivo	Estrutura em betão armado com paredes de alvenaria de tijolo
Escola 36	1991	2010	Pavilhonar	8 edifícios (6 blocos de salas de aula + 1 bloco de refeitório + 1 pavilhão gimnodesportivo)	Estrutura reticulada de betão armado, com lajes aligeiradas ou maciças
Escola 37	1963	2010	Construída pela JCETS-MOP, de tipologia industrial e comercial	2 edifícios (corpo principal) + 1 pavilhão desportivo (inclui refeitório e cozinha) + 1 edifício oficial + 1 pavilhão desportivo fechado	Estrutura porticada de pilares e vigas em betão armado com lajes em vigotas pré-esforçadas nos pisos e coberturas. Pavilhão oficial: cobertura apoiada em pórticos de betão com secções em lajes de betão permitindo entrada de luz nos vãos dos pórticos
Escola 38	1983	2010	Pavilhonar	4 edifícios (incluindo pavilhão gimnodesportivo)	Estrutura porticada de pilares e vigas em betão armado com lajes em vigotas pré-esforçadas e maciças nos pisos e coberturas
Escola 39	1959	2010	Edifício construído nos anos 50, séc. XX (antigo colégio particular). Todos os edifícios são dessa construção inicial exceto 1 bloco administrativo	1 edifício para corpo administrativo + 1 corpo de salas de aula + bloco de laboratórios, oficinas, etc. + 1 pavilhão gimnodesportivo + bloco residência de estudantes	-

			(2008) e 1 edifício residência de estudantes (fim dos anos 60).		
Escola 40	1983	2010	Projeto-tipo das escolas de "base técnica"	4 blocos (3 blocos de salas de aula + 1 bloco polivalente)	Estrutura base porticada em betão armado, com pilares, vigas e lajes
Escola 41	1989	2010	Pavilhonar	7 pavilhões (incluindo 1 pavilhão gimnodesportivo)	Estrutura porticada pilar-viga, em betão armado e lajes maciças ao nível do 1º piso e cobertura
Escola 42	1983	2010	Pavilhonar	3 edifícios principais + 1 edifício de oficinas + 1 pavilhão gimnodesportivo	Estrutura porticada pilar-viga, em betão armado e lajes maciças ao nível dos pisos intermédios e cobertura
Escola 43	1982	2010	Pavilhonar	4 edifícios principais + 1 pavilhão gimnodesportivo	Estrutura porticada pilar-viga, em betão armado e lajes maciças ao nível dos pisos intermédios e cobertura
Escola 44	1989	2010	Pavilhonar	7 pavilhões	Estrutura porticada pilar-viga, em betão armado e lajes maciças ao nível do 1º piso e cobertura
Escola 45	1986	2010	Pavilhonar	6 pavilhões	Estrutura porticada pilar-viga, em betão armado e lajes maciças ao nível do 1º piso e cobertura
Escola 46	1963	2010	Escola técnica (Escola Industrial e Comercial)	1 edifício principal + 1 edifício de administração + 1 edifício de ginásio + 1 edifício de oficinas + 1 edifício de laboratórios	Corpo central e ginásio: transição entre estruturas de alvenaria resistente e as estruturas de betão armado, sendo constituídos por elementos macroestruturais de betão armado (pilares e vigas) e lajes de betão armado ou pré-esforçado. O edifício principal foi objeto de intervenção em 2005/2006. O bloco dos laboratórios (1996) tem estrutura porticada e laje de cobertura plana
Escola 47	1980	2010	Pavilhonar	5 edifícios (incluindo pavilhão desportivo)	Estrutura porticada de pilares e vigas em betão armado com lajes em vigotas pré-esforçadas e maciças nos pisos e coberturas
Escola 48	1946	2010	-	1 edifício principal + 1 bloco de ginásio	Construção tradicional, com estrutura de paredes resistentes de alvenaria de pedra rebocada, sobre as quais assentam pavimentos e escadas em estrutura de madeira, constituída por barrotes de madeira apoiadas nas paredes de contorno das divisões, e na qual se fixam os tetos em estuque. Existem situações pontuais de estruturas de pilares e lajes de betão armado
Escola 49	1961	2010	Construída pela JCETS-MOP, de tipologia industrial e comercial	3 edifícios (1 edifício principal + 1 de ginásio e refeitório + 1 de oficinas)	Estrutura porticada de pilares e vigas em betão armado com lajes em vigotas pré-esforçadas nos pisos
Escola 50	1987	2010	Pavilhonar	5 pavilhões (3 do tipo 3x3 + 1 para cantina + 1 pavilhão gimnodesportivo)	-
Escola 51	1987	2010	Pavilhonar	3 edifícios (incluindo pavilhão desportivo)	Estrutura porticada de pilares e vigas em betão armado com lajes em vigotas pré-esforçadas e maciças nos pisos e coberturas

Anexo E – Informação económica retirada do ProNIC

Tabela E. 1 – Custos unitários e quantidades retiradas do portfólio de escolas, através do ProNIC, para cada elemento de betão armado (considerando todos os elementos e todas as unidades de medição).

Escola	Elemento	Unidade	Quantidade	Custo unitário (€/ud)
Escola 1	Laje fungiforme maciça	m ³	22,49	150,00
Escola 2	Pilares	m ³	29,00	220,00
	Vigas, lintéis e cintas	m ³	5,00	150,00
	Paredes	m ³	12,00	150,00
	Lajes maciças	m ³	96,00	150,00
	Escadas	m ³	24,00	180,00
	Pavimento térreo	m ³	270,60	90,00
	Ligações entre betonagens de diferentes idades	m ²	92,00	22,00
Escola 3	Pilares e montantes	m ³	43,52	14,81
	Vigas, lintéis e cintas	m ³	51,47	14,81
	Escadas	m ³	4,85	14,81
	Pavimento térreo	m ³	856,16	14,81
	Laje de claraboia	m ³	210,67	14,81
	Vigas com aproveitamento de armaduras	m ³	34,88	14,81
	Galeria coberta exterior	m ³	279,22	14,81
Escola 4	Laje fungiforme aligeirada	m ²	181,00	75,00
	Pavimento térreo	m ²	700,00	25,00
	Muro de suporte	m ³	0,62	300,00
	Pavimentos, escadas, muros, lancis, canaletas de drenagem, poços e outras estruturas existentes	m ²	8 640,00	15,00
Escola 5	Lajes maciças	m ²	220,00	20,00
	Platibandas (sem danificar a armadura)	m	245,00	15,00
Escola 6	Pilares	m ³	0,68	80,75
	Lajes maciças	m ³	50,44	76,00
	Escadas	m ³	16,20	80,75
	Pavimento térreo	m ³	127,22	80,75
	Cobertura	m ²	17,80	12,00
Escola 7	Escadas	m ²	157,68	70,00
	Lajes maciças	m ³	0,73	251,37
	Escadas	m ³	18,44	149,60
	Cobertura: varas e ripas	m ²	729,60	4,50
	Pavimento térreo	m ²	52,00	12,00
Escola 8	Lajes maciças	m ³	106,93	220,95
	Escadas	m ³	16,79	221,00
	Pavimento térreo	m ³	93,72	221,00
	Pilares	m ³	1,44	220,95
	Vigas	m ³	3,60	220,95
Escola 9	Lajes maciças	m ³	16,00	100,00
	Lajes aligeiradas de vigotas	m ³	1 571,83	22,00
	Pilares	m ²	276,30	20,00
	Vigas	m ²	276,30	20,00
	Pavimento térreo e sapatas	m ²	201,53	20,00
Escola 10	Escadas	m ³	31,08	55,00
	Palas	m ³	20,00	40,00
	Paredes	m ³	198,28	115,00
Escola 11	Pilares	m ³	8,56	220,95
	Vigas	m ³	8,42	220,95
	Paredes	m ³	198,28	115,00
Escola 12	Lajes maciças	m ³	7,10	220,95
	Escadas	m ³	3,80	220,95
Escola 13	Escadas	m ²	3,00	630,00
	Pavimento térreo	m ²	2 285,42	8,10
	Faixa de betão armado em junta de dilatação	m	74,30	26,20
Escola 14	Vigas	m ³	41,91	220,95
	Escadas	m ³	10,98	100,00
	Pavimento térreo	m ³	100,00	100,00
Escola 15	Pilares	m ³	0,50	35,00
	Lajes maciças	m ²	22,00	35,00
	Lajes aligeiradas de vigotas	m ²	467,00	20,00
	Escadas	m ²	50,40	25,00
	Caleira de drenagem	m ²	291,00	40,00
Escola 16	Lajes maciças	m ³	10,58	220,95
	Lajes aligeiradas de vigotas	m ²	0,63	23,00
	Pavimento térreo	m ²	308,05	30,00
	Coberturas exteriores	m ²	312,46	20,00
	Peitoris	m	417,80	5,00
Escola 17	Paredes	m ³	20,00	220,95
	Escadas	m ²	10,00	200,00
	Fundações e estrutura de betão armado	m ³	1 170,00	60,00
Escola 18	Pilares	m ³	121,00	30,00
	Reforço de bordo em ambas as faces das juntas de dilatação	m	128,30	29,10
Escola 19	Pilares	m ³	1,36	80,00
	Vigas, lintéis e cintas	m ³	2,39	80,00
	Escadas	m ³	18,00	60,00
	Muros exteriores	m ³	340,00	40,00

Escola 20	Lajes maciças	m ²	72,55	113,76
	Escadas	m ³	42,00	189,60
	Canteiros	m ³	32,20	189,60
Escola 21	Pilares	m ³	3,24	220,95
	Paredes	m ³	65,10	220,95
	Lajes maciças	m ³	112,08	220,95
	Escadas	m ³	19,38	220,95
	Pavimento térreo	m ³	75,85	150,00
Escola 22	Platibanda	m ³	26,88	135,00
	Pilares	m ³	3,71	250,00
	Lajes maciças	m ²	25,92	30,00
	Escadas	m ³	7,84	706,60
	Pavimento térreo	m ²	510,20	20,00
Escola 23	Muros de suporte	m ³	18,93	250,00
	Vigas	m ³	4,00	60,00
	Paredes	m ³	170,01	73,32
	Laje aligeirada (de esteira) - demolição parcial	m ²	278,95	8,00
	Laje aligeirada (de esteira) - demolição localizada	m ³	45,00	8,00
	Cobertura: varas e ripas em perfis de betão armado	m ²	4 565,51	9,26
Escola 24	Pavimento térreo	m ²	2 049,91	6,11
	Vigas	m ²	38,43	52,96
Escola 25	Laje fungiforme aligeirada	m ³	33,90	220,95
	Pilares	m ³	3,80	230,00
	Escadas	m ³	12,30	250,00
	Platibandas	m ³	64,70	225,00
	Cobertura	m ³	61,60	225,00
Escola 26	Pilares	m ³	29,51	70,00
	Vigas	m ³	32,10	20,00
	Paredes	m ³	7,82	20,00
	Lajes maciças	m ³	170,17	60,00
	Lajes aligeiradas de vigotas	m ²	724,15	10,00
	Pavimento térreo	m ³	148,71	60,00
	Murete de cobertura	m ³	7,82	60,00
	Degraus de escadas	m ³	3,97	25,00
	Topo de estacas	m	31,40	60,00
Escola 27	Vigas	m ³	5,34	200,00
	Laje aligeirada de vigotas	m ²	1,66	15,00
	Escadas	m ³	14,82	200,00
	Pavimento térreo	m ²	278,32	15,00
	Lajes maciças	m ²	4,39	45,00
Escola 28	Muro de suporte	m	96,00	530,00
	Laje aligeirada de vigotas	m ³	2,02	40,00
	Muro exterior	m ³	26,30	40,00
	Rampa exterior	m ³	49,66	30,00
	Escada exterior	m ³	25,76	30,00
Escola 29	Peitoris	m	400,00	2,13
	Pilares	m ³	0,88	125,00
	Vigas	m ³	0,96	125,00
	Paredes	m ³	10,45	120,00
	Lajes maciças	m ³	11,59	289,50
Escola 30	Escadas	m ³	2,53	431,50
	Pilares	m ³	2,18	235,00
	Lajes maciças	m ²	88,63	65,00
	Lajes aligeiradas	m ²	309,83	55,00
Escola 31	Pavimento térreo	m ²	140,70	28,50
	Pilares	m ³	8,39	110,00
	Vigas	m ³	26,58	105,00
	Paredes	m ³	6,61	105,00
	Lajes maciças	m ³	31,22	105,00
	Estacas	m ³	16,50	10,00
Escola 32	Muro de suporte	m	68,40	80,00
	Lajes maciças	m ²	4,16	55,04
Escola 33	Pavimento térreo	m ²	325,68	3,50
	Pilares e montantes	m ³	4,78	450,00
	Lintéis	m ³	27,25	260,00
	Vigas	m ³	2,44	450,00
	Paredes	m ³	41,89	450,00
	Platibanda	m ³	0,88	450,00
	Escadas	m ³	22,60	15,00
Escola 34	Lajes maciças	m ³	36,34	15,00
	Vigas	m ³	2,00	220,95
	Lajes maciças	m ³	10,00	220,95
	Cornijas	m ³	10,00	20,00
Escola 35	Palas	m ³	10,00	10,00
	Lajes fungiformes aligeiradas	m ²	62,00	75,00
	Pavimento térreo	m ²	7 952,00	20,00
Escola 36	Pavimentos, escadas, muros, lancis, canaletes de drenagem e outras estruturas construídas existentes	m ²	850,00	15,00
	Pilares	m ³	12,19	120,00
	Vigas	m ³	13,96	120,00
	Paredes da caixa de escadas	m ³	21,11	130,00
	Lajes maciças	m ²	48,42	81,60

	Lajes maciças	m ³	36,78	120,00
	Escadas	m ³	9,03	130,00
	Pavimento térreo	m ²	1 814,76	14,00
	Platibanda	m ³	37,97	130,00
Escola 37	Pilares	m ³	2,06	235,00
	Lajes maciças	m ²	23,77	215,00
	Escadas	m ³	80,39	55,00
	Pavimento térreo	m ²	598,00	28,50
Escola 38	Cobertura	m ²	22,26	30,00
	Lajes maciças	m ³	18,00	60,00
	Peitoris	m	145,40	15,00
	Soleiras	m	4,60	7,50
Escola 39	Pavimento térreo	m ²	36,00	10,00
	Pilares	m ³	7,48	100,00
	Vigas	m ³	9,29	100,00
	Lajes maciças (demolição parcial)	m ²	20,88	100,00
Escola 39	Lajes maciças (demolição localizada com escoramento)	m ³	146,19	100,00
	Escadas	m ³	53,76	100,00
	Picagem de fundações	m ²	38,88	5,00
	Ligação de betão velho/novo	m ²	32,78	10,00
	Paredes (com aproveitamento de armaduras)	m ²	12,21	15,00
	Lajes (com aproveitamento de armaduras)	m ²	23,63	15,00
	Vigas	m ³	19,95	50,00
	Paredes	m ³	56,58	50,00
Escola 40	Lajes aligeiradas de vigotas	m ³	90,20	50,00
	Escadas	m ³	10,77	50,00
	Cobertura: varas e ripas em perfis de betão armado	m	2 529,30	3,50
	Peitoris	m	1 717,30	4,30
	Muros de canteiro	m	553,00	10,00
	Lajes maciças	m ³	4,48	50,00
	Vigas com aproveitamento de armaduras	m ³	63,13	50,00
Escola 41	Pilares com aproveitamento de armaduras	m ³	63,13	50,00
	Muretes de apoio de vedação	m	410,00	9,02
	Escadas exteriores	m ²	55,39	20,00
	Bancada de campo de jogos	m ²	207,00	7,60
	Escadas e rampas	m ²	365,00	8,08
Escola 42	Pilares e montantes	m ³	18,79	95,00
	Vigas, lintéis e cintas	m ³	41,24	95,00
	Lajes maciças	m ³	59,41	95,00
	Laje aligeirada de vigotas	m ³	59,41	95,00
	Muro de vedação	m	148,00	9,50
	Pavimento térreo	m ³	5,94	50,00
	Escadas exteriores	m ²	180,10	24,00
Escola 43	Lajes maciças	m ³	40,79	100,00
	Escadas	m ³	62,36	100,00
	Pavimento térreo	m ²	343,64	10,00
	Platibanda	m ³	26,46	100,00
Escola 44	Vigas de telheiro	m	441,00	25,00
	Paredes de vedação metálica e fundação e pilares de betão armado	m ²	224,57	9,50
	Paredes	m ³	0,40	250,00
	Bordo de lajes de cobertura de lanternins	m ³	1,41	69,40
	Vigas	m ³	62,96	100,00
Escola 45	Lajes maciças	m ³	10,65	100,00
	Laje aligeirada de vigotas	m ³	600,00	23,00
	Muretes de vedação	m ³	28,26	100,00
	Pórticos: vigas e pilares	m ²	370,00	50,00
Escola 46	Lajes maciças	m ³	18,69	200,00
	Pavimento térreo	m ²	25,05	10,00
	Pavimento térreo	m ³	195,46	20,00
	Palas	m ²	20,00	40,00
	Escadas	m ²	34,83	10,00
	Viga-parede	m ³	66,42	75,11
	Vigas	m ³	39,74	220,95
Escola 47	Lajes maciças	m ²	1 046,32	50,00
	Pavimento térreo	m ²	1 058,39	16,00
	Laje de pavimento	m ²	14,28	50,00
	Laje aligeirada de vigotas	m ²	235,00	25,00
Escola 48	Escadas	m ²	90,00	25,00
	Pavimento térreo	m ²	3 240,00	20,00
	Pala exterior	m ²	21,00	25,00
	Muro exterior	m ²	550,00	15,00
	Degraus de escada	m ³	42,00	30,00
	Zonas de ligação dos elementos de betão armado com os edifícios remanescentes	m	201,00	10,00
	Paredes	m ³	8,00	20,00
	Pilares	m ³	26,94	20,00
Escola 49	Vigas	m ³	127,65	18,00
	Lajes maciças	m ³	667,62	19,00
	Escadas	m ³	14,83	20,00
	Pavimento térreo	m ³	1 281,50	20,00
Escola 50	Laje de cobertura	m ²	60,00	20,00
Escola 51				

Anexo F – Custos atuais líquidos para os elementos de betão armado em análise

Tabela F. 1 – CAL para os elementos de betão armado na unidade de medida €/m³.

Escolas	€/m ³																	
	Laje maciça		Lajes aligeiradas de vigotas		Pavimento térreo		Vigas		Pilares		Paredes		Escadas		Muros		Platibandas	
	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custo unitário
Escola 1	22,49	212,68																
Escola 2	96,00	212,68			270,60	127,61	5,00	212,68	29,00	311,92	12,00	212,68	24,00	255,21				
Escola 3					856,16	21,00	86,35	21,00	43,52	21,00			4,85	21,00				
Escola 4															0,62	425,35		
Escola 5																		
Escola 6	50,44	107,76			127,22	114,49			0,68	114,49			16,20	114,49				
Escola 7	0,73	356,40											18,44	212,11				
Escola 8	106,93	313,27			93,72	313,34	3,60	313,27	1,44	313,27			16,79	313,34				
Escola 9	16,00	141,78	1571,83	31,19														
Escola 10													31,08	77,98				
Escola 11							8,42	313,27	8,56	313,27	198,28	163,05						
Escola 12	7,10	313,27											3,80	313,27				
Escola 13																		
Escola 14					100,00	141,78	41,91	313,27					10,98	141,78				
Escola 15									0,50	49,62								
Escola 16	10,58	313,27																
Escola 17											20,00	313,27						
Escola 18									121,00	42,54								
Escola 19							2,39	113,43	1,36	113,43			18,00	85,07	340,00	56,71		
Escola 20													42,00	268,82				
Escola 21	112,08	313,27			75,85	212,68			3,24	313,27	65,10	313,27	19,38	313,27			26,88	191,41
Escola 22									3,71	354,46			7,84	1001,85	18,93	354,46		
Escola 23			45,00	11,34			4,00	85,07			170,01	103,96						
Escola 24																		
Escola 25	33,90	313,27							3,80	326,10			12,30	354,46			64,70	319,01
Escola 26	170,17	85,07			148,71	85,07	32,10	28,36	29,51	99,25	7,82	28,36	3,97	35,45				
Escola 27							5,34	283,57					14,82	283,57				
Escola 28			2,02	56,71									25,76	42,54	26,30	56,71		
Escola 29	11,59	410,46					0,96	177,23	0,88	177,23	10,45	170,14	2,53	611,80				
Escola 30									2,18	333,19								
Escola 31	31,22	148,87					26,58	148,87	8,39	155,96	6,61	148,87						
Escola 32							27,25	368,64										

Escola 33	36,34	21,27					2,44	638,03	4,78	638,03	41,89	638,03	22,60	21,27			0,88	638,03
Escola 34	10,00	313,27					2,00	313,27										
Escola 35																		
Escola 36	36,78	170,14					13,96	170,14	12,19	170,14	21,11	184,32	9,03	184,32			37,97	184,32
Escola 37									2,06	333,19			80,39	77,98				
Escola 38	18,00	85,07																
Escola 39	146,19	141,78					9,29	141,78	7,48	141,78			53,76	141,78				
Escola 40			90,20	70,89			19,95	70,89			56,58	70,89	10,77	70,89				
Escola 41	4,48	70,89					63,13	70,89	63,13	70,89								
Escola 42	59,41	134,69	59,41	134,69			41,24	134,69	18,79	134,69								
Escola 43					5,94	70,89												
Escola 44	40,79	141,78											62,36	141,78			26,46	141,78
Escola 45											0,40	354,46						
Escola 46	10,65	141,78	600,00	32,61			62,96	141,78							28,26	141,78		
Escola 47	18,69	283,57			195,46	28,36												
Escola 48							39,74	313,27										
Escola 49													42,00	42,54				
Escola 50	667,62	26,94			1281,50	28,36	127,65	25,52	26,94	28,36	8,00	28,36	14,83	28,36				
Escola 51																		

Tabela F. 2 – CAL para os elementos de betão armado na unidade de medida €/m².

€/m ²										
Escolas	Laje maciça		Lajes aligeiradas de vigotas		Pavimento térreo		Cobertura		Escadas	
	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custo unitário
Escola 1										
Escola 2										
Escola 3										
Escola 4					700,00	35,45				
Escola 5	220,00	28,36								
Escola 6							17,80	17,01		
Escola 7					52,00	17,01	729,60	6,38	157,68	99,25
Escola 8										
Escola 9					201,53	28,36				
Escola 10										
Escola 11										
Escola 12										
Escola 13					2285,42	11,48			3,00	893,24
Escola 14										
Escola 15	22,00	49,62	467,00	28,36					50,40	35,45
Escola 16			0,63	32,61	308,05	42,54	312,46	28,36		
Escola 17									10,00	283,57
Escola 18										
Escola 19										
Escola 20	72,55	161,29								
Escola 21										
Escola 22	25,92	42,54			510,20	28,36				
Escola 23			278,95	11,34	2049,91	8,66	4565,51	13,13		
Escola 24										
Escola 25										
Escola 26			724,15	14,18						
Escola 27	4,39	63,80	1,66	21,27	278,32	21,27				
Escola 28										
Escola 29										
Escola 30	88,63	92,16	309,83	77,98	140,70	40,41				
Escola 31										
Escola 32	4,16	78,04			325,68	4,96				
Escola 33										
Escola 34										
Escola 35					7952,00	28,36				
Escola 36	48,42	115,70			1814,76	19,85				
Escola 37	23,77	304,84			598,00	40,41	22,26	42,54		
Escola 38					36,00	14,18				
Escola 39	20,88	141,78								
Escola 40										
Escola 41									55,39	28,36
Escola 42									365,00	11,46
Escola 43									180,10	34,03
Escola 44					343,64	14,18				
Escola 45										
Escola 46										
Escola 47					25,05	14,18			34,83	14,18
Escola 48	1046,32	70,89			1058,39	22,69				
Escola 49			235,00	35,45	3240,00	28,36			90,00	35,45
Escola 50										
Escola 51			60,00	28,36						

Tabela F. 3 – CAL para os elementos de betão armado na unidade de medida €/m.

€/m				
Escolas	Peitoris		Muros	
	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custo unitário
Escola 1				
Escola 2				
Escola 3				
Escola 4				
Escola 5				
Escola 6				
Escola 7				
Escola 8				
Escola 9				
Escola 10				
Escola 11				
Escola 12				
Escola 13				
Escola 14				
Escola 15				
Escola 16	417,80	7,09		
Escola 17				
Escola 18				
Escola 19				
Escola 20				
Escola 21				
Escola 22				
Escola 23				
Escola 24				
Escola 25				
Escola 26				
Escola 27			96,00	751,45
Escola 28	400,00	3,02		
Escola 29				
Escola 30				
Escola 31			68,40	113,43
Escola 32				
Escola 33				
Escola 34				
Escola 35				
Escola 36				
Escola 37				
Escola 38	145,40	21,27		
Escola 39				
Escola 40	1717,30	6,10	553,00	14,18
Escola 41			410,00	12,79
Escola 42			148,00	13,47
Escola 43				
Escola 44				
Escola 45				
Escola 46				
Escola 47				
Escola 48				
Escola 49				
Escola 50				
Escola 51				

Anexo G – Cálculo do custo total de demolição de estrutura de betão armado consoante os diferentes métodos indicados

Tabela G. 1 – Custo total de demolição de estrutura de betão armado pela estimativa orçamental.

Custo total de demolição de estrutura de betão armado – Estimativa Orçamental					
		un.	Quant.	P. un. (€/un.)	Custo Total (€)
3.1.2.3	ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO				
3.1.2.3.1	Demolição de pilares de betão armado	m ³	12,19	170,14	2 073,34
3.1.2.3.2	Demolição de vigas de betão armado	m ³	13,96	170,14	2 374,99
3.1.2.3.3	Demolição de paredes de betão armado da caixa de escadas	m ³	21,11	184,32	3 890,61
3.1.2.3.4 [1]	Demolição de lajes maciças de betão armado	m ²	48,42	115,70	5 601,99
3.1.2.3.4 [2]	Demolição de lajes maciças de betão armado	m ³	36,78	170,14	6 257,44
3.1.2.3.8	Demolição de escadas de betão armado	m ³	9,03	184,32	1 664,40
3.1.2.3.15	Demolição de pavimento térreo armado	m ²	1 814,76	19,85	36 022,54
3.1.2.3.16	Demolição de platibanda de betão armado	m ³	37,97	184,32	6 998,23
Total do Capítulo:					64 883,53

Tabela G. 2 – Custo total de demolição de estrutura de betão armado pelos valores de referência.

Custo total de demolição de estrutura de betão armado – Valores de referência					
		um.	Quant.	P. um. (€/um.)	Custo Total (€)
3.1.2.3	ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO				
3.1.2.3.1	Demolição de pilares de betão armado	m ³	12,19	186,57	2 273,54
3.1.2.3.2	Demolição de vigas de betão armado	m ³	13,96	199,95	2 791,10
3.1.2.3.3	Demolição de paredes de betão armado da caixa de escadas	m ³	21,11	174,30	3 679,12
3.1.2.3.4 [1]	Demolição de lajes maciças de betão armado	m ²	48,42	84,42	4 087,62
3.1.2.3.4 [2]	Demolição de lajes maciças de betão armado	m ³	36,78	198,89	7 314,78
3.1.2.3.8	Demolição de escadas de betão armado	m ³	9,03	153,97	1 390,35
3.1.2.3.15	Demolição de pavimento térreo armado	m ²	1 814,76	23,37	42 410,94
3.1.2.3.16	Demolição de platibanda de betão armado	m ³	37,97	209,13	7 940,25
Total do Capítulo:					71 887,70

Tabela G. 3 – Custo total de demolição de estrutura de betão armado pelos custos por categorias de quantidades.

Custo total de demolição de estrutura de betão armado – Custos por categorias					
		un.	Quant.	P. un. (€/un.)	Custo Total (€)
3.1.2.3	ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO				
3.1.2.3.1	Demolição de pilares de betão armado	m ³	12,19	193,78	2 361,40
3.1.2.3.2	Demolição de vigas de betão armado	m ³	13,96	208,26	2 907,10
3.1.2.3.3	Demolição de paredes de betão armado da caixa de escadas	m ³	21,11	182,46	3 851,37
3.1.2.3.4 [1]	Demolição de lajes maciças de betão armado	m ²	48,42	93,12	4 508,87
3.1.2.3.4 [2]	Demolição de lajes maciças de betão armado	m ³	36,78	204,89	7 535,44
3.1.2.3.8	Demolição de escadas de betão armado	m ³	9,03	153,97	1 390,35
3.1.2.3.15	Demolição de pavimento térreo armado	m ²	1 814,76	19,90	36 113,72
3.1.2.3.16	Demolição de platibanda de betão armado	m ³	37,97	209,13	7 940,25
Total do Capítulo:					66 608,51