

Casa mínima

Estudo comparativo dos custos da vida útil de sistemas construtivos de
uma habitação unifamiliar

Alexandra Isabel dos Santos Cabral Guilhoto

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Construção e Reabilitação

Orientador:

Prof^a. Dr^a. Inês dos Santos Flores Barbosa Colen

Júri

Presidente: Prof. Dr. Pedro Manuel Gameiro Henriques

Orientador: Prof^a. Dr^a. Inês dos Santos Flores Barbosa Colen

Vogal: Prof. Dr. José Dinis Silvestre

Dezembro de 2015

Agradecimentos

Ao Instituto Superior Técnico, por me lembrar fazer contas,
e em especial, à Prof^a. Dr^a. Inês Flores-Colen, bem como à minha família,
por me aturarem à distância.

Agradeço, ainda, os conselhos do Prof. Dr. Pedro Gameiro Henriques
e o formulário do Prof. Fernando Cardoso, economista.

Imprescindível, também, a análise crítica do Prof. Dr. José Silvestre.

Resumo

A atual conjuntura económica restritiva dificulta o financiamento da construção. Parece apropriado minimizar os requisitos dos edifícios e comparar diversas soluções de investimento incluindo todos os custos na análise. Um dos métodos que permite analisar custos ao longo da duração de um edifício é o do Custo do Ciclo de Vida (*Life Cycle Costing analysis – L.C.C.*), que contabiliza o Valor Atual Líquido (V.A.L., ou *Net Present Value – N.P.V.*), a soma dos futuros custos descontados do investimento, e calcula o decisivo Valor Anual Equivalente (V.A.E., ou *Annual Equivalent Value – A.E.V.*), uma quantia regular distribuída equitativamente ao longo do período da análise.

A presente dissertação pretende comparar custos de edifícios em projeto, apoiada numa pesquisa de preços para habitação. O indicador é o menor custo do ciclo de vida útil de duas propostas locais: uma estrutura de madeira, o Sistema Construtivo 2 (S.C. 2), outra de betão armado e tijolo, o Sistema Construtivo 3 (S.C. 3). A comparação é centrada na abordagem *L.C.C.*, normalizada na ISO 15686-5:2008, sobre planeamento da vida útil dos bens construídos, que complementa outra norma mais recente, a EN 15643-4:2012, para avaliação da sustentabilidade económica dos trabalhos da construção por meio da categorização dos respetivos custos ao longo do ciclo de vida.

O resultado do *L.C.C.* conclui que a solução de betão armado e tijolo do S.C. 3 apresenta os menores custos da vida útil. Os custos da fase anterior à utilização, nomeadamente com o processo de construção, revelaram-se decisivos para o apuramento da opção mais económica.

Palavras-chave: Custos do ciclo de vida; projeto; caso de estudo; sistemas construtivos; vida útil; manutenção

Abstract

Today's restrictive economics hampers construction credit. It seems appropriate to minimize buildings requisites and to compare diverse investment options including all costs in such analysis. One of the methods for analyzing costs along buildings durability is Life Cycle Costing (L.C.C.), which accounts the Net Present Value (N.P.V.), the sum of the building investment's discounted future costs, and calculates the decisive Annual Equivalent Value (A.E.V.), a regular amount equally paid along the analysis time period.

This thesis proposes to compare building costs in project, based on price research for housing. The indicator is the lowest cost during the service life of two local building solutions: a wooden structure, S.C. 2 ("Sistema Construtivo" 2), and a reinforced concrete and brick structure, S.C. 3 ("Sistema Construtivo" 3). The comparison is centered on the L.C.C. approach, standardized in ISO 15686-5:2008 for constructed assets service life planning, which complements another most recent standard, EN 15643-4:2012, for the assessment of construction works economic sustainability by establishing a cost category table along their life cycle.

The L.C.C. result concludes that S.C. 3's reinforced concrete porticos and brick presents lowest service life cost. The expenses in the before use phase, with construction process in particular, revealed decisive on accounting the most economic option.

Keywords: Life Cycle Costing (L.C.C.); design; case study; building systems; service life; maintenance

Índice

i. Agradecimentos.....	i
ii. Resumo.....	ii
iii. <i>Abstract</i>	iii
iv. Índice do documento.....	iv
v. Índice de figuras.....	vi
vi. Índice de tabelas.....	vii
vii. Lista de símbolos e abreviaturas.....	viii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos e metodologia da dissertação.....	2
1.3. Organização do trabalho.....	3
2. Avaliação da sustentabilidade.....	5
2.1. Sustentabilidade.....	5
2.2. Sustentabilidade económica: A norma EN 15643-4:2012.....	8
2.3. O ciclo de vida dos edifícios.....	16
2.4. <i>Life Cycle Costing (L.C.C.)</i>	18
2.4.1. Origens da análise <i>Life Cycle Costing</i>	18
2.4.2. <i>Life Cycle Costing</i> e <i>Whole Life Costing (W.L.C.)</i>	20
2.5. Método <i>L.C.C.</i> : A norma ISO 15686-5:2008.....	22
2.6. Casos práticos similares recentes.....	27
2.7. Perspetiva.....	32
2.8. Conclusões do capítulo.....	34
3. Caso de estudo: Aplicação da análise <i>L.C.C.</i>	35
3.1. Descrição da obra.....	35
3.2. Sistemas construtivos em comparação.....	35
3.3. Análise económica de um projeto de construção.....	40
3.3.1. Valor, preço, custo e benefício.....	40
3.3.2. Regimes de juros, capitalização e atualização.....	42
3.3.3. Taxas de atualização.....	42
3.3.4. Modelação de <i>cash flows</i>	44
3.4. Critérios de cálculo.....	44
3.4.1. Variáveis do custo e do tempo.....	45
3.4.2. Fronteira do sistema.....	47
3.5. Resultados preliminares.....	49
3.5.1. Os custos das fases anteriores à utilização.....	49
3.5.2. Os custos da fase de utilização.....	50
3.5.3. Os custos da fase posterior à utilização.....	62

3.6. Conclusões do capítulo.....	64
4. Resultados do caso de estudo.....	65
4.1. Resultados da análise <i>L.C.C.</i>	65
4.2. Análise de sensibilidade.....	67
4.3. Discussão dos resultados.....	70
4.4. Conclusões do capítulo.....	73
5. Conclusões e desenvolvimentos futuros.....	75
5.1. Considerações gerais.....	75
5.2. Considerações específicas.....	75
5.3. Desenvolvimentos futuros.....	76
 Referências bibliográficas.....	 77
 Anexos.....	 A.1
A. Cálculo do custo do módulo B_2 (Manutenção).....	A.2
B. Cálculo do custo do módulo $B_{6,1}$ (Utilização operacional da energia - Aquecimento	
Cálculo do custo do módulo $B_{6,2}$ (Utilização operacional da energia – Circuitos elétrico e	
I.T.E.D.....	B.1
C. Cálculo do custo do módulo B_7 (Utilização operacional da água).....	C.1
D. Cálculo do custo do módulo C_1 (Desconstrução).....	D.1
E. Cálculo do custo do módulo C_2 (Transporte).....	E.1
F. Cálculo do custo do módulo C_4 (Descarte).....	F.1

Índice de figuras

Figura 1.1. Crivos representativos do objetivo da dissertação.....	3
Figura 1.2. Quadro dos módulos de informação aplicados na avaliação do desempenho económico de um edifício (adaptação da EN 15643-4:2012).....	4
Figura 2.1. As 3 dimensões da Sustentabilidade (adaptação de CIB, 1999).....	6
Figura 2.2. Programa de trabalho da CEN/TC 350 (adaptação da EN 15643-4:2012).....	10
Figura 2.3. Ábaco representativo das categorias do custo do ciclo de vida dos edifícios, adaptação da EN 15643-4:2012.....	14
Figura 2.4. Distinção entre <i>W.L.C.</i> e <i>L.C.C.</i> (adaptação das normas ISO 15686-5:2008 e EN 15643-4:2012).....	21
Figura 2.5. Procedimento <i>L.C.C.</i> , de acordo com a ISO 15686-5:2008 (ajuste de Langdon, 2007 e de Dziadosz, 2013).....	23
Figura 3.1. Perspetiva exterior (à esquerda) e plantas do piso (ao centro) e da cobertura (à direita) da arquitetura.....	35
Figura 3.2. Critério de adoção das variáveis do custo para o caso prático.....	44
Figura 3.3. Aspectos económicos selecionados (adaptação da EN 15643-4:2012).....	48
Figura 3.4. Critério de cálculo dos custos de construção	50
Figura 3.5. Critério de cálculo dos custos de utilização.....	53
Figura 3.6. Gráficos comparativos dos custos atualizados das ações de manutenção do S.C.2 e do S.C.3.....	57
Figura 3.7. Mapa de Portugal com as distâncias -60 Km e 86 Km -entre o local da obra e o centro logístico das 2 operadoras contactadas para transporte e descarte dos R.C.D. (à esquerda) e critério de cálculo dos custos posteriores à utilização (à direita).....	63
Figura 4.1. Gráfico comparativo do <i>L.C.C.</i> do S.C. 2 e do S.C. 3, por fases (Custos em Euro).....	66
Figura 4.2. Gráfico comparativo do <i>L.C.C.</i> do S.C. 2 e do S.C. 3, por fases (Custos em percentagens).....	67
Figura 4.3. Gráfico comparativo do <i>L.C.C.</i> do S.C. 2 e do S.C. 3 (Custos por ano).....	68
Figura 4.4. Escada representativa da modelação expedita da incerteza, através de uma análise de sensibilidade, segundo a ISO 15686-5:2008	69

Índice de tabelas

Tabela 3.1. Constituição da envolvente dos 2 sistemas construtivos	36
Tabela 3.2. Descrição do S.C. 2 por diferentes níveis de agregação da informação (ajuste da FprEN 16627:2014)	38
Tabela 3.3. Descrição do S.C. 3 por diferentes níveis de agregação da informação (ajuste da FprEN 16627:2014)	39
Tabela 3.4. Fonte da percentagem de Risco (Pr) utilizada no apuramento da Taxa de atualização real (Tn), na Equação (3.1) (ajuste da "Tabela de Prémios de Risco de Mercado (%), utilizados para 82 países em 2012", de Fernandez <i>et al</i> , 2012).....	46
Tabela 3.5. Cálculo dos custos dos módulos A ₄ (Transporte) e A ₅ (Construção).....	51
Tabela 3.6. Elementos Fonte de Manutenção (E.F.M.) mais condicionantes para o presente estudo	54
Tabela 3.7. Custos dos módulos B ₂ (Manutenção).....	56
Tabela 3.8. Custos dos módulos B _{6.1} (Utilização operacional da energia - Aquecimento).....	58
Tabela 3.9. Custos dos módulos B _{6.2} (Utilização operacional da energia – Circuitos elétrico e I.T.E.D.).....	60
Tabela 3.10. Custos dos módulos B ₇ (Utilização operacional da água).....	61
Tabela 3.11. Custos dos módulos C ₁ (Desconstrução).....	63
Tabela 3.12. Custos dos módulos C ₂ (Transporte) e C ₄ (Descarte).....	64
Tabela 4.1. L.C.C. do S.C. 2 e do S.C. 3.....	65
Tabela 4.2. Análise de sensibilidade aos resultados dos L.C.C. do S.C.2 e do S.C.3.....	70

Lista de símbolos e abreviaturas

€	euro(s)
Σ	somatório
λ	coeficiente de condutibilidade térmica
%	por cento
<i>A.S.T.M.</i>	<i>american society for testing materials</i>
BTN	baixa tensão normal
<i>C.E.N.</i>	<i>comité européen de normalisation</i>
D.G.E.G.	direção geral da energia e geologia
e	espessura
<i>EN</i>	<i>european norm</i>
<i>H.A.P.M.</i>	<i>housing association performance management</i>
<i>ISO</i>	<i>international organization for standardization</i>
I.V.A.	imposto sobre o valor acrescentado
I.T.E.D.	infraestrutura de telecomunicações em edifícios
Kg	quilograma
Km	quilómetro
kVA	quilovoltampere
kWh	quilowatt por hora
kWhEP	quilowatt por hora equivalente a petróleo
m	metro
m ²	metro quadrado
m ³	metro cúbico
mm	milímetro
μ mm	micro milímetro
NP	norma portuguesa
U	coeficiente de transmissão térmica
R.C.D.	resíduos de construção e de demolição
t	tonelada
tEP	tonelada equivalente a petróleo
<i>UNWCED</i>	<i>united nations world commission on environment and development</i>

1. Introdução

No presente capítulo descreve-se a problemática, o objetivo, a metodologia e a organização da investigação, uma tese aplicada.

1.1. Enquadramento

Esta dissertação assinala a importância da análise da sustentabilidade dos investimentos em construção no atual contexto de escassez de recursos. Decisões sobre quanto, quando e no que investir devem basear-se na contabilização antecipada das despesas e benefícios do investimento num empreendimento, de preferência nas fases mais prévias de projeto e incluindo todas as entradas e saídas de dinheiro ao longo do tempo de duração da edificação. É essencial o conhecimento integrado, e o mais cedo possível, de todo o processo de um investimento, de modo a impedir decisões ou ações que determinem um desempenho económico deficiente do objeto da análise. Tal planeamento custo-benefício, por se antecipar às vezes em décadas, deve ser acertado em revisões contínuas em momentos oportunos.

Efetivamente, a escassez hoje vivida globalmente põe em causa estilos de vida passados e atuais. A sociedade de consumo vê-se forçada a uma transição de padrões de comportamento para o futuro no que respeita, sobretudo, à gestão da obra e da utilização de um edifício. Proprietários e clientes têm papel determinante, pois representam a procura no setor da construção. Muitos particulares, proprietários de solo, notaram que a atual conjuntura económica restritiva se interpôs entre a compra de terreno e o financiamento da construção. Alguns optaram já por racionar recursos, reduzindo ao essencial os requisitos dos edifícios a construir (áreas, número de pisos, complexidade tecnológica), minimizando quantidades em projeto, procurando reduzir-se despesas com a obra, com o risco de minimizar-se o desempenho para níveis não regulamentares para a utilização. É oportuno, portanto, investigar quanto custa essa adaptação no contexto de mudança de paradigmas que se vive.

Já há anos, investigadores que acompanham a economia global aconselhavam os decisores a adotar outros valores que refletissem os desígnios, objetivos e aspirações do desenvolvimento sustentável. A par dos princípios ecológicos, o desenvolvimento sustentável reporta, também, a princípios económicos. A Gestão e Organização, nomeadamente no que respeita às aquisições, são aspetos-chave da construção sustentável. Outros valores nucleares na tomada de decisões deveriam incluir minimização, seleção de materiais tendo em conta a sua vida útil, bem como adoção de sistemas de construção reversível (CIB, 2000).

Atualmente, por todo o mundo, as construções modulares são um nicho de mercado, nele investindo projetistas, fabricantes, importadores, instaladores e promotores, direcionados especialmente a particulares com poupanças, proprietários de terrenos e em início de vida independente, que necessitam de construir a baixo custo para evitar recorrer ao crédito.

Um dos modos de implementação da pré-fabricação ligeira, além do contentor-casa ou da construção

por sistemas, a construção modular envolve tecnologia de junta seca e uma lógica herdada do setor industrial. A construção de junta seca e estratificada (com separação de camadas, nomeadamente entre peças estruturais e revestimentos da envolvente) representa, no cenário técnico, o exemplo mais avançado de racionalização dos processos construtivos, através de elevados graus de industrialização.

A tendência mundial para a préfabricação sustentável, integrando materiais e tecnologias amigas do ambiente, é bastante clara e aponta a uma redução do tamanho e à especialização funcional da envolvente por painéis de modo a atingir cada vez maior eficiência energética (De Capua *et al*, 2010).

Noutra revisão de estudos sobre o mesmo tema da habitação industrializada, Miró (2012) lembrou que, a partir do final do século XX, a emergente variedade de estilos de vida e a descontinuidade entre usos dos edifícios ao longo do tempo têm contribuído para pôr em causa a ideia das residências como produto acabado. Também a flexibilidade e adaptabilidade de um conceito modular a futuros requisitos na mesma casa, foram apontadas por Gervásio *et al*, 2010, confirmando que o novo desafio para os fabricantes é tornar realidade o equilíbrio entre a economia de um desenho inovador, a construção sustentável e os custos das matérias-primas. Aye *et al* (2012) apontaram, ainda, a préfabricação de componentes dos edifícios, conhecida por reduzir custos e tempos de construção, como estratégia válida para reduzir também desperdícios e gerir mais eficientemente o processo construtivo. No mesmo contexto adiantaram, ainda, a importância de as componentes estruturais de um edifício serem projetadas para serem duráveis e reutilizáveis, possibilitando maior extensão do respetivo tempo de serviço e significativamente menores impactos ambientais no ciclo de vida das construções.

A construção modular demarca-se pelo desempenho reduzido ao mínimo devido à utilização de materiais leves constituindo camadas de reduzida espessura. O cliente compra o fabrico de componentes e a instalação de um sistema, e não a densidade ou durabilidade dos respetivos materiais. Por outro lado, há já décadas que se combina uma estrutura reticulada composta por vigas, pilares e lajes de betão armado com alvenaria de blocos, sistema de construção corrente em Portugal. Os blocos de alvenaria, de argila ou de betão, perfurados ou maciços, constroem paredes duplas ou simples com espessuras da ordem das dezenas de centímetros, tal como os elementos estruturais de betão: isolam do exterior devido a essa espessura que garante durabilidade à envolvente por muitos anos. Como tal, o cliente investe na densidade do material protetor.

De materiais e processos diversos - industrializados ou tradicionais, está na ordem do dia a discussão sobre construção a custo reduzido (*low cost*): qual o investimento mais conveniente para o utilizador-pagador ter casa com requisitos mínimos de conforto por tempo adequado?

1.2. Objetivos e metodologia da dissertação

Esta dissertação pretende comparar, pela análise do custo do ciclo de vida – designada pela norma ISO 15686-5:2008 por *Life Cycle Costing (L.C.C.)*, dois sistemas construtivos para a obra nova da

mesma habitação unifamiliar isolada, num terreno com reduzido declive, situado numa região de clima ameno em Portugal continental.

Resumido no esquema da Figura 1.1, o objetivo principal deste estudo é ordenar, do mais caro ao mais barato, os referidos sistemas construtivos, tendo em conta os custos acumulados ao longo do tempo decorrido desde a fase anterior à utilização, passando pela utilização, até ao final da fase posterior à utilização dos edifícios. Tal estudo comparativo é executado no interesse do proprietário do prédio, que necessita saber qual o investimento mais económico para construir habitação própria e, futuramente, para gerir o ativo pelo qual optou pagar.

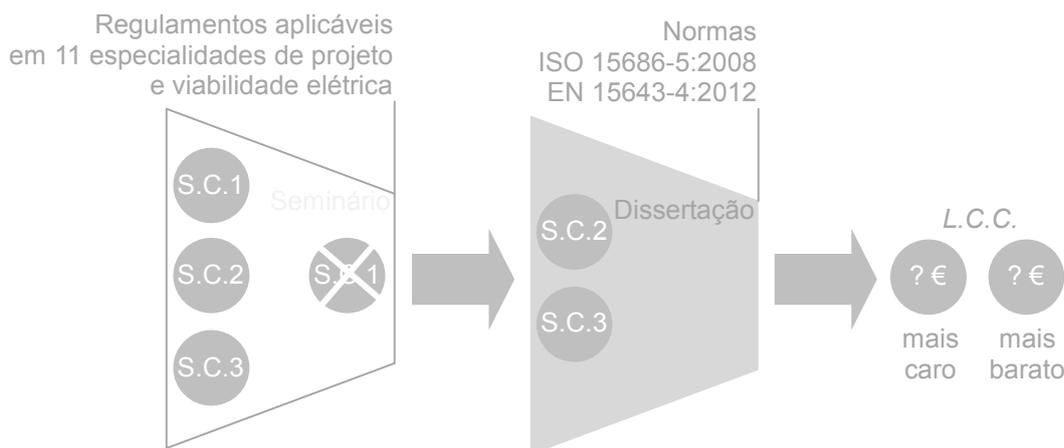


Figura 1.1. Crivos representativos do objetivo da dissertação

A comparação centra-se no desempenho económico das duas construções ao longo do respetivo ciclo de vida útil. O procedimento é a referida Análise *Life Cycle Costing (L.C.C.)*, padronizada na norma ISO 15686-5:2008 para o planeamento da vida útil dos bens construídos, e método de cálculo a aplicar a uma estrutura de trabalho para avaliação do desempenho económico dos edifícios, divulgada na norma EN 15643-4:2012 (CEN) e resumida na Figura 1.2. A publicação do método de cálculo segundo o padrão europeu está prevista apenas para o final de 2015, na norma EN 16627. Os efeitos económicos são os custos acumulados ao longo do tempo comum de duração dos dois edifícios, calculados a partir de preços atuais sujeitos a criteriosa taxa anual de atualização, representante da desvalorização do dinheiro ao longo do tempo futuro.

1.3. Organização do trabalho

Estruturou-se esta dissertação em cinco capítulos. A presente introdução estabelece o enquadramento, o âmbito e o objetivo da investigação.

O segundo capítulo explica ambas as normas adotadas para o estudo comparativo.

O terceiro capítulo descreve as alternativas construtivas, estabelece o período, a fronteira do sistema e os critérios de cálculo para a análise económica comparativa e apresenta os resultados do custo por fase do ciclo de vida das duas opções.

INFORMAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO EDIFÍCIO

Informação do ciclo de vida do edifício					Informação suplementar além do ciclo de vida do edifício
Anterior à fase de utilização			Fase de utilização	Posterior à fase de utilização	
A ₀	A ₁ -A ₃	A ₄ -A ₅	B ₁ -B ₇	C ₁ -C ₄	
PRÉ-CONSTRUÇÃO			FASE DE UTILIZAÇÃO	FASE DE FIM DE VIDA	
Terreno e tarifas associadas Fornecimento de matéria(s) prima(s) Transporte Manufatura Transporte Construção				Desconstrução Transporte Processamento dos resíduos para reutilização, recuperação, reciclagem Descarte	
A ₀	A ₁ A ₂ A ₃	A ₄ A ₅	B ₁ B ₂ B ₃ B ₄ B ₅ B ₆ B ₇	C ₁ C ₂ C ₃ C ₄	D Benefícios e cargas além dos limites do sistema; potencial de Reutilização Recuperação Reciclagem

Figura 1.2. Quadro dos módulos de informação aplicados na avaliação do desempenho económico de um edifício (adaptação da EN 15643-4:2012 – CEN)

O quarto capítulo contém a apresentação gráfica, a verificação e a discussão dos resultados da comparação do desempenho económico das duas soluções.

O quinto e último capítulo aponta a decisão conveniente ao dono da obra e salienta o contributo do método de cálculo L.C.C. Serão adiados desenvolvimentos futuros relativos à obra em estudo, a curto prazo, listadas as referências bibliográficas e apresentados em anexo os cálculos dos indicadores do custo.

2. Avaliação da sustentabilidade

O presente capítulo enquadra o paradigma da sustentabilidade, em particular a sua dimensão económica, na atualidade, detendo-se no setor da construção. Introduce-se, assim, a oportunidade de um critério de avaliação do desempenho económico dos edifícios, padronizado na norma EN 15643-4:2012 (CEN). Tal critério é indissociável do tema do ciclo de vida dos edifícios, do qual é revista a história recente, passando a explicar-se o método de análise *Life Cycle Costing*, objeto da norma ISO 15686-5:2008, a utilizar como processo de cálculo das variáveis do custo aplicáveis ao caso prático, complementar à estrutura de trabalho divulgada pela norma europeia.

2.1. Sustentabilidade

Desde que, em 1987, o relatório Brundtland “*Our common future*”, da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, definiu “Desenvolvimento Sustentável” como “desenvolvimento que dê resposta às necessidades do presente, sem comprometer os recursos das gerações futuras” (UNWCED, 1987), a assunção global da Sustentabilidade tem aumentado significativamente. Integra preocupações económicas, ambientais e sociais, procurando estimular o equilíbrio entre estas três dimensões.

Foi proposto mais tarde, em 1992, pelo Prof. Charles Kibert, do *Powell Centre for Construction and Environment, University of Florida*, nos Estados Unidos, um conceito de “Desenvolvimento Sustentável” assente em princípios não só de redução, reutilização e reciclagem de recursos, proteção da Natureza e eliminação de materiais tóxicos, como também na aplicação da avaliação do custo global para informar decisões ao longo de todas as fases de projeto, construção e utilização dos edifícios (Kibert, 1994): princípios económicos no sentido da Qualidade.

Em continuidade, a Convenção das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas Eco-92 no Rio de Janeiro culminou, em 1997, no Protocolo de Quioto, um calendário de comprometimento de reduções de emissões de carbono e um dos primeiros princípios reativos, políticos, assumidos mundialmente: o do poluidor-pagador. Até aí, a sustentabilidade assentava no voluntarismo, ou na proatividade, bem como no apelo à consciência coletiva. O principal esforço nas abordagens nacionais focara-se, até então, nos impactes ecológicos no ambiente (biodiversidade, tolerância pela Natureza e recursos). Mas muitos países identificaram considerações económicas, sociais e culturais a integrar numa estrutura local em prol da construção sustentável.

A Agenda 21 para a Construção Sustentável foi publicada em 1999 como resultado de um processo iniciado pelo *Conseil International du Bâtiment* (C.I.B.) na década de 1980, com a organização de grupos de trabalho cujos objetivos e orientação eram o Ambiente. O reconhecimento da importância do setor da construção para se atingir um desenvolvimento sustentável moveu o CIB, organização líder mundial nos assuntos da construção, a eleger, à data, a Construção Sustentável como tema para o período até ao seu congresso mundial no ano seguinte.

O referido relatório estabeleceu a importância de cada país se comprometer a refletir, global e localmente, sobre a forma pela qual governos, empresas, organizações não governamentais e todos os setores da sociedade poderiam cooperar no estudo de soluções para os problemas socioambientais e propôs, portanto, que as entidades coletivas promovessem critérios baseados na “centralidade no indivíduo” e na “inclusão social” nas ações de planeamento, de projeto e construção do ambiente edificado.

A Agenda 21 constitui um instrumento de reconversão da sociedade industrial rumo a um novo paradigma, que exige a reinterpretação do conceito de progresso, de modo a contemplar maior harmonia e equilíbrio holístico entre o todo e as partes, promovendo a qualidade e não apenas a quantidade do crescimento. Assim, para a implementação de um crescimento equilibrado, o desenvolvimento de políticas e de planos nacionais claros de sustentabilidade foi considerado responsabilidade dos governos, enquanto os objetivos de desempenho cuja responsabilidade os especialistas consideraram das administrações locais foram relacionados com o planeamento do uso do solo e com a implementação das estratégias da Agenda 21 (CIB, 1999).

Encara-se a construção sustentável como meio de a indústria da construção dar resposta à meta do desenvolvimento sustentável, nas facetas económica, ambiental e social, apresentadas na Agenda 21. Tais facetas, esquematizadas em equilíbrio na Figura 2.1, referem-se à sustentabilidade económica (procura do mercado, economia do ciclo de vida, valores futuros, processo e gestão da construção), à sustentabilidade funcional (necessidades a preencher, qualidade ambiental interior, desempenho técnico, durabilidade), à sustentabilidade ambiental (recursos naturais, biodiversidade, tolerância da Natureza, cargas ambientais), bem como à sustentabilidade social e humana (estabilidade social, ambiente construído, transporte, saúde, estética e aspetos culturais).

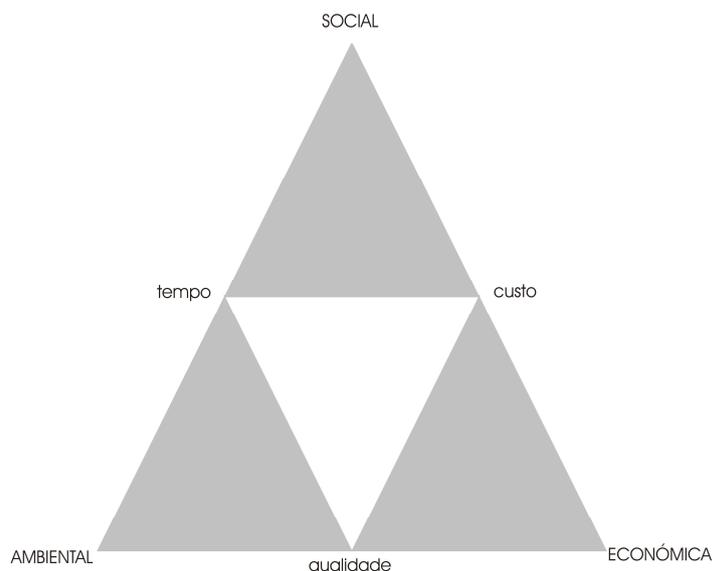


Figura 2.1. As 3 dimensões da Sustentabilidade (adaptação de CIB, 1999)

Os princípios económicos centram-se na criação de sistemas equitativos mas viáveis, baseados na ética, para a qual requerem distribuição igualitária dos custos e benefícios reais entre indivíduos e

países e entre gerações, bem como aquisições e investimentos éticos e o benefício das economias locais.

Os princípios sociais encorajam maior igualdade e responsabilidade para sistemas sociais, culturais e éticos. Tal requer aceitação cultural e social, participação nas decisões e melhoria global da qualidade de vida, como são oportunidades de progressão e autodeterminação.

Gestão e Organização são aspetos-chave da construção sustentável e integram não só questões técnicas, mas também sociais, legais, económicas e políticas, o que configura uma abordagem complexa, dada a amplitude das suas interrelações.

Considerando o número amplo de atores envolvidos no processo, bem como as diversas abordagens e prioridades apuradas em vários países, podem estruturar-se de muitos modos os principais desafios e requisitos para um setor da construção e para um ambiente construído sustentáveis.

De modo geral, os desafios sugeridos são, por exemplo:

- avaliar o ciclo de vida dos edifícios, pois a minimização e redução dos impactes na Natureza depende do desempenho da construção ao longo de todas as suas fases;
- considerar os vários agentes e comunidades (Pinheiro, 2008, ajustado de Godfaurd *et al*, 2005);
- re-engenharia do processo da construção: cooperação mais estreita entre projetistas, construtores e fabricantes; novos métodos de aquisições;
- melhoria do processo de gestão da construção através da total gestão da qualidade e da melhoria das ferramentas de coordenação de projeto;
- especialização em nichos de mercado (exemplo: Remodelação) ou em sistemas construtivos (exemplo: Robótica);
- oportunidades de reciclagem (sobretudo nas economias emergentes) e de investimento imobiliário (CIB, 1999).

A Agenda 21 refere que os projetistas, em particular, deverão adotar uma abordagem mais integrada ao projeto, abraçar os fundamentos do desenho sustentável de edifícios e saber interpretar etiquetas ambientais. Deverão ter em conta as características ambientais dos materiais de construção como ponto de partida para o projeto, mas atentar também na fase de exploração, para a qual executam o projeto funcional do edifício.

O relatório do CIB apontou, ainda, que outro instrumento a desenvolver em prol do aumento da qualidade sustentável da construção fosse o apuramento de métodos de avaliação ambiental dos edifícios. Na última década, fizeram-se esforços para o estabelecimento de algum grau de normalização das metodologias, o que pressupõe consenso no que se entende por “desempenho”. Instrumentos de referência são, por exemplo, o plano de gestão de resíduos da construção - obrigatório por lei, quando aplicável, bem como sistemas de certificação ambiental voluntários, casos da norma de Gestão Ambiental ISO 14001:2008 e do europeu *Eco-Management and Audit Scheme (E.M.A.S.)*.

Outras necessidades têm a ver com um entendimento mais amplo de sustentabilidade, das expectativas e comportamentos do utilizador, bem como com a formulação de compromissos sobre o tipo e número de critérios de avaliação (indicadores) e com o formato que critérios, procedimentos e metodologias podem tomar, integrando especificidades conforme aspetos locais ou tipo de projeto.

Neste subcapítulo foi resumida a transição de milénio no que respeita à mudança de paradigmas, da industrialização para a sustentabilidade, apoiando-se o resumo nas diretrizes de um documento de uma organização empenhada na colaboração internacional para a investigação e inovação em edifícios. Em continuidade e como epílogo, julgando-se oportuno redefinir construção na ótica da sustentabilidade, subscreve-se “Construção Sustentável” como a criação, reabilitação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, baseado na eficiência de recursos e princípios ecológicos, contribuindo para o equilíbrio social e económico (Pinheiro, 2008, ajustado de Kibert, 1994).

Igualmente, “Edifícios Sustentáveis” são um vasto tema multicritério relativo aos três parâmetros básicos conexos: economia, ambiente e aspetos sociais (Sesana *et al*, 2013, ajustado de Dimitris *et al*, 2009). Nessa perspetiva, a construção sustentável não pretende um excelente desempenho ambiental sacrificando a viabilidade económica de uma entidade, nem um excelente desempenho financeiro a custo de adversos efeitos ambientais e sociais.

A construção tradicional preocupa-se mais com custos, prazos e qualidade. A construção sustentável acrescenta a tais critérios a minimização do uso de recursos escassos e da degradação ambiental, bem como a criação de um ambiente construído saudável (Kibert, 1994).

De seguida, centra-se a atenção na faceta económica da construção sustentável e numa recente padronização proposta para tal.

2.2. Sustentabilidade económica: a norma EN 15643-4:2012

Da Agenda 21 vêm indicações de que negócios sustentáveis serão mais holísticos, sistémicos e integrados. Os valores nucleares deverão incluir:

- “Totalidade” – compreender e aceitar as relações sistemáticas entre o comportamento da indústria e o seu impacte (designadas, geralmente, por “externalidades”, segundo a teoria económica). Tal significa encarar responsabilidades pelo impacte das empresas, reconhecendo que estas não atuam isoladas do ambiente circundante. Esta abordagem promove responsabilização partilhada e união entre as empresas e a comunidade.
- “Atenção às gerações futuras” – incluir, no seio das direções, uma representação das “gerações futuras” para desafiar previsões da tomada de decisões, insistindo no custo global e em impactes a longo prazo. A empresa assume a responsabilidade pelos impactes do seu processo mas prolonga o seu prazo.
- “Minimização” – recorrer a equipas de trabalho de pequena dimensão, definir responsabilidades

ao nível mais baixo possível, exigir atenção ao detalhe mesmo nas fases de tosco, bem como capacidade crescente de corresponder flexível e renovadamente (CIB, 1999).

Está a evoluir-se, na indústria da construção, no sentido do prolongamento dos prazos dos decisores e da inclusão de critérios mais amplos. Os grandes objetivos destas estratégias são que a economia cresça, mas que diminua a pressão sobre o ambiente.

A pergunta que tem acompanhado, nas últimas décadas, a implementação das medidas em prol da Sustentabilidade é: será a sustentabilidade na construção mais onerosa? Investigadores adiantam estar na objetividade a resposta: os custos dependem das medidas (Pinheiro, 2008), os valores dependem das soluções (Langdon, 2004).

Nota-se bem, nos últimos anos, o afunilamento correspondente à diminuição da margem de atuação no que respeita a dinheiro disponível, dependente como está das matérias-primas e da energia. Só seria possível manter a disponibilidade de recursos nos ecossistemas melhorando tecnologicamente de modo fatorial: 2, 4, 10, ..., o que se afigura impossível (Pinheiro, 2012).

Para possibilitar decisores incluïrem nos seus projetos aspetos técnicos, ambientais, económicos e sociais, num contexto a longo prazo, assistiu-se, na última década, ao desenvolvimento da padronização do planeamento da vida útil das construções, em prol do equilíbrio das três dimensões da sustentabilidade.

A norma EN 15643-4 data de 2012 e faz parte de uma série que propõe critérios para avaliar a sustentabilidade dos edifícios. A redação do documento é da responsabilidade da Comissão Técnica 350 do *European Committee for Standardization* (C.E.N.), constituída justamente sob o tema Sustentabilidade que, como reconhecido e aqui já referido, é a capacidade de gestão dos recursos para além das necessidades atuais.

A norma europeia adotou os princípios gerais da sustentabilidade da construção de edifícios descritos na norma internacional ISO 15392, com versão de 2008 e já revista em 2014. Assim, apresenta-se o programa atual de trabalho da CEN/TC 350 enquadrado na Figura 2.2, que mostra que todas as três dimensões da sustentabilidade dos edifícios (ambiental, social e económica) são elementos necessários de uma abordagem sistémica para uma análise sustentável. Na prática, declarações sobre o desempenho sustentável de um edifício dirigir-se-ão às três vertentes, requerendo essa associação dos resultados das análises, equivalência funcional. Os referidos princípios salvaguardam, contudo, que a análise isolada de cada dimensão da sustentabilidade pode também ser efetuada separadamente, dependendo do objeto da análise, caso em que só serão feitas afirmações para análises - ambiental, social ou económica - desenvolvidas isoladamente.

Os objetivos da análise do desempenho económico do edificado, segundo o padrão europeu, são:

- identificar os aspetos e impactes económicos do edifício e do respetivo local;
- possibilitar a tomada de decisões e opções pelo cliente, pelo utilizador ou pelo projetista, rumo à consciencialização da necessidade de sustentabilidade dos edifícios (CEN, 2012).

		REQUISITOS DO UTILIZADOR E REQUISITOS REGULAMENTARES					
		Desempenho Integrado do Edifício					
NÍVEL CONCRETUAL		DESEMPENHO AMBIENTAL	DESEMPENHO SOCIAL	DESEMPENHO ECONÓMICO	DESEMPENHO TÉCNICO	DESEMPENHO FUNCIONAL	
NÍVEL DA ESTRUTURA DE TRABALHO		EN 15643-1 – Avaliação da Sustentabilidade dos Edifícios			CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	FUNCIONALIDADE	Estrutura Geral de Trabalho
		EN 15643-2 Estrutura de trabalho para o Desempenho Ambiental	EN 15643-3 Estrutura de trabalho para o Desempenho Social	EN 15643-4 Estrutura de trabalho para o Desempenho Económico			
NÍVEL DO EDIFÍCIO		EN 15978 Análise do Desempenho Ambiental	prEN 16309 Análise do Desempenho Social	WI017 Análise do Desempenho Económico			
NÍVEL DO PRODUTO		EN 15804 Declaração Ambiental do Produto	(ver nota abaixo)	(ver nota abaixo)			
FORMATO		EN 15942 comunicação	Nota: Atualmente, a informação técnica de alguns aspetos do desempenho social e económico está incluída nas “previsões” da EN 15804 para ser parte da EPD/DEP				
		B para B					
		CEN/TR 15941					

Figura 2.2. Programa de trabalho da CEN/TC 350 (adaptação da EN 15643-4:2012 - CEN)
As zonas escurecidas representam o programa atual de trabalho da CEN/TC 350

O documento define aspetos e impactes económicos, respetivamente, relativos ao ciclo de vida da construção, no todo ou em parte, sendo os últimos quaisquer alterações nas condições económicas, resultantes dos aspetos.

A quarta parte da norma EN 15643 serve, portanto, para aferir a sustentabilidade através da abordagem aos custos do ciclo de vida de um bem construído (edifícios, partes da obra, componentes da construção ou produtos, em projeto ou existentes), ou seja, efetuar uma análise que quantifica aspetos do desempenho económico dos edifícios recorrendo a indicadores.

Para abordagem à análise económica, a estrutura de trabalho em que atua esta norma europeia distingue dois indicadores do desempenho económico, o custo e o valor financeiro. Tais indicadores representam dois modos de expressar o desempenho económico:

- O desempenho económico expresso em termos do custo ao longo do ciclo de vida quantifica o edifício com o "menor custo do ciclo de vida" ao longo do respetivo tempo de duração. Tal implica que as variações construtivas não diferem no que toca à funcionalidade ou a fluxos de rendimento produzidos pelo edifício. Este conceito de desempenho económico não inclui desenvolvimentos no mercado imobiliário, mas apenas custos relativos à construção durante o respetivo ciclo de vida. Por conseguinte, para esta abordagem à análise económica só necessitam de ser apurados dados de custo.

- O desempenho económico expresso em termos do valor financeiro ao longo do ciclo de vida quantifica o edifício com o maior valor financeiro, isto é, com o rendimento (descontado) mais elevado, deduzido do custo do seu ciclo de vida. Tal conceito está próximo da abordagem do rendimento na avaliação de bens imobiliários e inclui fluxos de rendimento relacionados com o mercado. Assim, para este tipo de análise económica, devem apurar-se dados de rendimento (CEN, 2012).

O fio condutor da abordagem é o ciclo de vida do edificado, pois considera-se que os aspetos e impactes relativos ao desempenho económico de um edifício são influenciados por ações que ocorrem em toda a extensão do ciclo de vida do mesmo. A norma europeia refere que o ciclo de vida tem início com a decisão de construir, remodelar, renovar, ampliar, manter ou demolir, estendendo-se desde os procedimentos contratuais para o projeto e especificações, à aquisição dos produtos, aos trabalhos da construção, à entrega para adaptação e utilização, ativação, à exploração e, finalmente, à desativação, desconstrução e demolição. É necessária informação sobre estas decisões e atividades para a análise dos aspetos e impactes económicos do edifício.

Os requisitos do documento europeu para o procedimento de análise são os seguintes:

I. Descrição do objeto da análise

O objeto da análise será o edifício, suas fundações e trabalhos externos inseridos no terreno da empreitada, bem como trabalhos temporários associados à construção. Se a análise se restringir a uma parte do objeto ou a uma parte do ciclo de vida, ou se impactes relevantes não forem referidos, tal será documentado, comunicado e justificado. A presente norma refere, ainda, que podem ser excluídos da análise impactes económicos devidos a requisitos regulamentares relacionados com as infraestruturas (fornecimento de energia e de água, sistemas de saneamento e outras instalações existentes no terreno) (CEN, 2012), por serem fronteiros ao objeto da análise.

II. Definição da fronteira do sistema

A norma EN 15643 especifica como requisito que a fronteira do sistema para análise do desempenho económico de um edifício terá início desde o princípio do planeamento do empreendimento, aquisição ou remodelação de um edifício, ou desde a análise de qualquer edifício existente e incluirá o ciclo de vida do mesmo. Benefícios e cargas além do ciclo de vida do edifício são informação sobre potencial de reutilização, de recuperação e de reciclagem, podendo ser incluídos como informação suplementar desde que agrupados os resultados correspondentes. Estabelecida a extensão da análise, o documento refere como outro requisito que esta incluirá aspetos e impactes dos sistemas técnicos integrantes do edifício e seu equipamento não amovível, instalações e acessórios, bem como se excluirão da análise aspetos e impactes dos eletrodomésticos e mobiliário, instalações e acessórios não relacionados com o edifício (CEN, 2012).

Outros requisitos da presente norma europeia para a análise do desempenho económico são:

III. Equivalência funcional

Requisito que constitui base de comparação ao nível do edifício e que torna coerentes os objetivos do caso prático, comparar dois sistemas construtivos para habitação com base no desempenho económico.

IV. Aspectos e impactes económicos do edifício

O papel dos dados do ciclo de vida do edifício para a análise integra este requisito, sendo os aspetos e impactes atribuídos aos módulos de informação do ciclo de vida do edifício em que ocorrem. A Figura 1.2, já publicada no capítulo 1, ilustra a abordagem modular padronizada à informação económica ao longo do ciclo de vida do edifício e, para a prática, a análise do desempenho económico de um edifício englobará toda a informação relevante, dos Módulos A a D, que pode incluir o seguinte:

- i. aspetos e impactes económicos da Fase Anterior à Utilização (Módulos A₀ e A₁-A₅);
- ii. aspetos e impactes económicos da Fase de Utilização, excluindo o funcionamento do edifício (Módulos B₁-B₅);
- iii. aspetos e impactes económicos do funcionamento do edifício (Módulos B₆-B₇);
- iv. aspetos e impactes económicos do Fim de Vida (Módulos C₁-C₄ e D) (CEN, 2012).

O requisito acima evidencia a Fase de Utilização como etapa-chave do ciclo de vida do edifício e os módulos desse âmbito distinguem-se entre impactes económicos em consequência da instalação do edifício (B₁-B₅) e água e energia fornecidas para o funcionamento do mesmo (B₆-B₇), a comunicar separadamente.

A presente norma inclui, em anexo, os aspetos económicos do desempenho do edifício agrupados em tabelas conforme as fases do ciclo de vida, representando cada módulo um item a contabilizar quando aplicável. A informação estratificada em módulos relevantes deve provir de fontes adequadas, por exemplo, da aplicação dos procedimentos da norma ISO 15686-5 para cálculo dos custos do ciclo de vida das construções, analisada no subcapítulo 2.5, ou de históricos de dados de custo (CEN, 2012).

V. Indicadores e procedimentos de cálculo a utilizar

A análise padronizada do desempenho económico é remetida, pelo conteúdo da norma EN 15643-4:2012, para um item de trabalho WI 00350017, da responsabilidade da mesma Comissão Técnica 350 do comité europeu de normalização, cujo objetivo é descrever os métodos de cálculo detalhado e as origens adequadas de dados para os indicadores económicos. É referido, ainda, que esse documento em preparação contendo os métodos de cálculo levará em conta as normas ISO 15686-5, examinada neste mesmo capítulo desta dissertação, a EN 15459 (CEN) referente a sistemas energéticos nos edifícios e os resultados de um estudo da Direção-Geral para as Empresas da Comissão Europeia sobre custos do ciclo de vida, fornecendo requisitos específicos para a fronteira

do sistema. Finalmente, foram ratificados já os métodos de cálculo detalhado dos indicadores para a análise do desempenho económico, sob a designação da EN 16627:2015, a publicar no final deste ano. Os já definidos indicadores económicos, custos do ciclo de vida ou o valor financeiro do edificado, ou ambos, são resultados monetários.

A presente norma europeia também estabelece que a estimativa da vida útil de um edifício ou sistema (parte do todo) será assumida de acordo com as normas europeias sobre produtos, ou conforme as ISO 15686-1, ISO 15686-7, ISO 15686-8 e ISO/TS 15686-9, série normativa sobre planeamento da vida útil das construções (CEN, 2012).

Os requisitos dos dados necessários para a análise, ainda segundo a estrutura europeia, são:

VI. Qualidade dos dados da análise do desempenho económico

O documento EN 16627:2015 - Sustentabilidade dos trabalhos da construção – Análise do desempenho económico dos edifícios – Métodos de cálculo (CEN), a aguardar publicação, é a referência designada para a exatidão, precisão, totalidade e representatividade da informação do custo dos produtos, processos e serviços (CEN, 2012).

VII. Transparência dos métodos de análise

A normalização no âmbito desta estrutura determina que, processados os dados pelas metodologias, os cenários aplicáveis sejam definidos, explicitamente modelados e disponibilizados.

Quando impactes adicionais, resultantes de elementos amovíveis do edifício, como eletrodomésticos, forem incluídos na análise, tal será referido e comunicado separadamente, sem agregação (CEN, 2012).

VIII. Resultados da análise

Na sequência do requisito anterior e de modo a assegurar que os resultados da análise do desempenho económico de um edifício ou suas partes sejam compreensíveis e interpretados transparente e sistematicamente, a presente normativa europeia estabelece que os resultados das análises deverão ser reportados e comunicados, organizados como exemplificado na Figura 2.3, segundo os seguintes grupos principais de informação:

- i. Impactes específicos do ciclo de vida do edifício excluindo a utilização operacional da energia e da água, resultados de desempenho que, por sua vez, serão organizados nos seguintes quatro grupos de informação:
 - i. Resultados do desempenho económico da Fase de Pré-Construção, incluindo custos contraídos antes das Fases de Produto e de Construção, tais como custos do terreno e serviços profissionais com este relacionados.
 - ii. Resultados do desempenho económico da Fase de Produto e da Fase de Construção, incluindo planeamento e projeto anteriores à entrega da obra.
 - iii. Resultados do desempenho económico da fase de Utilização (após a entrega da

obra), excluindo a utilização operacional da energia e da água.

- iv. Resultados do desempenho económico da Fase de Fim de Vida do edifício (CEN, 2012).
- ii. Impactes específicos da utilização operacional da energia e da água, relativos ao edifício enquanto "mecanismo", consumidor de energia para aquecimento, arrefecimento, água quente sanitária, ventilação e controlos associados, iluminação, elevadores e outros meio de transporte interno e fornecido por água para os respetivos utilizadores. Estes impactes têm início após a entrega da obra, estendendo-se até principiar a fase de fim de vida do edifício.

A presente norma determina que os aspetos e impactes económicos específicos da utilização operacional da energia sejam subdivididos em resultados advindos de:

- i. aquecimento, arrefecimento, ventilação, água quente e iluminação;
- ii. outros sistemas técnicos integrados no edifício;
- iii. eletrodomésticos não relacionados com a construção, se analisados.

Seguindo o mesmo critério, o documento europeu obriga, também, a que os aspetos e impactes económicos específicos da utilização operacional da água sejam subdivididos em resultados advindos de:

- iv. sistemas técnicos integrados no edifício,
- v. eletrodomésticos não relacionados com a construção, se analisados.

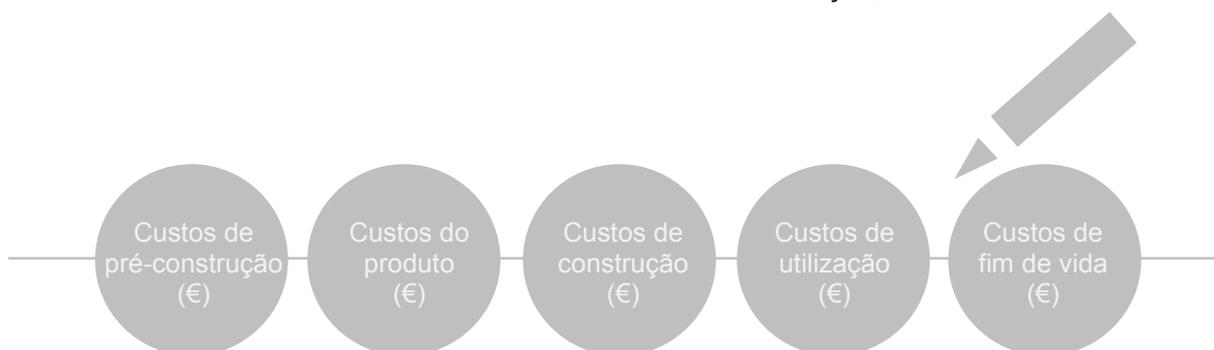


Figura 2.3. Ábaco representativo das categorias do custo do ciclo de vida dos edifícios, adaptação da EN 15643-4:2012

Finalmente, determina a presente norma que os resultados do desempenho económico da utilização operacional da energia e da água sejam agrupados (CEN, 2012).

IX. Verificação dos resultados

A informação do custo e os resultados da análise do desempenho económico do edifício serão verificáveis segundo os requisitos da análise padronizada de desempenho económico, a publicar como norma EN 16627:2015, já referida acima e que contém os métodos de cálculo a utilizar.

X. Apresentação dos resultados

Enquadrando os requisitos para relatório e comunicação, esta série normativa europeia refere que o relatório da análise é o sistemático e compreensível sumário da documentação da mesma, suporte da comunicação e que conterà toda a informação importante para o conteúdo dessa comunicação. Segundo o mesmo contexto, a comunicação é considerada apresentação da informação do relatório da análise a qualquer interessado.

A presente norma estabelece o requisito de que os definidos relatório e comunicação sejam precisos, verificáveis, relevantes e não enganosos ou equívocos. Aquando da comunicação dos resultados da análise a interessados ou da sua disponibilização pública, os indicadores a comunicar sairão dos indicadores definidos na análise padronizada de desempenho económico (EN 16627:2015), que aguarda publicação. Contudo, o presente documento adianta que os resultados da possível agregação económica desses indicadores sejam claramente isolados dos resultados da análise como informação adicional, prévia às Fases de Produto e de Construção, tais como custos do terreno e serviços profissionais com este relacionados. O mesmo requisito de transparência exigido ao relatório da análise e sua comunicação obriga à informação sobre características técnicas e funcionais do edifício desviantes dos requisitos técnicos e funcionais da requerida equivalência funcional, quando é o caso. Finalizando os requisitos dos resultados, a presente norma sugere, ainda, executar-se uma análise de sensibilidade para descrever a potencial influência dos aspetos não analisados (CEN, 2012), porquanto exteriores à referida fronteira do sistema.

A estrutura de trabalho contida no presente documento europeu encerra a lista de requisitos estabelecendo, ainda, que se existirem requisitos económicos advindos do programa do cliente, ou resultantes de regulamentos, esses deverão ser incluídos no relatório da análise e divulgados como parte da comunicação. Afinal, o presente documento é orientado para o cliente, o pagador, e propõe efetuar uma avaliação económica via concorrencial e em pé de igualdade, de objetos cujas características técnicas e funcionais sejam semelhantes (CEN, 2012).

É oportuno, nesta dissertação aplicada cujo tema é um projeto para construção pelo proprietário e utilizador, executar, o mais cedo possível, uma avaliação económica paralelamente à conceção, pois importa ter ampla estimativa do desempenho económico de ambas as alternativas construtivas para a habitação, não apenas na fase de construção e instalação, durante a qual se acumulam custos na ordem de milhares de euros em poucos meses, mas durante todo o respetivo tempo de vida útil. Lembre-se que a duração da construção representa, geralmente, apenas 0,5% do tempo de vida útil de referência de 50 anos, representando os respetivos custos 20 a 25% das despesas ao longo de várias décadas (Perret, 1995).

Resumindo, para concluir, a metodologia contida na quarta parte da série normativa EN 15643, a análise do desempenho económico de um edifício aplicará aspetos e impactes económicos do edifício quantificados ao longo do seu ciclo de vida, baseados no custo ou no valor financeiro. Os resultados serão, portanto, valores em moeda, desdobrados segundo as diversas etapas do ciclo de vida

incluídas na avaliação.

A interpretação ou valoração dos resultados da análise estão fora do alcance desta série europeia, visto o desígnio ser a apresentação dos resultados contabilizados para comparação, sem avançar juízos de valor nem avaliar o risco económico de uma construção, nem calcular o retorno de um investimento (CEN, 2012).

Qualquer edifício, obra nova, reabilitação ou remodelação, no todo ou apenas partes (sistemas ou componentes), é válido para análise, referenciando-se os aspetos económicos de um projeto de edificação à envolvente construtiva no terreno da empreitada (CEN, 2012).

2.3. O ciclo de vida dos edifícios

O intervalo de tempo que se inicia com a conceção e termina com a eliminação de um bem, seja edifício, estrutura, sistema ou componente, é o seu ciclo de vida (NP EN 13306:2007 – IPQ). O termo presente numa norma sobre manutenção foi adaptado da definição contida na norma de Gestão Ambiental NP EN ISO 14040:2008 para *Life Cycle Assessment (L.C.A.)*, ou avaliação do ciclo de vida.

A recente norma EN 15643-4:2012 (CEN) avança uma estrutura de etapas consecutivas e interligadas da vida dos objetos construídos como base para avaliar o desempenho económico desses valores. O termo-chave de denominação das fronteiras da estrutura proposta é a utilização.

A vida de serviço, ou vida útil, é assunção básica e referência para o desenvolvimento de métodos de verificação, bem como de previsões relacionadas com a durabilidade das construções. A referida norma europeia define “durabilidade” como a capacidade para manter o desempenho técnico requerido ao longo da vida de serviço, objeto de manutenção planeada, sob o efeito de ações previsíveis. Estas são ações "normais" de agentes cujo efeito seja previsível sobre a obra ou respetivas partes. Agentes potenciais de degradação incluem, por exemplo, temperatura, humidade, água, radiação ultravioleta, abrasão, ataque químico, ataque biológico, corrosão, clima ou microclima, geadas, ciclos gelo-degelo e fadiga (CEN, 2012).

Para donos de obra e técnicos, é especialmente importante quantificar a vida útil, por decisões tomadas nas fases prévias de projeto e construção determinarem o comportamento do edifício na fase de utilização. Quer para investimento, quer para utilização, ou ambos, por parte de quem paga, é na fase de utilização, ou de exploração da funcionalidade da obra, que se pretende recuperar o investimento.

Não só a construção mas, sobretudo, a manutenção dos edifícios, tem importante impacto financeiro por respeitar ao período mais longo, duradouro várias décadas, da vida de um edifício e que pode ser superior ao da vida humana. Adalberth, citado por Monteiro *et al* (2012), concluiu que a fase de utilização de um edifício requer 85% de toda a energia do ciclo de vida, enquanto os materiais de construção contabilizam até 15%.

Pode falar-se de vida estrutural de um edifício, período de tempo durante o qual existe um nível de

segurança correspondente a uma probabilidade ínfima de colapso. A vida da construção é geralmente equiparada à vida da sua estrutura. 50 anos é o período durante o qual, por legislação, se mantêm as exigências estruturais em probabilidade mínima com índice de fiabilidade aceitável. A probabilidade de colapso começa a aumentar, fora dos limites regulamentares aceitáveis, a partir dos 50 anos. Reabilitação é solução para voltar a diminuir essa probabilidade, ou, em alternativa, demolir a construção.

Se a vida da construção é geralmente equiparada à sua vida estrutural, grande parte dos acabamentos não dura tanto, nem sequer 50 anos, necessitando re-acabamento mais cedo. A vida útil dos acabamentos associa-se a deterioração estética, a mau comportamento em termos de habitabilidade ou funcionalidade, ou a mau funcionamento de um equipamento.

Documentos orientativos da *European Organization for Technical Approvals (E.O.T.A.)* datados de 1999, sobre avaliação da vida útil de componentes referem-se à vida funcional de um bem como o período de tempo durante o qual o respetivo desempenho se mantêm a nível adequado ao cumprimento dos requisitos essenciais (EOTA, 1999).

A incapacidade de satisfação dos requisitos é denominada obsolescência (ISO 15686-1:2000). Desde determinada função deixar de ser necessária, a mudança de padrão de utilização conducente à adoção de alternativas com melhor desempenho, à evolução de custos de utilização para valores demasiado dispendiosos face a alternativas mais baratas, a obsolescência pode ser funcional, tecnológica ou económica. Podem ser, ainda, feitas substituições por razões de alteração de tendências ou de gostos, mas costuma existir um motivo económico por detrás de tais substituições (por exemplo, um imóvel poder ser alugado).

É rara a disponibilidade de dados fiáveis para a previsão da obsolescência. A estimativa temporal da obsolescência deve ser baseada nas experiências do projetista e do cliente e, se possível, em relatórios documentados da prática.

A obsolescência gera, inevitavelmente, resíduos, dado que o edifício ou partes ainda em funções serão substituídos. Um outro objetivo do planeamento da vida útil é reduzir a probabilidade de obsolescência e/ou maximizar o valor da reutilização da construção ou das suas componentes. Devem ser, em particular, considerados os itens de mais elevado custo (por exemplo, os que necessitam de andaimes) ou os que impliquem suspender a utilização do edifício (ISO, 2000).

Mas a vida funcional de uma construção pode ter capacidade de reconversão desde o projeto inicial. Podem conservar-se monumentos pelo seu valor histórico, patrimonial, social, assumindo-se só custos de manutenção, contudo quando o bem em causa não tem qualquer tipo de valor, simplesmente opta-se pela sua demolição. O edificado não tem o mesmo valor conforme se vivam tempos de austeridade ou de prosperidade económica. Se o valor imobiliário atinge o valor do terreno, o edifício não deve ser reabilitado. A já referida norma ISO 15686-1:2000 sobre planeamento da vida útil de bens construídos refere que o risco de obsolescência será reduzido em projetos que permitam outro planeamento interior, alteração nos sistemas de utilização ou mudança da compartimentação do edifício, mas com determinado custo (ISO, 2000). Já em 1999 a Agenda 21

adiantava alguns desafios futuros aos projetistas e aos materiais: a concepção de juntas, ligações e encaixes de fácil desmontagem, para um processo de construção reversível (CIB, 1999).

Um grande impulso ao planeamento da vida útil de edifícios e de componentes é a possibilidade de planeamento do custo de posse. A estimativa do futuro custo de utilização e de manutenção de uma construção confere aos clientes, antecipadamente, o custo de posse e permite-lhes reduzir o risco económico de encomenda, de aquisição ou de construção de um edifício, auxiliando desse modo ao respetivo processo de planeamento (ISO, 2000).

As referidas orientações *E.O.T.A.* integraram já os aspetos económicos na quantificação da vida útil, caracterizando o planeamento “economicamente razoável” como o que considera todos os custos relevantes ao longo do tempo de vida de um edifício: custos de projeto, de construção e de utilização; custos advindos do impedimento de utilização; riscos e consequências de falha da construção durante a respetiva vida útil e custos de seguros sobre tais riscos; renovação parcial planeada; custos com inspeções, manutenção e reparações; custos operacionais e administrativos; descarte; aspetos ambientais (EOTA, 1999).

2.4. *Life Cycle Costing (L.C.C.)*

O projeto e a construção de uma habitação nova são das decisões economicamente mais significativas por parte de um utilizador. A minimização das despesas tem, pois, grande importância para o dono da obra descrita na Introdução. É essencial uma análise aprofundada do custo, não apenas na atual fase de projeto, mas também em todo o ciclo de vida da obra, para uma visão mais abrangente dos gastos do investimento. Aos custos iniciais, relativamente previsíveis, somam-se despesas posteriores, ocorridas durante a operacionalidade do edifício, cuja sucessão a norma EN 15643-4:2012 (CEN) lista como utilização, manutenção, reparação, substituição, remodelação e balanço da energia e da água. É assumido que os gastos na preparação e planeamento do investimento (compra de solo, infraestruturação se necessário, impostos, honorários de projeto, etc.) são, comparativamente, mais reduzidos. Aproximadamente 75% do custo do ciclo de vida de um bem está associado à fase de funcionamento e manutenção, o que torna inevitável considerar tal etapa ao analisá-lo (Gupta, 1983).

É na presente fase inicial de preparação de opções que se podem influenciar as despesas contraídas, que dependem de soluções e de alterações projetuais. A seleção entre sistemas construtivos para a empreitada dependerá da alternativa mais barata na contabilização final.

Um dos métodos que permitem analisar custos ao longo da utilização de um edifício é o *Life Cycle Costing (L.C.C.)*, ou análise do custo do ciclo de vida.

2.4.1. Origens e conceitos da análise *Life-Cycle Costing*

As primeiras referências à abordagem ao custo do ciclo de vida de empreendimentos ou projetos

datam da década de 1960, associadas à aquisição (*procurement*, ou compra) de materiais e equipamentos pelo sistema militar americano, sob um critério de racionamento: a análise *L.C.C.* foi desenvolvida para ser aplicada durante a fase de apreciação de propostas de preços a concurso. O custo completo que envolve este tipo de empreendimentos justifica a necessidade da análise do custo do ciclo de vida; ou seja, poderem justificar-se consideráveis despesas de aquisição com benefícios a longo prazo.

Já profissionais da aquisição de bens e serviços fora da indústria da construção entendiam que, possivelmente investindo mais no custo de aquisição, a longo prazo se economizaria substancialmente, em comparação com uma alternativa mais econômica. Esta linha de pensamento ficou conhecida como ‘terotecnologia’, constituindo, efetivamente, os fundamentos da teoria do *Whole Life Costing (W.L.C.)*, ou do custo global do ciclo de vida (Boussabaine *et al*, 2006).

Na década seguinte, a de 1970, integrou-se o método na sociedade civil, sendo empregue para avaliar e comparar alternativas de projeto de edifícios na ótica da otimização e redução de gastos energéticos. R. T. Lund viu na divulgação do custo do ciclo de vida aos consumidores um potencial “instrumento societário” (Deutsch, 2010), passível de afetar as decisões destes quanto à compra. E é no início da década de 70 do século XX que começa a figurar na indústria e na literatura o termo ‘custo de utilização’. Este custo refere-se às despesas relacionadas com o funcionamento de um bem. Apesar de não especificamente relacionado com a indústria da construção, admitiu-se que os princípios fundamentais do custo de utilização eram aplicáveis a edifícios e a estruturas importantes (Boussabaine *et al*, 2006).

Em 1971, o *Royal Institute of Chartered Surveyors (R.I.C.S.)*, estabeleceu o Serviço de Informação de Custos de Manutenção de Edifícios (*Building Maintenance Cost Information Service – B.M.C.I.S.*) como método de recolha de dados sobre custos de funcionamento. O seu principal objetivo era adotar um sistema único de classificação, que pudesse ser divulgado entre membros com uma conduta comum (Sesana *et al*, 2013). Iniciou-se uma base para fornecer dados fiáveis sobre custos de utilização e sobre desempenho, útil para quem tinha interesse em empregar técnicas de *L.C.C.*.

Desde 1977 que o *L.C.C.* foi largamente divulgado, existindo uma diversidade de modelos e de técnicas. Em 1983, dois reputados investigadores de *L.C.C.*, Roger Flanagan e George Norman, desenvolvem uma estrutura para a recolha de dados que foi depois utilizada para a base do custo do ciclo de vida de um empreendimento.

A discussão de conceitos, de objetivos e das fases de aplicação da metodologia a empreendimentos de construção foi objeto de diversos livros e artigos publicados na última década do século XX. Por volta de 1992, o *L.C.C.* era já um conceito familiar entre economistas de todo o mundo, sendo reconhecido como norma no Reino Unido sob *British Standard BS 3843:1992*. O conceito de um método que agrega diversas técnicas, da engenharia à contabilidade, matemática e estatística, para contabilizar todas as despesas líquidas significativas acumuladas durante a posse de um bem (Boussabaine *et al*, 2006), foi o fio condutor entre três décadas de prática e a padronização.

Em 2000, a versão da norma ISO 15686-1, constituída para o planeamento da vida útil da construção,

cita o método *L.C.C.*.

Atualmente, existem referenciais normativos, quer a ISO 15686-5:2008, quer publicados em diversos países, sobre a metodologia de análise *Whole Life Costing* de empreendimentos da construção, o desdobramento dos custos. No seguimento da publicação da recente norma europeia EN 15643-4:2012 (CEN), aguarda-se a publicação do método de cálculo na anunciada EN 16627, em 2015. Por essa razão se recorre, neste estudo, às formulações das variáveis de custo da norma ISO, mais antiga.

Em suma, circunstâncias conjunturais de várias décadas generalizaram este método de contabilização de entradas e saídas nas vertentes económica, ambiental e social, no sentido do equilíbrio dos objetivos da construção sustentável, a alcançar sem penalizar a economia. Desde o final do século XX que a escassez de recursos, por um lado, e legislação recente no campo da saúde e segurança, por outro, conduziram a critérios habituais de financiamento de empreendimentos em que a origem do investimento necessita ser repartida por fundos públicos e privados.

Revista a investigação atual, a análise custo-benefício é, essencialmente, divulgada sob o pretexto de casos práticos. É grande a variedade de bens, ou edifícios, componentes da construção, construídos ou em projeto, que interessa comparar. Esta tendência de contabilização foi impulsionada por uma anterior, a de balanços energéticos, na investigação, por exemplo, de envidraçados, de equipamentos de acondicionamento térmico e de materiais de isolamento.

No subcapítulo 2.5 explora-se o método de cálculo normalizado para a análise pretendida na presente investigação.

2.4.2. *Life Cycle Costing* e *Whole Life Costing* (*W.L.C.*)

A norma ISO15686-5:2008 refere que a diferença entre *Life Cycle Costing* (*L.C.C.*) e *Whole Life Costing* (*W.L.C.*) está na extensão do período da análise que, no último, integra todo o ciclo de vida do bem e inclui custos não associados à construção, as designadas “externalidades” (custos da ação, quer adversa ou benéfica, de dado agente -um grupo de indivíduos ou uma firma -sobre outro) e ganhos, se existirem. O *W.L.C.* é um balanço de dinheiro mais amplo do que o *L.C.C.*.

Metodologia para uma avaliação sistemática de todos os custos e benefícios da vida completa de um bem, ao longo de um período de tempo definido pela sua extensão, o *W.L.C.* contabiliza um investimento por toda a sua duração. O *L.C.C.*, em contraste, refere-se apenas a determinadas etapas selecionadas, como definido nesta dissertação. O *W.L.C.* integra-o, ilustrado na Figura 2.4, ampliando a visão das despesas e rendimentos projetados com, por exemplo, custos provenientes de financiamento pedido, rendimentos de venda de solo, ou custos do utilizador (ISO, 2008).

Tal como o *L.C.C.*, o objetivo principal do *W.L.C.* é ajudar à tomada de decisão sobre o investimento de capital, proporcionando previsões dos custos a longo prazo da construção e posse de um edifício ou estrutura. Contudo, e ao contrário da análise *L.C.C.*, é ainda uma abordagem dinâmica e pode fornecer previsões atualizadas sobre o custo e o desempenho ao longo da vida da construção.

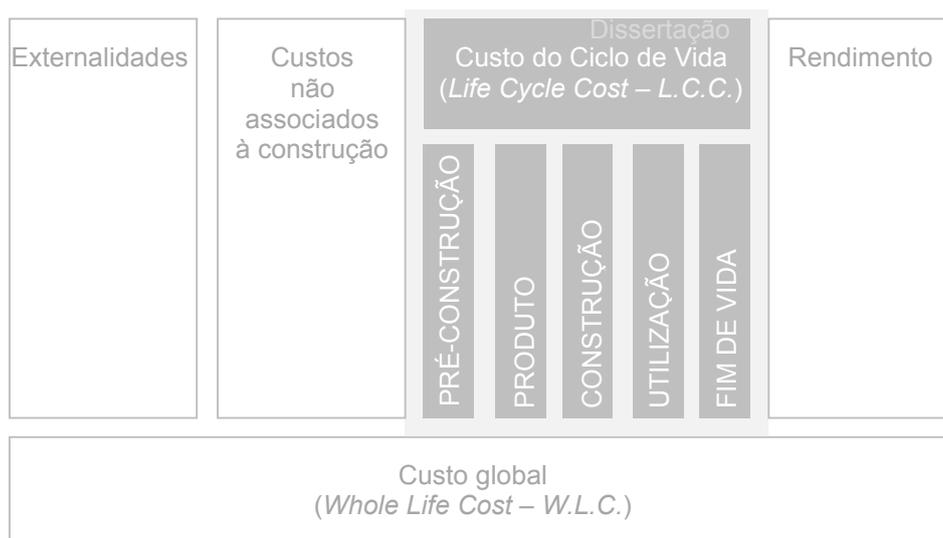


Figura 2.4. Distinção entre *W.L.C.* e *L.C.C.* (adaptação das normas ISO 15686-5:2008 e EN 15643-4:2012)

Considerando a base de trabalho, o *W.L.C.* é, na essência, uma evolução de métodos *L.C.C.* atualmente utilizados em diversas áreas da aquisição de bens e serviços.

Além dos ideais já referidos de sustentabilidade, focalização nas expectativas do cliente, consideração de custos a longo prazo e revisão dessa contabilização, oportunamente, ao longo do tempo de vida do bem, o recente conceito de *W.L.C.* propõe, no momento atual, uma reflexão à indústria da construção sobre a estratificação do financiamento desta. Se há menos disponibilidade de dinheiro proveniente de um só investidor, recorrer-se a parcerias de financiadores para obter dinheiro para a construção de uma obra tornou-se habitual e teve como consequência a redução da construção ao mínimo, bem como a dispersão do apuramento de credores e de devedores ao longo do tempo.

Persiste, entre profissionais e académicos, ampla diversidade de opiniões sobre vantagens, limitações, oportunidades e ameaças da análise *W.L.C.*.

As fraquezas parecem continuar na dispersão de opiniões, baseadas na experiência, áreas de trabalho e de estudo e posição económica, sobre os termos do que representa o *W.L.C.*.

A falta de dados fiáveis para cálculo de custos do ciclo de vida na indústria da construção pode limitar a definição clara do objetivo e do âmbito da análise.

É frequentemente referido como desvantagem deste método de custo o aspeto da incerteza, o risco inerente a uma previsão futura. Pode, contudo, quantificar-se esse risco, de modo a que investidores e decisores baseiem propostas de investimento num patamar em que conheçam a incerteza das previsões.

As ameaças são a deterioração, irreversível, dos elementos da construção e decidir-se sobre o ciclo de vida sem considerar as características da edificação propriamente dita.

A oportunidade da análise *W.L.C.* é uma avaliação muito mais rigorosa da eficácia do custo a longo

prazo de um projeto do que métodos económicos correntes, apenas centrados nos custos iniciais ou nos custos relacionados com o funcionamento a curto prazo.

A vantagem da análise *W.L.C.* é fornecer informação crucial sobre projetos, tais como os financiados sob consórcio, que requer previsões do custo a longo prazo do fornecimento dos serviços que financiará por contrato. Tal análise proporciona, ainda, aos governos conhecimento antecipado das obrigações económicas que contrairão quando o bem passar para património do Estado (Boussabaine *et al*, 2006).

2.5. Método *L.C.C.*: A norma ISO 15686-5:2008

A análise *L.C.C.* centra-se na economia ao longo da vida do produto. É uma metodologia para selecionar a opção de projeto economicamente mais eficiente, ou rentável, ao longo de determinado período de tempo. Considera os impactes totais em vez de apenas os custos iniciais, procurando contribuir para a assistência na gestão efetiva de obras terminadas e em projeto (*R.I.C.S.*, 1983). Ao longo do respetivo ciclo de vida, inclui os custos do capital inicial, custos de manutenção, custos de funcionamento e o valor residual do bem no seu fim de vida.

O custo total é desdobrado sucessivamente, ano após ano, durante a vida em projeto (considerando-se o valor do dinheiro no tempo). Convém apontar para o menor custo, a longo prazo, para o proprietário (Dziadosz, 2013).

A análise *L.C.C.* aplica-se a edifícios novos ou a existentes, componentes da construção ou produtos, independentemente do processo de fabrico: quaisquer objetos que acumulem custos e/ou ganhos ao longo do respetivo tempo de serviço.

Na Figura 2.5 esquematiza-se o processo operativo para a análise *L.C.C.* pretendida na presente investigação.

Os requisitos para o cálculo *L.C.C.* são os seguintes:

I. Objetivo(s), período, forma e nível da análise *L.C.C.*

O documento ISO 15686-5:2008 sublinha a importância de o cliente - pessoa ou organização que requer a construção, alteração ou ampliação de um edifício, começar por definir num programa, ou *briefing*, o(s) objetivo(s) e o uso a dar à avaliação. O período da análise deve, igualmente, ser determinado pelo cliente (ISO, 2008). No presente contexto, o objetivo é a comparação económica de 2 opções construtivas durante os respetivos ciclos de vida.

A análise *L.C.C.* é sistemática: os requisitos do cliente podem, e devem, ser revistos e clarificados ao longo do ciclo de vida do investimento. Afinal, em causa podem estar previsões para períodos de tempo de várias décadas, em que as bases de cálculo dos custos podem variar, como a taxa de inflação e os custos da energia. Poderão, portanto, produzir-se vários relatórios em diferentes etapas.

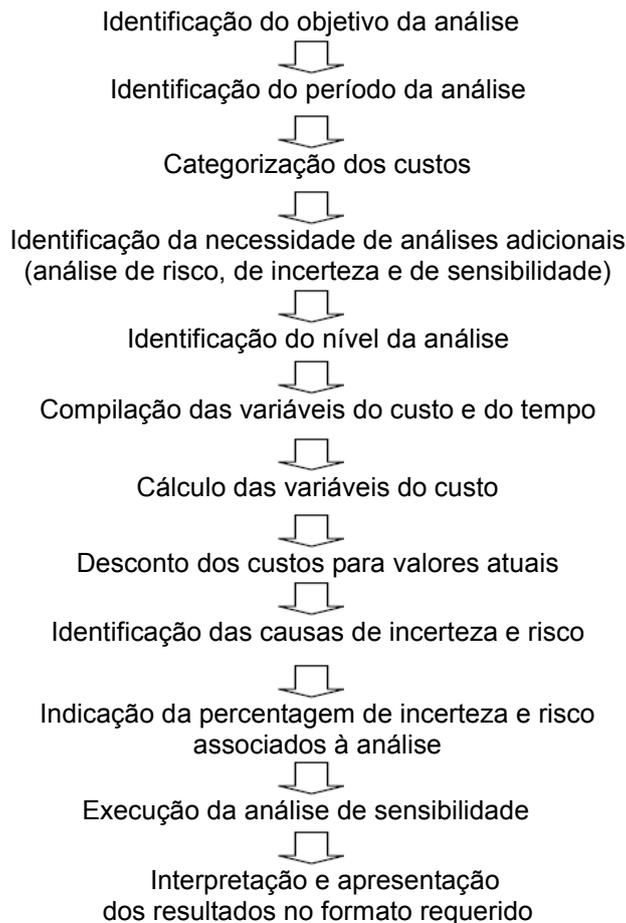


Figura 2.5. Procedimento L.C.C., de acordo com a ISO 15686-5:2008 (ajustado de Langdon, 2007 e de Dziadosz, 2013)

Dependendo da fase do processo de projeto em causa, os cálculos do custo podem ser executados a um nível de estimativa, recorrendo-se a médias industriais ou a indicações estatísticas (por vezes também designadas como “estimativas paramétricas”) para a construção específica. Podem efetuar-se, ainda, cálculos a um nível mais detalhado, baseados em orçamentos específicos ou em previsões de desempenho de componentes e em planos de manutenção.

O método L.C.C. pode ser aplicado na fase de lançamento de diversos cenários de um investimento em construção, ou numa fase de projeto, considerando construção e utilização, caso da presente dissertação focada na seleção de sistemas construtivos para a mesma arquitetura. Pode, mesmo, aplicar-se para optar entre projetos diferentes para a mesma obra, ou ainda entre componentes alternativas com desempenho aceitável. O método é, também, utilizado na produção de relatórios de acompanhamento de investimentos (*benchmarking*), nos quais é essencial, como referido, a verificação de decisões anteriores. Emprega-se, ainda, o L.C.C. na avaliação de bens imobiliários, na perspetiva do custo de posse – valorização, ou desvalorização daqueles, a partir da identificação das operações economicamente mais eficientes e das estratégias de manutenção (ISO, 2008).

A metodologia L.C.C. é utilizada em áreas diversas, entre as quais Projeto de Engenharia (no qual se considera a minimização dos custos de capital como único critério), Engenharia da Manutenção (com

o objetivo de minimização do tempo de reparação), Produção, Engenharia da Fiabilidade (procurando-se evitar falhas), Contabilidade (centrada na maximização do valor atual líquido do projeto) e Corretagem.

Nas fases mais prévias do empreendimento, quando se procura decidir a nível estratégico, esta avaliação, combinada com outras técnicas (Gestão do Risco, Gestão do Valor, Custos Operacionais e Modelos de Desempenho), podem influenciar decisivamente opções de projeto, seleção de componentes ou meios de aquisição contratual de materiais e mão-de-obra (Dziadosz, 2013).

II. Categorização dos custos

Segundo a norma ISO 15686-5:2008, segue-se a enumeração das fases-chave do ciclo de vida do bem, ou dos vários bens a avaliar, bem como a justificação da exclusão de determinadas etapas (ISO, 2008). Foi utilizada a estrutura proposta por outra norma, a EN 15643-5:2012 (CEN), mais recente, para a categorização dos custos a apurar ao longo do ciclo de vida dos sistemas construtivos S.C. 2 e S.C. 3, estrutura essa centrada na utilização dos edifícios. No capítulo 4 desta dissertação desenvolve-se a contabilização dos custos de construção, de manutenção, de utilização operacional da energia e da água, de desconstrução, de transporte e de descarte dos edifícios em comparação, constituídos por diferentes materiais, com diferentes fluxos de despesas.

III. Variáveis do custo

O tipo de taxa de desconto, real, nominal ou outro, aplicada aos custos (e aos ganhos), deve ser distinguido claramente na análise L.C.C.. Tipicamente, devem empregar-se taxas reais para garantir precisão independentemente do momento no tempo em que ocorrem os custos. O emprego de custos reais possibilita o uso de informação corrente. Escolhe-se, geralmente, uma data base recente ou próxima por serem conhecidos os custos no presente e a conjuntura económica em que se vive. Fica excluído o impacto de uma inflação futura, dada a incerteza desses valores. Taxas nominais, fatores empregues para relacionar quantias atuais e futuras considerando taxas de inflação/deflação, podem ser utilizadas por acordo, se tal for requerido pelo cliente ou a situação o justificar.

Ocasionalmente, podem utilizar-se taxas escalonadas, configurando uma análise de sensibilidade na qual se antecipem patamares, nos quais, numa opção específica, a taxa normal de inflação não seja aplicável.

Pode ser necessário considerar outras variáveis do custo, como por exemplo câmbios de moeda.

IV. Variáveis do tempo: Planeamento da vida útil

A vida estimada dos bens é um requisito-chave que deve ser logo definido no programa. O tempo da vida útil deve ser, no mínimo, o da vida de projeto.

A série normativa ISO 15686 refere manutenção, reparação e substituição como necessárias de modo a que determinadas partes da obra atinjam a vida útil estimada. Devem incluir-se na análise

L.C.C. níveis de funcionamento e das atividades de manutenção pois são determinantes para reduzir ou prolongar a vida útil.

O planeamento da vida útil deve ser baseado em informação documentada sobre fiabilidade e durabilidade, bem como em planos de manutenção e na periodicidade de grandes reparações e substituições. Em especial, deve efetuar-se nova análise *L.C.C.* se estiver prevista uma extensa reabilitação ou remodelação durante a utilização do bem (ISO, 2008). A não atuação deve ser hipótese, especialmente no caso de reabilitação.

Os planos de manutenção de ambos os sistemas construtivos em análise, variáveis, essencialmente, nos materiais das envolventes e, portanto, nas vidas úteis das respetivas componentes, basearam-se em publicações técnicas contendo informação sobre procedimentos e custos atualizados de funcionamento, manutenção, reparação e substituição ao longo do ciclo de vida, bem como do fim de vida, ou descarte, de construções. Os pares de tempos e custos foram convertidos em estimativas de *L.C.C.* ao longo do período da análise, através de uma folha de cálculo de um programa informático. Consultem-se, no ponto 3.4 da presente dissertação, as variáveis do custo e do tempo definidas para a avaliação, bem como os respetivos critérios de definição. Incluiu-se nos Anexos A, D, E e F o balanço económico previsto para a manutenção e fim de vida do S.C. 3 e do S.C. 2, respetivamente.

V. Desconto dos custos para valores atualizados

Para se compararem variáveis pela análise *L.C.C.*, a norma ISO 15686-5:2008 refere ser necessário determinar o Valor Atual Líquido (V.A.L.) das categorias de custo, através da técnica do desconto.

O conceito de “valor do dinheiro no tempo” sugere que, em termos de investimento, o valor do dinheiro depende da data precisa em que aquele é recebido ou pago. Procedem-se à atualização de quantias futuras para quantias no presente de modo a refletir a redução do valor das primeiras no ano da transação face ao ano inicial (ISO, 2008).

A fórmula de equivalência do dinheiro no tempo é a do V.A.L., ou *Net Present Value (N.P.V.)* da análise *L.C.C.*, a soma dos futuros custos descontados, como apresentado na equação (2.1):

$$VALCC = \sum_{n=1}^p x \frac{C_n}{(1+d)^n} \quad (2.1)$$

em que:

VALCC = Valor Atual Líquido do *L.C.C.*;

n = Número de anos entre a data base e a ocorrência do custo;

p = Período de análise;

C_n = Custo no ano n;

d = Taxa de desconto anual, cujo cálculo se apresenta na equação (3.1).

A norma ISO ressalva que, quando só se considerarem custos, o V.A.L. pode ser designado como Custo Atual Líquido (C.A.L.), ou *Net Present Cost (N.P.C.)*. Uma corrente de custos futuros é

convertida em custo atual líquido no capítulo 4.

Para esta dissertação aplicada, em que só ocorrerão despesas, o C.A.L.C.C. é o parâmetro para decidir se as opções se justificam com base em aspetos económicos. Mas outro parâmetro será também utilizado: o Valor Anual Equivalente (V.A.E.), ou *Annual Equivalent Value (A.E.V.)* do L.C.C., uma quantia regular anual, equivalente aos custos líquidos em projeto, considerando o valor do dinheiro no tempo ao longo do período da análise. Selecionando-se a opção cujo custo anual equivalente seja o menor, seleciona-se, definitivamente, a de menor custo (ISO, 2008).

O cálculo do V.A.E.L.C.C. é formulado na equação (2.2):

$$VAELCC = \sum_{n=0}^p x \frac{C_n}{(1+d)^n} \times \frac{d(1+d)^n}{(1+d)^n - 1} \quad (2.2)$$

em que:

VAELCC = Valor Anual Equivalente do L.C.C.;

n = Número de anos entre a data base e a ocorrência do custo;

p = Período de análise;

C_n = Custo no ano n;

d = Taxa de desconto anual, cujo cálculo se apresenta na equação (3.1). As anuidades do ciclo de vida do S.C. 2 e do S.C. 3 são apresentadas no subcapítulo 4.1.

VI. Identificação das causas de incerteza e risco

Uma análise de L.C.C. requer hipóteses sobre o comportamento futuro, por isso, segundo a norma ISO, a avaliação deve incluir a consideração de incerteza e risco.

A distinção entre incerteza e risco é que “risco” se utiliza quando probabilidades podem ser estimadas e “incerteza” se utiliza quando não podem.

O nível de incerteza e risco associado à análise L.C.C. depende de questões como o tipo de dados disponíveis e a extensão do período, da atribuição de preços e dos métodos de cálculo.

A normativa adianta, para indicar-se a percentagem de incerteza e risco associados à análise L.C.C., duas técnicas: o método Monte Carlo e a análise de sensibilidade.

No contexto em que possíveis custos calculados sejam extensos, pode ser conveniente modelar a incerteza relacionando-a com variáveis do custo ou do tempo utilizando-se técnicas estatísticas, como o método Monte Carlo. Recorrendo geralmente a aplicações informáticas, esta análise identifica uma distribuição de possíveis custos e uma extensão de números mais ou menos prováveis para utilizar nos cálculos. Por exemplo, uma estimativa de custos com 10%, 50% e 90% de nível de confiança. Por tal é o método Monte Carlo também designado de modulação da confiança (ISO, 2008).

Em virtude da indisponibilidade de tempo e de aplicações informáticas, optou-se por trabalhar a incerteza associada à presente análise L.C.C. procedendo-se a uma análise de sensibilidade, ou modulação dos efeitos de alteração de hipóteses-chave.

Podem empreender-se análises de sensibilidade para examinar como variações ao longo de uma extensão (plausível) de incertezas podem afetar os méritos relativos da consideração e comparação de opções. É normal utilizar-se uma amplitude de taxas para testar a validade das conclusões se se alterarem as condições iniciais (ISO, 2008).

A análise de sensibilidade dos resultados do presente caso está no subcapítulo 4.2.

VII. Apresentação dos resultados

A normativa utilizada indica que o relatório de comunicação da análise *L.C.C.* deve incluir claramente o(s) objetivo(s), a extensão, o formato, nível e período da análise, a informação-base, bem como o nível de confiança dos dados obtidos.

O documento normativo aconselha mesmo que exclusões e assunções feitas durante o processo sejam claramente mencionadas e descritas, bem como restrições e constrangimentos encontrados e riscos identificados.

Se aplicável ao caso avaliado conforme o nível da análise, ou se fizer parte dos requisitos do cliente, um Plano de Manutenção deve ser um elemento constante do relatório. Foram incluídos planos de manutenção para a fase de utilização dos edifícios em comparação, aliás a base de cálculo dos custos da categoria correspondente.

Embora não a refira como essencial, a norma ISO valoriza, também, uma representação gráfica dos resultados do *L.C.C.* para rápida apreensão dos mesmos (ISO, 2008). São apresentados gráficos dos resultados da dissertação no subcapítulo 4.1.

Devem analisar-se em pormenor os resultados numa discussão dos mesmos, a consultar, neste trabalho, no subcapítulo 4.8. Termina-se, como esta e qualquer tese, por divulgar as conclusões face aos objetivos traçados para a avaliação, recomendando ainda hipóteses de trabalho futuro, no capítulo 5.

2.6. Casos práticos similares recentes

O documento de um projeto que inclui alguns casos, resume a Metodologia *L.C.C.* que, em 2007, constituiu base para um procedimento comum europeu. Esse guia apoia-se num conjunto de exemplos recentes da utilização do *L.C.C.* em projetos europeus. Os casos de estudo abrangem diferentes abordagens do método em diversas definições de projeto, exemplificando situações específicas de adoção do procedimento.

A aplicação da metodologia ao projeto de dois edifícios, a construção de um laboratório e a alteração para escritório, no Reino Unido, é o único exemplo de empreendimento do setor privado. Trata-se de uma parceria público-privada, entre o governo e uma empresa de manutenção, para as instalações, durante 15 anos. A empresa, por sua vez, escolheu a equipa de projeto e o construtor. Construído

entre 2006 e 2008, contando a área bruta de 20390 m², o edificado foi objeto da aplicação do *L.C.C.* apenas na etapa de Utilização.

Em 2006, a Comissão Europeia nomeou a *chartered surveyor* britânica Davis Langdon Management Consulting para o desenvolvimento de uma metodologia comum europeia para *Life Cycle Costing* aplicada à construção. As origens do projeto são o Comunicado da Comissão “A Competitividade da Indústria da Construção”, mais especificamente as recomendações do Grupo de Trabalho (*Task Group – T.G. 4*) para a preparação de um documento sobre como integrar o *L.C.C.* na política europeia. Esse estudo do *T.G. 4* aconselhou o desenvolvimento do procedimento *L.C.C.* ao nível europeu integrando o desempenho global da sustentabilidade dos edifícios. Já então a Comissão Europeia reconheceu, entre outros, os objetivos de gerar informação comparável sem criar barreiras nacionais, bem como aplicar recentes padrões internacionais. Trata-se dos fundamentos da norma EN 15643-4:2012 (CEN), que já se referiu basearem-se na norma ISO 15686-5: o documento de Davis Langdon (2007) admite que as definições e a terminologia são as adotadas pela norma internacional.

Apesar de Davis Langdon (2007) se deter principalmente no uso do *L.C.C.* nas contratações de obras públicas e os casos de estudo constituírem maioritariamente grandes empreendimentos, com área bruta de construção mínima de 4846 m², com usos de serviços, escola, hospital, museu e troço de auto-estrada, projetados, construídos e em funcionamento desde meados da década passada, Davis Langdon (2007) admite que os princípios e elementos-chave do método *L.C.C.* são aplicáveis, igualmente, ao setor privado. Basta ajustar a metodologia às circunstâncias específicas do projeto.

O procedimento é aplicável em ampla variedade de circunstâncias na construção. Por exemplo, no projeto para investir num bem construído, ou apenas numa parte ou numa componente de um edifício existente e mesmo num conjunto de ativos para valorizar, que também geram custos (Davis Langdon (2007)). Em projetos de pequena escala, como é o do presente caso de estudo, a definição dos objetivos e dos parâmetros da análise foi simples e rápida. Similarmente, a análise do risco e de sensibilidade foi integrada no exercício da aferição económica, com base num pequeno número de parâmetros. Independentemente da escala ou do foco do exercício, o princípio deve ser sempre o de considerar todas as etapas do ciclo de vida identificadas na metodologia, embora a um nível de detalhe adequado ao caso prático.

O *L.C.C.* é utilizável em paralelo com outros critérios num processo de aferição mais amplo, ou o procedimento pode fornecer dados (Davis Langdon, 2007) ao critério que constitua o objetivo principal da análise; este método deve, por outro lado, ser o principal critério na tomada de decisões com base no custo. São variadas as abordagens, desde o uso do *L.C.C.* como um dos critérios na aferição de uma única solução de investimento, podendo outros critérios incluir funcionalidade, rapidez de construção, retorno futuro do investimento, desempenho ambiental, por exemplo; até ao uso do *L.C.C.* como um dos critérios na aferição de várias opções de investimento (quer de construção nova, quer de componentes, materiais ou sistemas) na edificação. A abordagem depende do(s) objeto(s) e do(s) objetivo(s) a estudar.

Davis Langdon (2007) exemplifica para enumerar três aplicações correntes do *L.C.C.* na indústria da construção, distinguíveis a partir da identificação do nível da análise, fato também já referido no capítulo 2.5. Nomeadamente e para a implementação efetiva da Metodologia, pode efetuar-se uma análise preliminar para decisões estratégicas de investimento, uma análise detalhada de todo um bem construído, ou uma análise detalhada de um sistema ou componente.

Na Finlândia situa-se outro dos casos práticos que ilustram o documento Davis Langdon (2007). Em 2003, com dados do projeto de um edifício de serviços (*Digi-house – Digitalo*, anexo a Davis Langdon, 2007) o governo pretendeu comparar duas opções, uma a construir de acordo com a tradição local, e a outra uma variação da primeira, em que procurou otimizar-se tanto o desempenho ambiental como o custo do ciclo de vida. A análise *L.C.C.* abrangeu todo o edifício e as etapas da pré-construção, do projeto, da construção, até à utilização. O planeamento da manutenção foi ao nível de detalhe da substituição das componentes. Assumiu-se um período de 30 anos de vida útil para o edifício, mas a análise *L.C.C.* abrangeu apenas 15 anos desse tempo. Os parâmetros da avaliação económica foram o Valor Atual Líquido (ou *N.P.V.*), tal como o da presente dissertação que, no entanto, só espera custos e, além desse, ainda o Período de Retorno (*Payback Period*) do investimento. Os cálculos do *cash flow* e das estimativas de lucro, serviram para o processamento dos dados preliminares, apresentado em tabelas e num gráfico da curva dos custos acumulados.

Já em França, a partir de 1995, o principal objetivo do cliente (um ministério do governo) deste outro caso, fora orçamentar uma única solução a construir, uma escola (*Maximilien Perret College*, anexo a Davis Langdon, 2007), com a pretensão de modelo no panorama educativo nacional. O *L.C.C.* serviu para a análise económica, uma das dimensões estudadas para encontrar a solução de projeto, especificamente para o processo de contratações para a execução da obra. A fronteira do sistema incluiu todo o edifício, nas fases do projeto, da construção, da utilização e do fim de vida. O período de referência assumido para o edifício foi 60 anos de vida útil mínima. Para calcular o orçamento da obra, o cálculo do *L.C.C.* abrangeu 10 anos, o tempo de 2 anos para a empreitada, somado a 8 anos de manutenção. Chegou-se ao nível de detalhe do projeto de execução. O único parâmetro requerido para a análise económica foi o Valor Atual Líquido (*N.P.V.*). Este *L.C.C.* foi calculado e apresentado ao ano, para o acompanhamento futuro da contabilização.

No caso da Noruega, em 2006, o desígnio principal do governo foi também orçamentar uma única solução para construir uma ala da ampliação de um hospital (*DPS Porsgrunn*, anexo a Davis Langdon, 2007), cujo projeto se encontrava desenvolvido ao nível do licenciamento. O hospital teria a exploração arrendada. A envolvente do edifício e o respetivo funcionamento, foram resolvidos pelo planeamento da manutenção e pela previsão dos custos operacionais, determinados pela escolha do sistema mecanizado de climatização. A análise abarcou todas as etapas do ciclo de vida de toda a nova ala hospitalar. Foram comparadas duas situações de aceitação do investimento, durante vidas úteis de 40 e de 60 anos. O único parâmetro requerido para aquela análise *L.C.C.* foi o V.A.L. (*N.P.V.*). Da comunicação dos resultados ressaltam previsões gráficas dos custos de capital e dos custos de substituição relativos à manutenção, respetivamente.

O exemplo final retirado da Metodologia (Davis Langdon, 2007) situa-se na Suécia, foi construído a partir de 2004 e é o da análise *L.C.C.* aplicada apenas aos sistemas de acondicionamento energético e do ar interior do *Museum of World Culture* (anexo a Davis Langdon, 2007), cujo projeto foi submetido a concurso, para tornar o edifício num marco local. A seleção de opções com base no desempenho ambiental foi o objetivo daquela análise do custo, aplicada às instalações de aquecimento, de ventilação e ao isolamento, propostos para o edifício, e que implicava a proteção das peças expostas. Assim, o período da análise *L.C.C.* foi o da durabilidade atribuída àqueles elementos do edifício, entre 5 a 30 anos. Só não se incluíram custos da fase de Descarte. Toda a contabilização se baseou no cálculo do V.A.L. (*N.P.V.*). O relatório continha a informação ajustada ao procedimento da norma ISO 15686-5 (ISO, 2008), aqui explicado no capítulo 2.5.

Na presente dissertação, o *L.C.C.* foi o único critério na aferição de duas opções de investimento para construção nova de um ativo, um edifício, com estruturas de suporte variáveis. O contexto de aplicação foi a análise detalhada de toda a habitação unifamiliar a construir, dada a sua pequena escala (60 m² de área bruta de construção). Esta utilização “clássica” do *L.C.C.* (Davis Langdon, 2007) foi parte do processo de projeto para decidir sobre o investimento: a orçamentação. O nível de detalhe da análise é bastante pormenorizado. O período da análise, 50 anos, foi ajustado à duração no interesse do utilizador e o método confirma que costuma ser superior a 25 anos. Além disto e em comum com o processo geral de projeto, o procedimento é, frequente e naturalmente, repetido.

No portal *web Science Direct*, durante 2013, a pesquisa pelo termo “LCC”, com antiguidade até 2008 devido à preferência por investigações recentes, a maioria dos documentos encontrados tinham como objeto de estudo edifícios existentes, não em projeto, o que torna o procedimento diferente (há partes da normativa ISO 15686, sobre planeamento da vida útil, dedicadas a componentes dos edifícios existentes –respetivamente as partes 2 e 3 da norma; e há a 15686-5:2008 (ISO), para clientes e projetistas de obras novas). O *Science Direct* continha, então, alguns casos em que a comparação entre edifícios se centrava na energia (o maior número deles) ou no *Life Cycle Assessment (L.C.A.)*, em português Avaliação de Impacte Ambiental (A.I.A.). O *L.C.C.* foi empregue como um subcapítulo desses estudos, pois é universal a comunicação dos resultados de uma análise de entradas e saídas em moeda do que apenas em unidades de energia ou de impactes ambientais.

Sobre investigações que elejam o *L.C.C.* de edifícios em projeto como tema e crivo de comparação, em 2012, Silvestre empregou as mesmas duas normas aqui explicadas, a internacional ISO 15686-5:2008 e a europeia EN 15643-4:2012 (CEN), para o cálculo do *W.L.C.* de 60 soluções de 1m² para paredes exteriores. Designou essa metodologia por 3E-C2C, aplicando-a ao projeto de um edifício com revestimentos aderentes e com vários pisos. Silvestre (2012) analisou a sustentabilidade ambiental, económica e energética (substituindo a dimensão social) das opções, desde a origem da matéria-prima, ao transporte para o local da obra, à instalação, à manutenção e transporte até ao descarte em fim de vida dos produtos e apresentou resultados da comparação em agregação e isoladamente.

O *L.C.A.* do carbono e as necessidades de acondicionamento ambiente para cada alternativa foram

convertidos em custos monetários, à data da publicação da referida norma europeia sobre avaliação da sustentabilidade dos edifícios.

Apuraram-se os custos de construção, de transporte e de deposição através da prospeção de preços do mercado, junto de fabricantes, fornecedores e operadores, bem como consultando-se preços tabelados.

Foram definidos trabalhos de manutenção e respetiva periodicidade. O critério de assunção da vida útil de cada solução de revestimento foi determinístico, baseado na pesquisa de dados acumulados no tempo, em tabelas, considerados satisfatórios tendo em conta a intenção de utilização. No âmbito da Previsão da Vida Útil (P.V.U., ou *Service Life Prediction – S.L.P.*), Silvestre (2012) expôs uma listagem comparativa da estimativa das vidas úteis dos revestimentos segundo 3 métodos estatísticos: o estocástico, a análise regressiva linear múltipla -uma extensão da análise regressiva linear simples, bem como redes artificiais.

Na ausência de um método europeu normalizado de cálculo complementar à estrutura proposta pela EN 15643-4:2012 (CEN), a determinação dos custos do ciclo de vida seguiu o procedimento da norma ISO 15686-5:2008: foi calculado o *Net Present Value (N.P.V.)*, ou Valor Atual Líquido de todas as despesas e benefícios desde a origem da matéria-prima à deposição dos resíduos, incluindo o potencial de reutilização e de reciclagem, assumindo-se preços constantes, sem I.V.A. e empregando como variável do custo uma taxa de atualização real sem risco de 3%.

Os impactes económicos (€/m²) por superfície, foram analisados por grupos de paredes e apresentados segundo cada dimensão da sustentabilidade, bem como pelo V.A.L. total.

Os resultados foram verificados expeditamente, efetuando Silvestre uma análise de sensibilidade, na qual fez variar os locais da construção, obtendo perfis diversos de comportamento térmico, energético e económico.

Na conferência internacional focada em custos e sustentabilidade, ou “Construção sustentável acessível a todos” (tema da Portugal SB10 em Vilamoura, no ano de 2010), além da minimização do investimento inicial na construção, as investigações de Real e Pinheiro (2010) defendem uma visão alargada do ciclo de vida dos edifícios para apurar decisões de investimento. Na sua pesquisa, contabilizaram os *L.C.C.* de componentes da construção num caso prático em projeto.

Esse estudo comparou os custos ao longo da duração admitida para o edifício, variando as alternativas tecnológicas como os materiais de isolamento e de revestimento, a área envidraçada e a tipologia da fração, e variando classificações desde E a A+ numa escala energética de um sistema de classificação da sustentabilidade nacional voluntário, que desenvolveu o *layout* de projeto: um edifício habitacional de 6 pisos com ocupação comercial térrea. Apresentando resultados preliminares dos *L.C.C.* das diversas opções, foram expostas as limitações e o potencial da abordagem de prever despesas de dinheiro a uma escala contada em décadas, a unidade de duração de uma construção. As investigações de Real e Pinheiro (2010) terminam apontando perspetivas futuras para a aplicação da metodologia *L.C.C.* segundo ciclos sistemáticos de revisão, alertando, ainda, para a importância

de perceber-se o processo de passagem do tempo pelas componentes da construção, para a previsão, também com avanço de décadas, da verificação dos custos e da monitorização do estado das superfícies e do funcionamento das instalações dos edifícios.

Finalmente, em 2014/15, fez-se uma atualização, a nível mundial, do *L.C.C.* no segmento residencial, cruzado com o *L.C.A.* O estudo académico australiano, com financiamento privado, de Islam *et al* (2015), discute as questões contemporâneas do tema e do uso, relaciona-as com a fronteira do sistema e as assunções necessariamente a estabelecer e relata os respetivos efeitos nos impactes económicos e ambientais, de cada caso. E, se o que há a reter é um leque muito amplo de variação de resultados de numerosos estudos, consequência de muitas hipóteses de projetos de casas, Islam *et al* (2015) testam um exemplo, a avaliação dos custos e dos impactes ambientais de um único edifício de habitação, construído em 2006, de tipologia T3 e com dois pisos. Finalmente, relatam as implicações e perspetivas dos estudos para o projeto de edifícios.

Relembrando Davis Langdon (2007), que na Metodologia aconselhou como integrar *L.C.A.* e *L.C.C.* para a avaliação da sustentabilidade dos edifícios, as duas disciplinas diferem na base das decisões a partir dos resultados, não produzindo, necessariamente, saída comum. No caso do *L.C.C.*, o principal na tomada de decisões é o custo, enquanto que o *L.C.A.* depende das prioridades de quem decide. Mas ambos os processos utilizam dados semelhantes ao considerar quantidades de materiais e de energia. Islam *et al* (2015) também se basearam num orçamento a partir de um mapa de quantidades (*bill of quantity*), como o planeamento assumido do custo do ciclo de vida do presente caso prático. E tanto o *L.C.C.* como o *L.C.A.* se centram em avaliar impactes de decisões a longo prazo, o mesmo desígnio desta investigação.

2.7. Perspetiva

Legislação europeia recente adota o método de cálculo *L.C.C.* para a contabilização de empreitadas. Transitando dos casos práticos à governança, esta iniciativa de “contar custos” vem juntar-se às muitas contabilizações aplicadas à construção, que avolumam uma tendência presente de contagem de dinheiro, originada pelos fluxos recentes de balanços ambientais de *Life Cycle Assessments* (*L.C.A.*), e de balanços energéticos, com reflexo no bolso do consumidor. Tendência pertinente dado o foco global nos custos da energia e das matérias-primas, na atualidade.

No seguimento de tal evolução, com a aproximação da normativa europeia de avaliação da sustentabilidade dos bens construídos ao padrão ISO de planeamento da vida útil, de que se aproveitou a complementaridade nesta dissertação aplicada, chegam também sinais claros da implementação de políticas para a sustentabilidade pelos governos. Nomeadamente, por via de regulamentação na área da gestão de obras, bens e serviços, a transpor para o ordenamento jurídico interno de cada estado-membro da União Europeia.

Assim, o Parlamento Europeu aprovou, no início de 2014, a redação da nova diretiva *Procurement*,

diploma 2014/24/EU do Parlamento Europeu e do Conselho. A Diretiva 2004/18/CE, cuja transposição para a ordem jurídica portuguesa resultou no Código dos Contratos Públicos, é revogada com efeitos a partir de Abril de 2016, dada a aprovação das diretivas 2014/24/EU e 2014/25/EU, relativas a contratos públicos de empreitadas e à encomenda pública de serviços de infraestruturas e de logística, respetivamente.

A nova diretiva *Procurement* concretiza a revisão da legislação europeia sobre os contratos públicos de obras, bens e serviços e as concessões, atualizando as regras de encomenda pública e, pela primeira vez, estabelece padrões comuns na contratação para estimular uma competição justa e garantir a melhor relação qualidade/preço. Dos procedimentos da nova diretiva, a grande novidade é a introdução da metodologia *Life Cycle Costing*, que deverá abarcar todas as partes relevantes do ciclo de vida do produto, serviço ou empreitada a contratar: os custos com a aquisição, os custos com a utilização, os custos de manutenção, os custos de fim de vida do bem e os custos com externalidades ambientais. Inegáveis coincidências, temporal e terminológica, com a recente entrada em vigor da norma EN 15643-4:2012.

As autoridades públicas nem sempre conseguem utilizar da melhor forma o dinheiro de modo a que os cidadãos da União Europeia possam beneficiar de serviços de qualidade ao melhor preço. Na atualidade, a maioria dos construtores só se importa com os custos do investimento inicial (custos com o terreno, o projeto e a obra), minimizando-os. O novo critério da “proposta economicamente mais vantajosa” (*Most Economically Advantageous Tender – M.E.A.T.*) permite que as entidades adjudicantes possam colocar a tónica na qualidade, mas também nos aspetos ambientais, sociais ou na inovação, do mesmo modo que consideram o preço e o custo do ciclo de vida dos bens ou serviços procurados. Pretende pôr-se fim à ditadura do preço mais baixo, bem como colocar de novo a qualidade no centro dos fornecimentos ao setor da construção, a nível comunitário. Outros objetivos são favorecer a eficiência da despesa pública, facilitar a igualdade de acesso e a participação equitativa das Pequenas e Médias Empresas (P.M.E.) na adjudicação dos contratos de concessão, tanto a nível local como da União Europeia, para a realização da sustentabilidade em matéria de políticas públicas.

2.8. Conclusões do capítulo

Situou-se, neste capítulo, o método de análise adotado para a presente comparação de dois edifícios. A recente norma EN 15643-4:2012 (CEN), que contém uma estrutura de contabilização dos custos do ciclo de vida dos edifícios, é indissociável do planeamento da vida útil das construções e recorre ao método de cálculo *Life Cycle Costing (L.C.C.)* padronizado na norma ISO 15686-5:2008. Após enquadramento no tempo e na atualidade, relacionou-se, ainda, o cálculo *L.C.C.* com a análise *W.L.C.*, uma abordagem holística (Boussabaine *et al*, 2006) que integra o primeiro. Resumiram-se, ainda, estudos recentes da aplicação da análise *L.C.C.* aos edifícios, com diversos objetivos e a

diferentes níveis. Por último, atualizou-se a legislação atual, nacional e europeia, para contratações no setor da construção.

3. Caso de estudo: aplicação da análise L.C.C.

O presente capítulo inicia-se com a caracterização arquitetónica e construtiva das duas alternativas do caso de estudo. Segue-se uma introdução à análise económica de uma obra de construção através de conceitos básicos de matemática financeira, para explicar os critérios de adoção das variáveis do custo e do tempo para o atual estudo comparativo.

É ainda neste capítulo que os dados do custo recolhidos para o caso prático são categorizados segundo a estrutura de módulos de informação proposta pela norma EN 15643-4:2012 (CEN), relatados o seu critério e origens, bem como resumidos esses dados em tabelas comparativas do desempenho económico das duas opções.

3.1. Descrição da obra

Para testar a sustentabilidade económica enquadrada pela normativa recente revista no capítulo anterior, pretendem comparar-se alternativas de baixo custo de construção de habitação, variando-se a tecnologia proposta por empresas locais. Um dono de obra pretende seleccionar, de vários sistemas construtivos, aquele cuja construção lhe será mais conveniente pagar para habitar com requisitos mínimos de conforto humano por tempo adequado.

Como mostra a Figura 3.1, a obra é a construção de uma habitação de tipologia T1, com um piso acima do solo, composta por sala com cozinha, corredor, quarto, instalação sanitária e dois alpendres cobertos. A área de construção é de 60,40 m².

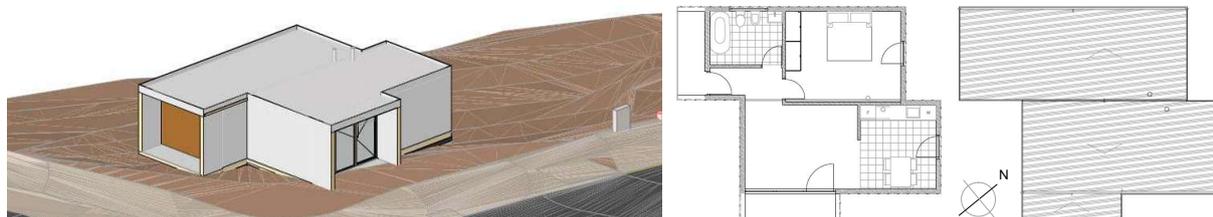


Figura 3.1. Perspetiva exterior (à esquerda) e plantas do piso (ao centro) e da cobertura (à direita) da arquitetura

O edifício será construído num lote com uma área total de 340,50 m², no centro urbano de uma freguesia localizada no território continental português, distante 20 Km do mar. O terreno tem um declive com orientação Sul-Norte com 2,5 m de altura média e tem, também, acesso pedonal pelo arruamento principal da urbanização e vistas sobre um vale, a Noroeste. O solo da parcela é considerado consistente por estar situado numa região geológica calcária. O lote é servido por infra-estruturas públicas prediais de abastecimento de água, de drenagem de esgotos domésticos e pluviais, bem como por redes privadas prediais de electricidade e de telecomunicações.

3.2. Sistemas construtivos em comparação

Durante o seminário de investigação foram apuradas duas propostas, o Sistema Construtivo 2 (S.C. 2) e o Sistema Construtivo 3 (S.C. 3), que cumprem todas as exigências de desempenho aplicáveis e

verificadas em 12 especialidades de projeto, constituintes do processo de obtenção de licença de construção. As envolventes do S.C. 2 e do S.C. 3 estão tipificadas na Tabela 3.1, que inclui parâmetros do respetivo comportamento térmico.

Tabela 3.1. Constituição da envolvente dos 2 sistemas construtivos

Elementos da envolvente	S.C. 2	S.C. 3
Cobertura (plana)		
Parede exterior tipo		
Pavimento		
	<p>1. Teto falso interior de gesso cartonado suspenso, barrado e pintado $e=0,012\text{m}$ $\lambda=0,25\text{W/m}^\circ\text{C}$; 2. Espaço de ar; 3. Viga de pinho $70\times140\text{mm}$ $\lambda=0,29\text{W/m}^\circ\text{C}$; 4. Isolamento de lã mineral $e=0,11\text{m}$ $\lambda=0,042\text{W/m}^\circ\text{C}$; 5. Pannel <i>oriented strand board</i> (O.S.B.) $e=0,02\text{m}$ $\lambda=0,13\text{W/m}^\circ\text{C}$; 6. Tela de polietileno de alta densidade (PE.A.D.) microperfurada $e=1,5\mu\text{mm}$ $\lambda=0,50\text{W/m}^\circ\text{C}$; 7. Revestimento exterior de pannel <i>sandwich</i> de aço lacado e poliestireno expandido moldado (E.P.S.) $e=0,04\text{m}$ $\lambda=0,037\text{W/m}^\circ\text{C}$; 8. Revestimento interior de estuque pintado $e=0,01\text{m}$ $\lambda=0,18\text{W/m}^\circ\text{C}$; 9. Laje maciça de betão armado $e=0,15\text{m}$ $\lambda=2,50\text{W/m}^\circ\text{C}$; 10. Tela betuminosa $\lambda=0,23\text{W/m}^\circ\text{C}$</p>	
	<p>1. Revestimento exterior de reboco monocamada sobre rede de fibra de vidro $e=0,015\text{m}$ $\lambda=1,0\text{W/m}^\circ\text{C}$; 2. Pannel OSB; 3. Tela de PEAD microperfurada; 4. Isolamento de lã mineral; 5. Revestimento interior de gesso cartonado; 6. Revestimento exterior de reboco pintado $e=0,015\text{m}$ $\lambda=1,3\text{W/m}^\circ\text{C}$; 7. Sistema compósito de isolamento térmico pelo exterior (<i>External Thermal Insulation Composite System – E.T.I.C.S.</i> $e=0,08\text{m}$ $\lambda=0,037\text{W/m}^\circ\text{C}$); 8. Alvenaria simples de tijolo furado $e=0,20\text{m}$ $\lambda=0,38\text{W/m}^\circ\text{C}$; 9. Revestimento interior de estuque pintado</p>	
	<p>1. Vazio sanitário não ventilado sobre terreno natural desmatado e compactado; 2. Tela de polietileno (PE); 3. Viga de pinho $80\times160\text{mm}$ $\lambda=0,29\text{W/m}^\circ\text{C}$; 4. Isolamento de lã mineral; 5. Pannel OSB $e=0,022\text{m}$ $\lambda=0,13\text{W/m}^\circ\text{C}$; 6. Pannel fibro-cimentício $e=0,019\text{m}$ $\lambda=0,22\text{W/m}^\circ\text{C}$; 7. Revestimento impermeabilizante de ligante sintético com rede de fibra de vidro $e=0,03\text{m}$ $\lambda=1,0\text{W/m}^\circ\text{C}$; 8. Ladrilho cerâmico $e=7,8\text{mm}$ $\lambda=1,3\text{W/m}^\circ\text{C}$; 9. Laje aligeirada de betão armado $e=0,20\text{m}$ $\lambda=1,176\text{W/m}^\circ\text{C}$; 10. Isolamento de EPS $e=0,03\text{m}$ $\lambda=0,81\text{W/m}^\circ\text{C}$; 11. Betonilha de enchimento $e=0,10\text{m}$ $\lambda=0,30\text{W/m}^\circ\text{C}$</p>	

Os S.C. 2 e S.C. 3 são propostas de baixo custo de duas empresas construtoras locais, situadas, respetivamente, a 45 Km e a 10 Km do local da obra. A principal diferença entre ambos os edifícios é o material de constituição da estrutura, pinho maciço e betão armado, respetivamente. A partir dessa diferença, variam os materiais de revestimento.

O presente estudo põe em comparação, para a mesma arquitetura, a tecnologia de junta seca constituída por camadas de materiais com densidade e espessura reduzidas-painéis de fibras de madeira e de gesso cartonado, preenchidas com lã mineral e revestimentos com produtos pré-doseados, rápidos de instalar em obra e ligações tipicamente aparafusadas ou pregadas; e a construção convencional baseada nas densidades do betão armado e da alvenaria de tijolo, de ligações rígidas e que requer cofragens pesadas e equipamento de transporte de grande capacidade.

Durante o trabalho prévio estudou-se ainda uma primeira opção, o Sistema Construtivo 1 (S.C. 1), com estrutura laminar de painéis pré-fabricados de aço lacado e poliuretano. Apurou-se que apenas o S.C. 2 e o S.C. 3, regulamentares, sejam comparados para que o dono da obra pague para instalar o mais económico.

Como indicado pelas normas adotadas como referência para a avaliação, abordadas no capítulo anterior, estabelecido o objetivo -quantificar os desempenhos económicos dos sistemas construtivos em análise, dois edifícios confinados ao respetivo perímetro, recorrer-se-á ao cálculo baseado na abordagem *cash flow* ao longo do ciclo de vida.

O âmbito da avaliação identifica a extensão, ou o período, comum, da análise, assumida a partir da vida útil de referência tabelada para as estruturas de ambos os edifícios, explicada no subcapítulo 3.4.1.

Existe equivalência funcional entre os edifícios em comparação, por ser idêntico o uso a que se destinam (habitação), cumprindo-se outro requisito prévio para o presente trabalho, tal como estabelece a anteriormente explicada norma europeia EN 15643-4:2012 (CEN).

A fronteira do sistema estabelece o que está incluído na análise, no caso presente os custos das fases do ciclo de vida, nomeadamente os custos de construção, os custos durante a utilização e os custos de fim de vida dos dois edifícios, resumida no subcapítulo 3.4.2.

Os modelos em comparação foram especificados ao nível dos materiais componentes e caracterizados de forma completa nas estruturas apresentadas nas Tabelas 3.2. e 3.3.

Identificado o objetivo da avaliação, especificados os objetos da análise, desenvolvido o cenário para definir o ciclo de vida dos edifícios, a versão final da prénorma FprEN16627:2014 recentemente editada contendo o procedimento de cálculo do desempenho económico refere que os passos seguintes são a quantificação dos objetos e a seleção de dados económicos para o cálculo, relatados no subcapítulo 3.5, seguidos da comunicação e verificação dos resultados em relatório, apresentados no capítulo 4 deste documento.

Tabela 3.2. Descrição do S.C. 2 por diferentes níveis de agregação de informação (ajuste da FprEN 16627:2014)

S.C. 2		16627:2014)		Nível do produto ou das sub-componentes
Partes da construção	Nível dos elementos	Nível das componentes		
Fundação	Lintéis			Betão armado C25/30 (NP 206-1:2007)
	Pilares			
	Blocos de betão			
Estrutura	Montantes			<i>Pinus sylvestris, ait.</i> com densidade 540 Kg/m ³ a 12% de humidade
	Vigas			
	Travessas			
Pavimento	Painéis de fibras sobre reticula de pinho maciço e isolamento térmico			Tela de polietileno
				Mantas de lã mineral
				Painéis O.S.B.
				Painéis fibro-cimentícios
				Camada impermeabilizante de ligante sintético com rede de fibra de vidro
			Ladrilhos cerâmicos	
Paredes exteriores	Reticula de pinho maciço entre painéis com isolamento térmico intermédio			Reboco monocamada sobre rede de fibra de vidro
				Painéis O.S.B.
				Painéis de lã mineral
			Painéis de gesso cartonado	
			Barramento e pintura	
	Vãos exteriores	Portas envidraçadas		Caixilho de alumínio com corte térmico
		Janela		Vidro duplo de controlo solar
				Ferragens do fabricante
				Ensombramento com tela opaca de cor clara
Paredes interiores	Painéis de fibras com isolamento térmico intermédio			Painéis de gesso cartonado
				Painéis de lã mineral
				Barramento e pintura/ Azulejos cerâmicos
	Vãos interiores	Portas opacas		Aros de faia maciça
				Guarnições de faia maciça
				Folhas de M.D.F. de faia
				Ferragens de aço inox
Cobertura	Reticula de pinho maciço entre painéis com isolamento			Painéis sandwich de aço perfilado lacado e E.P.S.
				Painéis O.S.B.
				Painéis de lã mineral
				Painéis de gesso cartonado
				Barramento e pintura
Sistema energético	Sistema de aquecimento	Gerador		Biomassa (lenha)
		Transmissor		Salamandra
				Chapa de aço esmaltado
				Interior de ferro fundido
				Conduta cilíndrica vertical de aço inox
	Sistema de ventilação	Ventilação natural		
Água	Água fria	Distribuição		Tubagens flexíveis
				Válvulas de latão
	Água quente	Gerador		Energia solar
		Transmissor		Painel solar
		Armazenamento		Termossifão de aço inox
				Tubagens flexíveis
				Válvulas de latão
Drenagem	Águas residuais	Recolha		Ralos de aço inox
				Tubagens de P.V.C.
				Caixas sifonadas
				Caixas de visita de alvenaria
	Águas pluviais	Recolha		Caleiras de chapa de aço inox
				Ramais de descarga de P.V.C.
				Capitéis e tubos de queda de alumínio
Sistema elétrico	Iluminação	Gerador		Subestação elétrica local
		Transmissor/Distribuição		Quadro Elétrico (Q.E.) predial
				Cabos de cobre embecidos em tubagens flexíveis
				Interruptores
				Lâmpadas
	Tomadas			Tomadas
Sistema de telecomunicações	Tomadas telefónicas			Subestação local
	Tomadas de fibra ótica	Gerador		Caixa de Entrada de Moradia Unifamiliar (C.E.M.U.)
		Transmissor/Distribuição		Armário de Telecomunicações Individual (A.T.I.) predial
	Tomadas coaxiais			Quadro Elétrico (Q.E.) predial
	Barramento Geral de Terras do Edifício (B.G.T.E.)			Cabos de cobre embecidos em tubagens flexíveis
				Tomadas

Tabela 3.3. Descrição do S.C. 3 por diferentes níveis de agregação de informação (ajuste da FprEN

S.C. 3		16627:2014)		Nível do produto ou das sub-componentes	
Partes da construção	Nível dos elementos	Nível das componentes			
Fundação	Sapatas			Betão armado C16/20 (NP 206-1:2007)	
	Pilares				
	Vigas				
Estrutura	Pilares			Betão armado C16/20 (NP 206-1:2007)	
	Vigas				
	Lajes				
	Alvenaria de tijolo furado				
Pavimento	Revestimento cerâmico sobre isolamento térmico e laje aligeirada			Vigotas de betão pré-esforçado	
				Abobadilhas cerâmicas	
				Camada de betão complementar	
				Isolamento de E.P.S.	
				Betonilha de enchimento	
				Ladrilhos cerâmicos	
Paredes exteriores	Sistema E.T.I.C.S. sobre alvenaria de tijolo furado			Pintura	
				Reboco polimérico sobre rede de fibra de vidro e isolamento de E.P.S.	
				Alvenaria de tijolo furado	
				Crespido, emboço, reboco	
				Estuque e pintura	
	Vãos exteriores	Portas envidraçadas		Caixilho de alumínio com corte térmico	
		Janela		Vidro duplo de controlo solar	
				Ferragens do fabricante	
				Ensombramento com tela opaca de cor clara	
Paredes interiores	Revestimento contínuo sobre alvenaria de tijolo furado			Alvenaria de tijolo furado	
				Crespido, emboço, reboco	
				Estuque e pintura/ Azulejos cerâmicos	
	Vãos interiores	Portas opacas		Aros de faixa maciça	
				Guarnições de faixa maciça	
				Folhas de M.D.F. de faixa	
				Ferragens de aço inox	
Cobertura	Laje maciça armada entre painéis e revestimento contínuo			Painéis sandwich de aço perfilado lacado e E.P.S.	
				Tela betuminosa	
				Betão armado	
				Crespido, emboço, reboco	
				Estuque e pintura	
Sistema energético	Sistema de aquecimento	Gerador		Biomassa (lenha)	
		Transmissor		Salamandra	
					Chapa de aço esmaltado
	Sistema de ventilação	Ventilação natural		Interior de ferro fundido	
				Conduta cilíndrica vertical de aço inox	
Água	Água fria	Distribuição		Tubagens flexíveis	
				Válvulas de latão	
	Água quente	Gerador		Energia solar	
		Transmissor		Painel solar	
		Armazenamento		Termossifão de aço inox	
				Tubagens flexíveis	
				Válvulas de latão	
Drenagem	Águas residuais	Recolha		Ralos de aço inox	
				Tubagens de P.V.C.	
					Caixas sifonadas
					Caixas de visita de alvenaria
	Águas pluviais	Recolha		Caleiras de betonilha	
				Ramais de descarga de P.V.C.	
				Capitéis e tubos de queda de alumínio	
Sistema elétrico	Iluminação	Gerador		Subestação elétrica local	
		Transmissor/Distribuição		Quadro Elétrico (Q.E.) predial	
					Cabos de cobre embecidos em tubagens flexíveis
	Tomadas			Interruptores	
				Lâmpadas	
				Tomadas	
Sistema de telecomunicações	Tomadas telefónicas			Subestação local	
	Tomadas de fibra ótica	Gerador		Caixa de Entrada de Moradia Unifamiliar (C.E.M.U.)	
	Tomadas coaxiais	Transmissor/Distribuição		Armário de Telecomunicações Individual (A.T.I.) predial	
	Barramento Geral de Terras do Edifício (B.G.T.E.)			Quadro Elétrico (Q.E.) predial	
				Cabos de cobre embecidos em tubagens flexíveis	
				Tomadas	

3.3. Análise económica de um projeto de construção

A análise económica de um projeto de construção possibilita a avaliação da fiabilidade da aplicação dos recursos financeiros, quer no âmbito de um investimento, quer no de futuros custos (com a utilização, com manutenção, entre outros), considerando-se equitativamente opções técnicas para a construção. Esta avaliação confere a quem investe uma abordagem mais realista e compreensível ao investimento que está prestes a fazer, bem como aos resultados no que respeita à utilização do edifício (Sesana *et al*, 2013).

Uma análise económica incide sobre aspetos da obra de construção, ou parte dos trabalhos, processos ou serviços relativos ao seu ciclo de vida, que possam induzir a alterações nas condições económicas.

Para enquadramento nos aspetos económicos da construção, resumem-se de seguida noções para distinção entre valor, preço, custo e benefício, bem como matemática financeira básica, relativas aos bens imobiliários. Estes têm, geralmente, custos elevados que se prolongam por muito tempo de exploração, de manutenção e de funcionamento.

3.3.1. Valor, preço, custo e benefício

Valor é uma expressão. Nos conceitos e definições da norma 15643-4:2012 (CEN), alude-se a valor como a expressão do desempenho económico, especificamente valor financeiro: agregação de custos e benefícios económicos expressos em moeda (CEN, 2012). Por seu lado e no mesmo capítulo de conceitos e definições, a norma ISO15686-5:2008 refere-se à valoração de partes, elementos ou componentes amovíveis dos edifícios, e mesmo à valoração dos seus materiais (ISO, 2008), remetendo para rendimento. Ambos os documentos relacionam valor com desempenho dos edifícios. Valor também é associado pela ISO aos bens da construção conforme a etapa do seu ciclo de vida e o período da análise *L.C.C.* (ISO, 2008).

Associados a qualquer valor estão os conceitos, do campo da subjetividade humana, de utilidade (satisfação de carência), escassez (número limitado), desejo (expectativa) e poder aquisitivo, de compra ou a crédito (capacidade de entrada no mercado).

O conceito económico de valor refere-se ao preço mais provável, apurado por avaliadores após análise da localização, das variáveis intrínsecas, ambientais, económicas e legislativas, de um imóvel, ou bem imobiliário.

Segundo a ISO, preço tem a ver com a quantia a pagar ao efetuar-se uma cobrança, e tal depende de alterações estimadas devidas, por exemplo, à evolução prevista da eficácia e tecnologia e conforma-se, ainda, à inflação ou deflação. A mesma norma também associa preço ao nível geral de determinada matéria-prima, ou conjunto delas, ou seja, ao nível de um recurso (ISO, 2008). Ainda para a ISO, o preço evolui no tempo, o preço altera-se ao longo do tempo. Admite-se, no presente contexto, que para além de designar a quantia pedida, oferecida ou paga por um bem ou serviço

depois de concluída a transação, preço também é nível.

Quando vários bens ou serviços similares estão disponíveis, o que tem preço mais baixo atrai a maior procura, na ausência de fatores que agravem esse mesmo preço, como prazo ou maior risco. O valor de determinado prédio só coincide com o respetivo preço quando ocorre a transação entre vendedor e comprador. Até esse momento, o imóvel tem um valor determinístico, orientado pela incerteza de métodos probabilísticos com variáveis aleatórias. Neste sentido, há modos diversos de se obterem certos valores, bem como muitos potenciais valores, minimizados e maximizados, consoante a utilização do bem. Este mesmo pode, inclusivamente, ser utilizado como garantia de negócio. A cada um dos objetivos da avaliação e para o mesmo imóvel corresponderão um valor de mercado, um valor venal, um valor de reposição, um valor capitalizado, um valor residual, um valor de rendimento, ou outros tipos de valor, não necessariamente iguais. O valor de mercado (preço de equilíbrio x área) estabelece o preço hipotético de compra e venda do bem, sendo os valores unitários mais empregues na avaliação de imóveis, o valor de mercado por metro quadrado de área bruta (€/m²) ou de área privativa (de uso maioritário, por exemplo, para venda para construção), bem como o valor de mercado da renda por metro quadrado de área bruta (dependente do rendimento a obter).

Custo, de acordo com a ISO (2008), é o pagamento do que está incluído na aquisição de um bem construído, quer seja comprado ou alugado, ou sujeito a contratação pública, ou durante a sua ocupação e utilização, mesmo no seu fim de vida. O mesmo documento também associa o termo "custo" à resultante de um desconto. A norma ISO relaciona, portanto, custo com fases ou etapas do ciclo de vida dos edifícios e, por outro lado, a desconto ou não-desconto. O mesmo documento alude a custear como contabilizar, sistematicamente, todo ou fases selecionadas do ciclo de vida dos edifícios, ao longo do período da análise *L.C.C.*, ambos previamente definidos no âmbito da avaliação, pressupondo que os edifícios cumprem requisitos de desempenho. No enquadramento imobiliário, custo é um conceito relacionado com produção, distinto de transação. Reflete a(s) despesa(s) para produzir um bem ou serviço, o que é semelhante à associação feita pela ISO (2008), referida acima: o custo de uma propriedade inclui todos os encargos diretos, indiretos e outros, necessários à sua produção, uma vez concluída.

Dada como certa a tendência da valorização progressiva da propriedade com o tempo, o investimento de capital pressupõe a valorização económica do respetivo bem ou a sua conversão noutra. Investir é considerado um "sacrifício" do proprietário por estar subjacente a troca da satisfação atual por satisfação futura. Assim, o proprietário escolhe: transacionando o imóvel, deixa de fazer poupança; ou poupa, mantendo o imóvel na sua posse, para mais tarde o transacionar.

O grande objetivo do investimento imobiliário costuma ser a exploração de imóveis, dados os benefícios resultantes da respetiva posse, como o rendimento líquido proveniente de uma renda, por exemplo, ou a valorização dos bens após o período de investimento, para além da direta utilização ou acesso aos mesmos.

Consideram-se custo e benefício separados no tempo: o custo ocorre no presente e o benefício evolui parceladamente com o tempo. Investido o dinheiro em títulos ou ativos durante um período de

deferimento, é possível a obtenção de um rendimento futuro, sendo o juro o prémio pelo adiamento do consumo. Numa situação em que o regime de juros é simples, soma-se o juro ao dinheiro inicialmente investido no final de cada período de tempo, obtendo-se o valor do rendimento, ou valor capitalizado.

3.3.2. Regimes de juros, capitalização e atualização

A norma ISO alude a capitalização ao referir-se a custos iniciais de um investimento em edifícios, não só na fase de construção mas também na adaptação seguinte, quando há dinheiro para aplicar (ISO, 2008). Capitalização é, pois, a projeção no futuro de fluxos de despesas e de rendimentos atuais.

O mesmo documento associa atualização à operação matemática de divisão de um custo pelo respetivo nível de preço, o que não é mais do que o desconto referido antes. Descontam-se quantias a ocorrer no futuro tendo em conta que valem menos no momento do cálculo. A soma desses futuros custos descontados define um parâmetro de medida de uma análise económica de bens construídos, de acordo com a ISO (2008): o Valor Atual Líquido (V.A.L.), ou *Net Present Value (N.P.V.)* do L.C.C.

Atualização é, portanto, a operação inversa da capitalização, e converte para o momento atual fluxos de custos e benefícios a ocorrer no futuro. O objetivo desta dissertação aplicada, calcular custos futuros dos ciclos de vida de 2 alternativas de construção em projeto para pela mais barata se optar, conduz à adoção desta última operação para critério de cálculo. A formulação de uma atualização está no subcapítulo 2.5, na equação (2.1), do V.A.L.C.C.

O fator de conversão das quantias é a taxa de juro, que em ambas as operações acima referidas ocorre em regime de juros compostos (juros de juros). Multiplica-se ou, inversamente, divide-se o dinheiro inicialmente investido pela taxa de juro, sendo os valores capitalizados, ou atualizados, superiores ou inferiores aos do regime de juros simples, no final de cada período. Este critério de juros compostos é o regime relevante no contexto da análise económica de projetos de investimento em construção.

3.3.3. Taxas de atualização

A taxa de atualização é um fator, como já adiantado no parágrafo acima, que permite relacionar quantias presentes e futuras em termos comparáveis. Este fator reflete o valor do dinheiro no tempo, noção para converter fluxos de custos ocorrendo em diferentes instantes, para um momento comum (ISO, 2008).

Unidades monetárias atual e futura são bens financeiramente diferentes que não podem ser comparados, nem somados ou subtraídos. É necessário agregar fluxos que ocorrem em diferentes instantes para o mesmo período, cujo início é, geralmente, o momento da decisão. A taxa de atualização é a forma matemática de se estabelecer a ligação entre uma unidade monetária atual e uma unidade monetária futura. A partir do que já se referiu, compreende-se que o valor dos edifícios no presente é diferente do valor dos edifícios no futuro.

A taxa de atualização reflete, ainda, a condição de proveito mínimo que um empreendimento deve satisfazer. Tal afeta significativamente a rentabilidade de um investimento: uma taxa muito alta arrisca a consequência da rejeição de projetos económicos e, inversamente, uma taxa de atualização muito baixa pode conduzir à aceitação de investimentos não económicos.

São três os fatores para fixação da taxa de atualização: o custo de oportunidade, ou fator "iliquidez"; a inflação, ou fator "tempo"; e o fator "risco". Custo de oportunidade, de acordo com a ISO (2008), está relacionado com capitalização, ganho ou investimento e remete para utilização.

A taxa de atualização assume diversos tipos, interessando, no presente caso prático, começar por referir-se a distinção essencial entre taxa nominal e taxa real: a valorização dos benefícios ou custos futuros é calculada a partir de preços correntes (cuja fonte de informação é a atualidade), ou a partir de preços constantes (adequados para um estudo económico comparativo), respetivamente.

Uma taxa de atualização nominal agrega, no respetivo cálculo, a taxa de inflação, sob a forma de variação mensal ou sob a forma de variação média anual. Pelo contrário, uma taxa de atualização real exclui a taxa de inflação, ou de deflação, como fator na respetiva composição.

Igualmente sob a forma corrente de taxas, inflação e deflação são fatores de avaliação do nível de preços. O Índice de Preços do Consumidor (I.P.C.), indicador estatístico, mede a alteração média dos preços, ao longo do tempo, de um cabaz fixo de bens e serviços adquirido pelos consumidores (Ruegg e Marshall, 1990). Subtraindo-se o I.P.C. mais recente, anual ou mensal, a um I.P.C. homólogo anterior, um resultado positivo indica inflação, ou aumento do custo de vida, enquanto um resultado negativo revela uma situação de deflação, ou redução dos preços.

No mesmo contexto, lembra-se que a rentabilidade de um investimento está sempre relacionada com risco, no sentido do retorno esperado. O documento ISO (2008) associa risco ao preço e à incerteza, adiantando ser necessário tratar da incerteza e reduzir o risco, porque o âmbito do estudo económico dos edifícios inclui o futuro e os resultados são previsões.

Se o nível de risco de um projeto económico é elevado, o retorno esperado é igualmente elevado. Então, quanto maior o custo de aquisição de um produto, mais importante é considerar os respetivos custos de posse, a longo prazo (custos de seguros, manutenção, disponibilidade de peças de substituição, etc.) (Boussabaine *et al*, 2006). O prémio de risco, ou juro de compensação pelo investimento será, portanto, alto. A avaliação da rentabilidade e risco é oportuna no contexto de avaliação económica de projetos de construção, e envolve duas abordagens ao risco: o cálculo da taxa esperada de rentabilidade); ou o cálculo do risco do investimento).

Distinguem-se, portanto, taxas de atualização, nominais ou reais, com risco ou sem risco.

O esquema da Figura 3.2 mostra o critério de adoção das variáveis do custo para o caso de estudo: esperando-se apenas despesas acumuladas ao longo do ciclo de vida dos edifícios em comparação nesta análise, assumiu-se o critério de preços constantes a uma taxa de atualização real.

Consulte-se, no subcapítulo 3.4.1, a equação (3.1), que explica o cálculo da taxa de atualização a empregar no apuramento dos custos do caso de estudo.

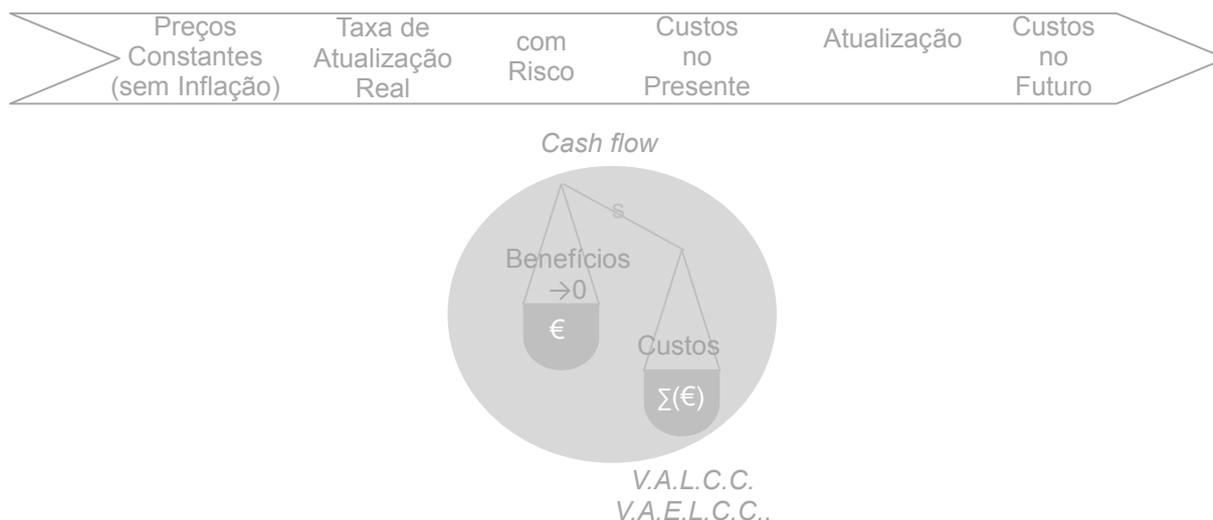


Figura 3.2. Critério de adoção das variáveis do custo para o caso prático

3.3.4. Modelação de *cash flows*

Cash flows são fluxos de entradas (benefícios, ou receitas) e de saídas (custos) de capital. Prazo a prazo, parcela a parcela, são instantes associados a um projeto de investimento que assumem a forma de numerário. Em suma, fluxos de dinheiro são um resultado bruto, ou *lump sum*.

O procedimento para a modelação compõe-se de dois momentos básicos: primeiro, definir-se os instantes em que se verificarão os fluxos de benefícios e de custos, de acordo com o conceito de “valor do dinheiro no tempo” (explicado no ponto V “Desconto dos custos para valores atualizados”, do subcapítulo 2.5); segundo, seleccionar-se um período de tempo comum. Consulte-se o referido subcapítulo, que contém o procedimento normalizado de modelação dos *cash flows* de custos, adaptado à presente dissertação.

Dos critérios de cálculo de equivalência do dinheiro no tempo existentes, para o caso prático presente interessam os do Valor Atual Líquido (V.A.L.) simples e do Valor Anual Equivalente (V.A.E.) do L.C.C., cuja formulação, para este caso prático, se encontra, respetivamente, nas equações (2.1) e (2.2), no mesmo subcapítulo 2.5.

Os dados necessários à presente análise L.C.C. são: utilização do edifício, taxa de atualização, vidas úteis estimadas dos sistemas construtivos, custos de construção, custos operacionais e de manutenção, custos do fim de vida, incerteza e risco.

3.4. Critérios de cálculo

Desenvolvido o cenário, identificam-se de seguida os parâmetros e requisitos para a análise económica aplicada.

3.4.1. Variáveis do custo e do tempo

I. Taxa de atualização

A taxa de atualização, ou de desconto, é o fator utilizado para converter quantias futuras em quantias atuais e vice-versa, refletindo o valor do dinheiro no tempo (ISO 15686-5:2008).

Dado ser condição da economia atual que o preço da moeda se altera, é essencial saber como reagir quando se calculam benefícios e custos. Tem mais relevância a inflação do que a deflação, pois a inflação tem prevalecido nas últimas décadas e muitos economistas acreditam que a moderna economia diversificada é de tipo inflacionário (Ruegg e Marshall, 1990).

Proceder-se-á a uma análise *L.C.C.* a preços constantes por o objetivo presente ser uma comparação, bem como por a contabilização que interessa ao dono da obra ser apenas de despesas ao longo do ciclo de vida dos edifícios: a rentabilidade da propriedade não é, juridicamente, possível, dado ter sido adquirida ao abrigo de um regulamento de venda de lotes que obriga o comprador à construção de habitação.

A avaliação de investimentos a preços constantes deve utilizar uma taxa de juro real e o respetivo cálculo fez-se como indicado na equação (3.1):

$$(1+T_{sr}) = (1+T_n) \times (1+T_{inf}) \times (1+P_r) \quad (3.1)$$

em que:

T_n = Taxa de atualização real;

T_{sr} = Taxa nominal sem risco, ou Taxa de Base Anual dos Certificados do Tesouro para o ano de 2014;

T_{inf} = Taxa de inflação, ou Taxa de Variação Média Anual do Índice de Preços do Consumidor (I.P.C.) registada em 2014;

P_r = Prémio de risco.

O prémio de risco mede a rentabilidade adicional que os investidores geralmente exigem para deixar de investir em ativos sem risco (os Certificados do Tesouro, por exemplo), para passarem a investir em ativos com risco, ou um prémio que mede a confiança dos investidores nas aplicações do mercado de capitais. De acordo com a Tabela 3.4, adaptada de Fernandez *et al* (2012), o risco de mercado para Portugal seria de 7,2% num estudo estatístico, baseado em inquéritos e conduzido em 82 países a Prémios de Risco de Mercado (*Market Risk Premium – M.R.P.*).

Contabilizaram-se os dados seguintes:

$T_{sr} = 2,75\%$, $T_{inf} = -0,27\%$ e $P_r = 7,2\%$. Por conseguinte, a Taxa de atualização $T_n = 3,89\%$.

Historicamente, a taxa de desconto real tem refletido a taxa geral de produtividade (de quem produz, de um setor ou de determinada área). Em geral, a taxa de produtividade tem oscilado entre 0% e 2% a longo prazo. Contudo, taxas assim tão reduzidas não são universais. São empregues, tipicamente, descontos entre 0% e 4%. Uma taxa mais elevada inibe investimentos a longo prazo, enquanto uma taxa mais reduzida os facilita (ISO, 2008).

Tabela 3.4. Fonte da percentagem de Risco P_r utilizada no apuramento da Taxa de atualização real T_n , na Equação (3.1) (ajuste da “Tabela de Prémios de Risco de Mercado (%)”, utilizados para 82 países em 2012”, de Fernandez *et al*, 2012)

	Average	Median	St. Dev.	min	Q1	Q3	MAX	Number of answers	MAX-min
USA	5.5	5.4	1.6	1.5	4.5	6.0	15.0	2223	13.5
Spain	6.0	5.5	1.6	3.0	5.0	6.3	15.0	958	12.0
Germany	5.5	5.0	1.9	1.0	4.5	6.0	17.0	281	16.0
United Kingdom	5.5	5.0	1.9	1.5	4.5	6.0	22.0	171	20.5
Italy	5.6	5.5	1.4	2.0	4.8	6.1	10.0	120	8.0
Canada	5.4	5.5	1.3	3.4	4.7	6.0	10.5	94	7.1
Mexico	7.5	6.8	2.6	3.0	6.0	9.0	20.0	87	17.0
Brazil	7.9	7.0	4.7	1.8	5.3	8.6	30.0	86	28.2
France	5.9	6.0	1.5	2.0	5.0	6.1	11.4	85	9.4
China	8.7	7.1	4.6	3.9	6.6	9.4	30.0	82	26.1
Australia	5.9	6.0	1.4	3.0	5.0	6.0	10.0	73	7.0
South Africa	6.5	6.0	1.5	3.0	5.5	7.2	11.8	73	8.8
Netherlands	5.4	5.5	1.3	2.5	5.0	6.0	11.6	72	9.1
Russia	7.6	7.0	2.9	2.7	6.0	8.5	25.0	70	22.3
Switzerland	5.4	5.3	1.2	3.0	4.5	6.0	9.6	68	6.6
India	8.0	8.0	2.4	2.3	6.0	9.0	16.0	66	13.7
Chile	6.1	5.6	1.7	4.0	5.3	7.0	15.0	63	11.0
Norway	5.8	5.5	1.6	3.5	5.0	6.0	11.7	58	8.2
Sweden	5.9	6.0	1.2	3.9	5.0	6.5	10.6	58	6.7
Austria	5.7	6.0	1.6	2.5	5.0	6.0	14.3	57	11.8
Colombia	7.9	7.5	3.7	2.0	6.5	9.0	20.5	57	18.5
Belgium	6.0	6.0	1.1	3.0	5.0	7.1	8.1	54	5.1
Portugal	7.2	6.5	2.0	4.0	6.0	9.0	14.0	53	10.0
Argentina	10.0	10.0	3.6	5.0	8.5	14.8	20.0	50	15.0
Greece	9.6	7.4	4.4	3.0	6.1	12.2	20.0	47	17.0
Poland	6.4	6.0	1.6	4.4	5.0	7.5	10.0	45	5.6
Denmark	5.5	5.0	1.9	2.0	4.5	6.0	14.0	43	12.0
Japan	5.5	5.0	2.7	2.0	4.0	7.1	16.7	41	14.7
Peru	8.1	8.0	2.5	3.5	6.9	9.0	15.0	41	11.5
New Zealand	6.2	6.0	1.1	2.0	5.5	7.0	9.0	40	7.0
Czech Republic	6.8	7.0	1.6	4.3	5.6	7.3	12.1	38	7.8
Finland	6.0	6.0	1.6	3.5	5.0	6.0	12.0	37	8.5
Turkey	8.4	9.0	3.4	2.5	5.5	10.5	18.0	37	15.5
Luxembourg	6.0	6.0	0.8	4.0	6.0	6.1	8.7	35	4.7
Taiwan	7.7	7.1	2.0	4.3	6.5	8.0	15.0	32	10.7
Ireland	6.6	6.0	2.3	2.7	5.3	8.8	12.3	31	9.6
Israel	6.0	5.8	2.3	3.0	4.5	7.3	15.0	30	12.0
Korea (South)	6.7	7.3	1.4	2.0	6.4	7.5	11.1	30	9.1
Indonesia	8.1	8.0	1.7	4.5	7.3	9.6	11.4	28	6.9
Hungary	7.4	7.0	2.3	3.4	6.0	9.6	13.8	26	10.4
Hong Kong	6.4	6.2	1.7	3.5	5.5	6.4	11.9	24	8.4
Pakistan	9.5	9.5	3.7	5.0	6.5	11.3	15.0	24	10.0
Egypt	9.2	8.0	3.2	3.5	7.6	13.3	13.5	23	10.0
Singapore	6.0	5.7	1.1	3.9	5.5	6.0	9.6	23	5.7
Thailand	8.1	8.1	1.8	6.5	7.0	8.3	15.1	22	8.6
Malaysia	5.9	6.4	1.9	3.4	4.0	7.7	8.8	21	5.4
Saudi Arabia	6.5	6.5	1.2	5.5	5.5	7.1	10.6	21	5.1
Kazakhstan	7.5	8.0	1.2	4.7	7.4	8.6	8.6	20	3.9

II. Tempo de vida útil das construções

Assumiu-se, tanto para o S.C. 2 como para o S.C. 3, o período de tempo de $p = 50$ anos. O valor foi adotado de médias tabeladas no documento orientativo *GD002* da *European Organization for Technical Approvals (E.O.T.A.)*, relativo à assunção de vidas úteis de produtos da construção e datado de 1999. A informação contida nesse documento é referência para outros documentos de normalização, de âmbito europeu, como aprovações técnicas europeias (*European Technical Approvals – E.T.A.*) e normas harmonizadas (*Harmonized Standards - hE.N.*).

50 anos é a vida útil assumida para obras de construção de categoria normal, de acordo com a tabela do documento *GD002* da *E.O.T.A.* Apesar da fragilidade dos revestimentos da estrutura reticulada de *Pinus Pinaster Ait.* maciço do S.C. 2, painéis de fibras de madeira e de gesso cartonado com isolamento intermédio de lã mineral e acabamentos contínuos, provada na sua espessura reduzida, o edifício foi projetado com fundações contínuas de betão armado e alvenaria de blocos de cimento. Assim se equiparou a vida útil de um sistema construtivo de madeira à durabilidade de 50 anos admitida para a estrutura do S.C. 3, pórticos de betão armado, alvenaria de tijolo, isolamento pelo exterior e acabamentos contínuos: densidades e espessuras elevadas de materiais conferem boa proteção dos agentes de degradação ambientais, interiores e exteriores.

A norma ISO 15686-5:2008 permite que valores dos tempos de vida útil para previsões de custos do ciclo de vida derivem de médias, embora defenda que sejam obtidos através de cálculo o mais preciso possível. De preferência, derivados de uma estimativa específica utilizando historiais de dados de situações semelhantes. Mas, tratando o presente caso de uma obra de construção ainda em projeto, considerou-se reduzida a probabilidade de acesso, em tempo útil, a dados de cálculo detalhado de vidas de serviço de obras existentes, semelhantes ao S.C. 2 e ao S.C. 3. A simples variação de um material componente de um sistema construtivo pode determinar grande variabilidade do tempo de vida útil desse sistema.

Os valores para os tempos de vida de serviço das componentes da construção, bases para a periodicidade dos trabalhos previstos no Plano de Manutenção e dos quais derivam os respetivos custos, foram obtidos de valores também tabelados, da responsabilidade de uma entidade especializada em modelação de custos, que designa esses períodos por expectativas típicas de vidas para componentes da construção. Não se considerou a hipótese do cálculo, pelo método fatorial, das estimativas das vidas úteis de ambos os edifícios em comparação, pois esse raciocínio não se aplica, geralmente, a objetos de estudo como edifícios no seu todo, mas apenas a componentes ou partes do edificado, das quais se conhecem bem as condições de utilização e os fatores de alteração relativos a tais especificidades, segundo os princípios gerais do documento ISO 15686-1:2000 e cujo tema é o planeamento da vida útil.

3.4.2. Fronteira do sistema

O quadro dos módulos de informação contido na norma EN-15643-4:2012 (CEN) e que relaciona aspetos com as fases do ciclo de vida dos edifícios, tal como assinalado na Figura 3.3, estabelece o que está incluído na análise do desempenho económico de cada sistema construtivo.

- Custos (A_4 - A_5) da construção dos edifícios, estimados por ambas as construtoras contactadas pelo dono da obra, a este entregues sob a forma de orçamentos detalhados. A base para a execução destes orçamentos foi cada processo de projeto de licenciamento. Assumiu-se que a construção dos edifícios ocorrerá no ano 0 da respetiva vida útil prevista.
- Custos da manutenção (B_2) durante a fase de utilização de cada edifício, considerando necessidades e periodicidade de trabalhos em envolventes construtivas diferentes. Assumiu-se que os edifícios serão habitados do ano 1 ao ano 49 da vida útil prevista.
- Custos da utilização operacional da energia (B_6) durante o ciclo de vida de cada edifício, incluindo a energia para acondicionamento ambiente, o fornecimento de eletricidade e um serviço de telecomunicações, os dois últimos disponibilizados por operadores privados e pagos mensalmente. Assumiu-se que o consumo de energia dos edifícios de acordo com o perfil do utilizador, decorrerá do ano 1 ao ano 49 da vida útil prevista.
- Custos da utilização operacional da água (B_7), incluindo o abastecimento de água potável, bem como saneamento doméstico e pluvial, todos sistemas prediais da responsabilidade dos serviços municipalizados locais, pagos mensalmente.

INFORMAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO EDIFÍCIO

Informação do ciclo de vida do edifício					Informação suplementar além do ciclo de vida do edifício
Anterior à fase de utilização			Fase de utilização	Posterior à fase de utilização	
A ₀	A ₁ -A ₃	A ₄ -A ₅	B ₁ -B ₇	C ₁ -C ₄	D
PRÉ-CONSTRUÇÃO	FASE DO PRODUTO	PROCESSO DE CONSTRUÇÃO	FASE DE UTILIZAÇÃO	FASE DE FIM DE VIDA	
Terreno e tarifas associadas	Fornecimento de matéria(s) prima(s)	Transporte Manufatura	Adaptação Utilização Manutenção Reparação Substituição Alteração	Desconstrução Transporte Processamento dos resíduos para reutilização, recuperação, reciclagem Descarte	Benefícios e cargas além dos limites do sistema; potencial de Reutilização Recuperação Reciclagem
A ₀	A ₁ A ₂ A ₃	A ₄ A ₅	B ₁ * B ₂ B ₃ * B ₄ * B ₅ *	B ₆ B ₇ C ₁ C ₂ C ₃ *	C ₄

Figura 3.3. Aspectos económicos seleccionados (adaptação da EN 15643-4:2012 – CEN)

* Não aplicável; A₀A₁A₂A₃ Ver nº.I de 3.5.1; A₄A₅ Cálculos na Tabela 3.5; B₂ Ver nº.I de 3.5.2. Cálculos no Anexo A; B₆B₇ Ver nº^o. II e III de 3.5.2. Cálculos nos Anexos B e C; C₁ Ver 3.5.3. Cálculos no Anexo D; C₂ Ver 3.5.3. Cálculos no Anexo E; C₄ Ver 3.5.3. Cálculos no Anexo F

Assumiu-se que o consumo de água dos edifícios de acordo com o perfil do utilizador, decorrerá do ano 1 ao ano 49 da vida útil prevista.

- Custos da demolição (C₁) das construções e respetivos transporte (C₂) e descarte (C₄) em depósitos de resíduos, no final da vida útil de 50 anos.

Adotados os critérios de cálculo do custo do ciclo de vida do S.C. 2 e do S.C. 3, segue-se a respetiva comparação, por módulos de informação padronizados e apresentados em tabelas.

3.5. Resultados preliminares

Reunidos os dados do custo e do desempenho, apresentam-se em seguida os cálculos e os resultados da análise económica por módulos selecionados de ambas as opções em comparação.

3.5.1. Os custos das fases anteriores à utilização

I. Os custos de pré-construção (A_0) e do produto (A_1 - A_3)

De acordo com a norma europeia, tais custos provêm de trabalhos para preparar o local para a empreitada, como infraestruturização ou adaptações iniciais, quando necessárias, bem como de impostos (CEN, 2012).

A propriedade tem acumulado custos regulares de pré-construção desde a respetiva transação em 2011, que se reduzem ao pagamento anual do Imposto Municipal sobre Imóveis (I.M.I.) de um terreno com 350,50 m² de área total, sem qualquer construção. Depois de concluída a empreitada da habitação, que terá 60,40 m² de área de construção, uma reavaliação do imóvel aumentará o valor do imposto anual. Mas para a presente análise comparativa de sistemas construtivos por *L.C.C.*, os impactes do módulo A_0 não serão considerados por serem idênticos.

Para efeitos da análise económica segundo o mesmo padrão europeu, a Fase do Produto inclui custos com o solo e ainda com honorários de projeto (CEN, 2012). Estes custos não variam por não dependerem da diferença entre sistemas construtivos, pelo que os módulos A_1 , A_2 e A_3 da estrutura da norma europeia EN 15643-4:2012 (CEN) adotada não foram considerados na comparação dos custos do ciclo de vida que se levou a cabo. Tal como Hasan *et al* (2007), que procuraram reduzir o custo total de uma construção ao longo do seu ciclo de vida calculando, de modo expedito, apenas as diferenças decorrentes da variação dos custos, os impactes económicos da pré-construção e do produto não foram incluídos.

II. Os custos de construção (A_4 - A_5)

O custo da construção é o pagamento para a obtenção do bem. A norma europeia referida inclui nesta fase todos os aspetos económicos da aquisição de materiais, serviços, equipamentos e construção do edifício, englobando subempreitadas e a entrega da obra (CEN, 2012).

Para a presente análise *L.C.C.* e como indica a Figura 3.4, os custos com a construção são as estimativas do custo das 2 empreitadas, propostas pelas empresas candidatas. Tais estimativas, variáveis com cada sistema construtivo, são somadas a taxas e a outros encargos aplicáveis, relativos à obtenção, respetivamente, das licenças de construção e de utilização.

Os custos de transporte são apresentados como nulos por ambas as construtoras não os terem considerado nos descritivos dos orçamentos detalhados propostos ao dono da obra. Afinal, o centro logístico mais distante situa-se apenas a 45 Km do terreno.

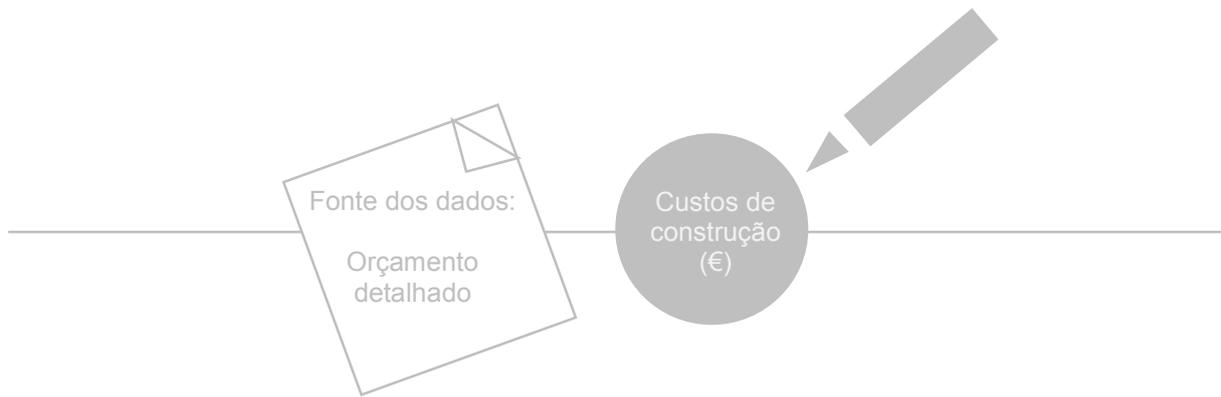


Figura 3.4. Critério de cálculo dos custos de construção

Não foram incluídos neste módulo os custos operacionais da energia e da água durante os trabalhos de construção por não serem calculados de acordo com os mesmos critérios de consumo durante a Utilização.

Os custos das licenças de construção e de utilização dependem do regulamento e tabela de taxas e licenças atualizadas da câmara municipal, entidade responsável pelo parecer técnico respeitante à apreciação do conjunto de projetos que, a pedido do requerente, o proprietário, instruem o processo de informação prévia da obra.

Concluída a construção, todas as redes de infraestruturas prediais da habitação serão sujeitas a inspeções e ensaios, obrigatórios para a emissão dos respetivos documentos de certificação, a instruir o pedido de licença de utilização do edifício que o proprietário, então, fará à câmara municipal. Técnicos dos serviços municipalizados locais inspecionarão as redes prediais hidráulicas concluídas, entidades privadas independentes certificarão o funcionamento das redes prediais elétrica, de telecomunicações e de gás natural. Apresenta-se apenas uma estimativa de custos de certificação por nem todas as entidades responsáveis por certificações de instalações publicarem custos atualizados.

Consulte-se a Tabela 3.5 contendo a contabilização dos explicados custos de construção.

3.5.2. Os custos da fase de utilização

I. Os custos de manutenção (B₂)

A norma ISO 15686-5:2008 lembra que a fase de exploração e de manutenção é, geralmente, a mais duradoura do ciclo de vida dos bens construídos, sendo, também, muitas vezes, negligenciada. Os custos a ela associados ocorrem segundo ciclos repetidos e representam a maior fatia de todo o custo do ciclo de vida de um edifício, sendo costume efetuar-se uma análise detalhada das principais categorias do custo, como este estudo, para se equilibrarem custos de aquisição, custos operacionais e de manutenção e custos de fim de vida, ou para se limitarem riscos inaceitáveis de falhas em utilização (ISO, 2008).

Tabela 3.5. Cálculo dos custos dos módulos A₄ (Transporte) e A₅ (Construção)

Módulos de informação	S.C. 2	S.C. 3
Custos de A₄ (€)^a	0,00 ^a	0,00 ^a
<hr/>		
Tipo de proposta	Proposta comercial	
Data	Agosto de 2014	Outubro de 2014
Prazo de validade (dias)	30	15
Base do cálculo	Processo de pedido de informação prévia*	
Incluído	Construção do edifício conforme projeto aprovado, após levantamento do alvará de construção com prazo até 12 meses	
Não incluído	Custos operacionais da energia e da água durante os trabalhos, nem custos de paisagismo, eletrodomésticos e mobiliário do edifício	
Tipo de contrato	Prestação de serviços de construção	
Prazo de garantia (anos)	5	5
<hr/>		
Custos de construção sem I.V.A. (€)	78.325,00 ^b	67.207,00 ^b
Taxa de I.V.A. aplicável	23%	23%
<hr/>		
Custo estimado de 12 meses de alvará de construção (€)	496,00	496,00
Incluído	Licença de obras de construção, por projeto de especialidade, por área de construção e por mês de prazo	
<hr/>		
Custos estimados de certificação (€)	200,00	200,00
Incluído	Inspeção, ensaio e certificação das instalações das redes prediais de abastecimento de água, de drenagem de esgotos domésticos e pluviais, de fornecimento de energia elétrica, de telecomunicações e de abastecimento de gás natural	
<hr/>		
Custo estimado de licença de utilização (€)	23,00	23,00
Incluído	Licença de utilização para habitação, por fogo e por cada 50 m ² de área global do piso	
<hr/>		
Custos de A₅ (€) sem I.V.A.	79.044,00 ^c	67.926,00 ^c

^a Local da obra situado até 50 Km das sedes das empresas construtoras, não sujeitando os orçamentos de construção a fator de agravamento do transporte;

* Incluiu informação dos projetos de: Arquitetura e Acessibilidades, Estabilidade, Rede de Abastecimento Predial de Água, Rede de Drenagem Predial de Águas Residuais Domésticas, Rede de Drenagem Predial de Águas Residuais Pluviais, Comportamento Térmico, Comportamento Acústico, Infraestrutura de Telecomunicações, Rede Predial de Gás Natural, Plano de Segurança e Saúde, bem como informações da Ficha de Segurança Contra Incêndios e do Pedido de Viabilidade Elétrica. Não incluiu, à data, Certificação Energética;

^b Fonte dos dados: orçamento detalhado;

^c Soma dos custos de construção, de alvará, de certificação e de licença de utilização, indicados acima na Tabela

A manutenção, a ocorrer ou recorrer em ciclos curtos e regulares, é o conjunto de trabalhos necessários e respetivos custos, para reter e/ou devolver a cada componente desempenho aceitável, ao longo das várias fases da sua vida útil. O objetivo principal da estimativa da manutenção, segundo a normativa, é assegurar a otimização da vida útil de modo a coincidir com a vida de projeto (ISO, 2008), reiterando-se a importância das respetivas ações para os proprietários, os pagadores dos edifícios: perante um esperado orçamento mínimo para o funcionamento, custos crescentes de construção e de assistência, é essencial minimizar custos operacionais mantendo níveis aceitáveis de conforto sem potenciais riscos. As perceções, pontos de vista, necessidades, expectativas e orçamentos do utilizador são relevantes para uma verdadeira implementação dos modelos de manutenção (Cotgrave, Lowry *et al*, referidos por Flores-Colen *et al*, 2010).

A análise *L.C.C.* constitui uma abordagem relativamente simples para minimizar custos de manutenção de revestimentos. O custo total de determinada estratégia de manutenção é comparado com o custo de outra. A estratégia com o menor custo é considerada como a otimizada para o caso específico (Zayed *et al*, referidos por Flores-Colen *et al*, 2009/2010).

Os custos de cada estratégia de manutenção são calculados em moeda corrente, ou seja, o custo em Euros à data de referência da análise (não necessariamente atual), para determinar intervenções num tempo futuro. A fórmula-base utilizada numa análise dos custos do ciclo de vida da utilização dos edifícios é a do Custo Anual Equivalente (*Equivalent Uniform Annual Cost - E.U.A.C.*), também designado por fundo anual de maneoio, o qual combina todos os custos do uso de uma construção num único Custo Anual ao longo do período de análise. O C.A.E. foi já explicado na equação (2.2).

Flores-Colen *et al* (2010) consideram três tipos de estratégias de manutenção, dependendo de requisitos prévios e do conhecimento do comportamento da componente a estudar. O estabelecimento de planos de manutenção possibilita a racionalização de cada estratégia de manutenção, relacionando-se o tipo de intervenção com o nível de qualidade pretendido.

As ações da manutenção preventiva ou planeada, são pré-definidas por calendarização em intervalos, de modo a assegurar a continuidade de um bom desempenho, permitir uma estimativa global de custos e reduzir as tarefas não planeadas, as designadas ações de manutenção reativa, que ocorrem como consequência de anomalias imprevistas ou por falta de manutenção planeada e que, dada a sua imprevisibilidade e, por vezes, também, urgência, originam sobrecustos. As ações de manutenção planeada, por seu lado, envolvem técnicas diversas, tais como limpeza, reparações localizadas, proteção ou inspeções. A limpeza é a operação mais relevante na prevenção de anomalias. Reparções localizadas e ações de substituição destinam-se a resolver certas anomalias que surjam em determinadas zonas, para prevenir que alastrem ao restante.

A manutenção preditiva, ou baseada na avaliação de estados, consiste na execução de inspeções planeadas; tem sido, por vezes, ferramenta útil na redução dos custos do ciclo de vida e na descoberta de modos mais eficientes de implementar orçamentos de manutenção. Uma estratégia apropriada para elementos cuja condição e desempenho possam ser adequadamente monitorizados (Flores-Colen *et al* 2010).

Para o presente caso prático, foi elaborado um Plano de Manutenção a partir dos elementos mais relevantes do edifício de habitação, conforme o sistema construtivo. Seguidamente, foram previstas ações de manutenção nas envolventes dos edifícios, incluindo técnicas correntes de limpeza e de reparação, bem como de custos diversos (de aplicação, de substituição e de inspeção), baseados em preços médios atuais de mercado (€/m²), como representado na Figura 3.5.

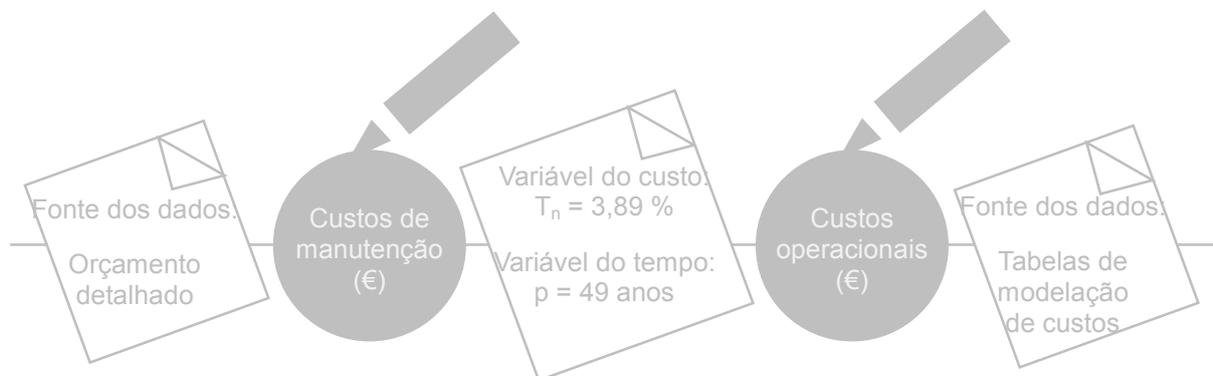


Figura 3.5. Critério de cálculo dos custos de utilização

Foi necessário considerar outra variável do custo, câmbios de moeda, da Libra para o Euro. Determinou-se uma franca variedade de tipos, trabalhos e frequências de manutenção nos ciclos de desempenho corrente, bem como de substituição futura, dos bens construídos. A periodicidade dos trabalhos mencionados no Plano de Manutenção foi obtida de tabelas de dados sobre o tema (Flores-Colen *et al*, 2013), bem como de pesquisa no mercado local de fornecimento de alguns equipamentos e acessórios. O Plano de Manutenção expôs-se na Tabela 3.6.

Na orçamentação da manutenção foram incluídos os custos de acesso a determinadas partes dos edifícios para trabalhos de limpeza ou de substituição.

O critério de planeamento da manutenção incluiu, maioritariamente, tarefas de limpeza, algumas com possibilidade de serem executadas pelo próprio utilizador. Operações de substituição foram consideradas para os acabamentos contínuos de paredes e tetos dos 2 edifícios. Inspeções periódicas das redes de infraestruturas e dos equipamentos foram consideradas serviços externos dependentes de mão-de-obra especializada.

Prescreveram-se, portanto, intervenções de manutenção ligeira pelo custo e exigência técnica reduzidos que as caracterizam, quando comparadas com intervenções mais onerosas. Assinale-se que muitos dos materiais de revestimento e de acabamento de ambos os edifícios são contínuos (rebocos e pinturas) devido ao critério do projetista de eficaz manutenibilidade. Tal significa a capacidade de uma unidade funcional, sob determinadas condições de utilização, ser mantida ou devolvida ao estado em que possa cumprir a função requerida, quando a manutenção for adequadamente implementada (Flores-Colen *et al* 2010).

Apesar, para ambos os edifícios, de uma estratégia de manutenção em ciclo longo (a efetuar apenas no 25º ano) das fundações, tal trabalho necessita do apoio de escavação, de contenção de terras e de aterro, para expor as superfícies de betão dos dois edifícios de modo a possibilitar a limpeza e nova aplicação de emulsão betuminosa, em várias demãos, o que requer algum tempo.

Tabela 3.6. Elementos Fonte de Manutenção (E.F.M.) mais condicionantes para o presente estudo

Elementos construtivos	E.F.M. S.C. 2	E.F.M. S.C. 3	Ação de manutenção	Periodicidade
Pavimentos e drenagens exteriores	Caleira semicircular de aço inox, acabada a tela betuminosa	Caleira semicircular de betonilha moldada, acabada a tela betuminosa	Limpeza no local	Anual
Elementos em betão	Pilares e lintéis de fundação e alvenaria de blocos de cimento	Pilares, sapatas e vigas de fundação	Limpeza, seguida de aplicação de emulsão betuminosa, no local	25-25 anos
Estruturas de madeira	Montantes, vigamento e diagonais de pinho maciço	-	Limpeza, seguida de aplicação de substância antipútrida, no local	25-25 anos
Cantarias	Soleiras e parapeito de calcário vidraço amaciado	Soleiras, parapeito e capeamentos de platibanda de calcário vidraço amaciado	Limpeza no local	5-5 anos
Revestimentos de paredes	(interior) Barramento sobre painéis de gesso cartonado	(interior) Estuque sobre crespido, emboço e reboco	Remoção da camada superficial, limpeza e substituição, no local	10-10 anos
	(interior) Azulejo cerâmico sobre painéis fibro-cimentícios	(interior) Azulejo cerâmico sobre crespido, emboço e reboco	Limpeza, ou remoção e substituição do material das juntas	5-5 anos limpeza; 10-10 anos substituição
	(exterior) Monocamada de cor branca sobre armadura de fibra de vidro e painéis O.S.B.	(exterior) Barramento sobre primário, rede de fibra de vidro, argamassa e poliestireno expandido	Remoção, limpeza e substituição, no local (S.C.2) Limpeza e repintura (S.C.3)	6-6 anos E.F.M. S.C.2 5-5 anos E.F.M. S.C.3
Revestimentos de pisos	Ladrilho porcelânico sobre painéis fibro-cimentícios	Ladrilho porcelânico sobre argamassa de assentamento	Limpeza, ou remoção e substituição do material das juntas	5-5 anos limpeza; 10-10 anos substituição
Revestimentos de tetos	-	(interior) Estuque sobre crespido, emboço e reboco	Remoção da camada superficial, limpeza e substituição, no local	10-10 anos
	-	(exterior) Reboco sobre crespido e emboço	Remoção, limpeza e substituição, no local	2-2 anos
Revestimentos de coberturas planas	Painéis sandwich de aço galvanizado lacado e poliestireno expandido	Painéis sandwich de aço galvanizado lacado e poliestireno expandido	Limpeza no local	Anual

Tabela 3.6. Elementos Fonte de Manutenção (E.F.M.) mais condicionantes para o presente estudo (cont.)

Elementos construtivos	E.F.M. S.C. 2	E.F.M. S.C. 3	Ação de manutenção	Periodicidade
Tetos falsos	(interior) Painéis de gesso cartonado	-	Remoção e substituição, no local	30-30 anos
Carpintarias	Portas interiores de melamina	Portas interiores de melamina	Remoção, desempenho, ajuste e recolocação, no local	Anual
Serralharias	Caixilharia de alumínio anodizado	Caixilharia de alumínio anodizado	Lubrificação de ferragens, sem remoção	10-10 anos
Pinturas / Marcações Acabamentos	(paredes interiores) Pintura a tinta de água anti-fungos sobre barramento de painéis de gesso cartonado (tetos interiores) Pintura a tinta de água anti-fungos sobre barramento de painéis de gesso cartonado (tetos exteriores) Envernizamento de réguas de cedro suspensas	(paredes interiores) Pintura a tinta de água anti-fungos sobre estuque água anti-fungos sobre estuque (tetos interiores) Pintura a tinta de água anti-fungos sobre estuque (tetos exteriores) Pintura a tinta plástica anti-fungos sobre reboco	Remoção, limpeza e substituição, no local Remoção, limpeza e substituição, no local	2-2 anos 2-2 anos E.F.M. S.C.2; 5-5 anos E.F.M. S.C.3
Instalações de canalização e equipamentos	Sifões	Sifões	Desentupimento e limpeza, no local	3-3 anos
	Equipamento e acessórios sanitários	Equipamento e acessórios sanitários	Reaperto, ou remoção e substituição de cordões de remate, ou limpeza e desinfecção, no local	3-3 anos
	Rede doméstica de abastecimento de água fria e quente Sistema de aquecimento: Salamandra a biomassa	Rede doméstica de abastecimento de água fria e quente Sistema de aquecimento: Salamandra a biomassa	Drenagem e limpeza no local Desobstrução, substituição de juntas e limpeza, no local	Anual Anual
Instalações elétricas e equipamentos	Circuito de iluminação	Circuito de iluminação	Inspeção, remoção e substituição dos acessórios	Anual
	Rede de telecomunicações Equipamento de confeção Rede elétrica doméstica	Rede de telecomunicações Equipamento de confeção Rede elétrica doméstica	Inspeção Inspeção Inspeção	Anual Anual Anual

No que respeita a grandes intervenções, a norma ISO refere que o custo de grandes reparações e adaptações deve ser incluído no planeamento do custo do ciclo de vida e esperado em ciclos relativamente longos.

Grandes intervenções não são mais que repetições parciais das fases de projeto e de construção, a ocorrer em momentos diversos do ciclo de vida de cada edifício (ISO, 2008). Não se consideraram custos de trabalhos referidos pela norma europeia como de Alteração nesta fase de projeto, por tal se afigurar imprevisível. Contudo, aos custos de manutenção foi acrescentada uma percentagem para anomalias imprevistas (manutenção reativa ou corretiva), que acabam por existir sempre.

O planeamento do custo do ciclo de vida do edifício a construir, será sujeito a revisão se nele se prescreverem grandes alterações, após as quais se reinicia a fase de exploração e de manutenção, com características diversas.

A manutenção foi prevista para se efetuar apenas do 1º ao 49º ano de vida útil dos edifícios comparados no presente estudo, por motivos de custo, sendo o 50º ano o início da etapa posterior à Utilização, com a fase da Desconstrução.

Os custos totais da Manutenção durante o ciclo de vida de ambos os sistemas construtivos podem ser consultados na Tabela 3.7.

Tabela 3.7. Custos dos módulos B₂ (Manutenção)

Módulos de informação	S.C. 2	S.C. 3
Duração assumida da manutenção (anos) ^a	49 ^a	49 ^a
Taxa de atualização	3,89%	
Custos de B₂ brutos (€)^b	82.569,13^b	89.173,93^b

^a A manutenção efetuar-se-á apenas do 1º ao 49º ano de vida útil do edifício, por motivos de custo, sendo o 50º ano o início da etapa posterior à Utilização, com a fase da Desconstrução; ^b Cálculos no Anexo A

Os custos parciais da Manutenção durante o ciclo de vida dos dois edifícios podem ser comparados no gráfico da Figura 3.6.

Seguindo a normativa mencionada, os custos de utilização do presente caso de estudo incluem mais dois parâmetros, os custos da energia e de outros consumos, associados ao acondicionamento interior, à rede elétrica, às redes hidráulicas e respetivos equipamentos (CEN, 2012). É assumido que o edifício será habitado apenas do 1º ao 49º ano de vida útil, por motivos de custo.

II. Os custos de utilização operacional da energia (B₆)

A norma EN 15643-4:2012 caracteriza estes como despesas de utilização da energia das instalações técnicas do edifício durante o seu funcionamento (CEN, 2012).



Figura 3.6. Gráficos comparativos dos custos atualizados das ações de manutenção do S.C.2 e do S.C.3

O documento estabelece que o desempenho energético de um edifício é determinado com base na energia anual efetivamente consumida ou calculada de modo a satisfazer as diversas necessidades associadas à sua utilização típica. Desse modo, o uso requerido da energia será multiplicado pelo respetivo custo unitário.

O projeto prevê para a habitação em estudo um sistema de aquecimento do ar interior que utiliza uma fonte de energia renovável, limpa e mais económica do que a eletricidade ou o gás: a lenha, para abastecer uma salamandra constituída em aço e ferro fundido, fácil de instalar e com conduta em aço inoxidável com saída na parte superior. Pode aquecer uma divisão de forma rápida, restitui em média 60 a 80 % do calor e é um elemento decorativo da casa. A respetiva potência, medida em kW (quilowatt-hora), foi adaptada às necessidades de aquecimento de ambos os edifícios, em função do cálculo térmico regulamentar em vigor, instruído pelo Regulamento do Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (R.E.H.), anexo ao Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (S.C.E.) publicado no D.L. n.º.118/2013 de 20 de Agosto.

Do trabalho prévio de verificação do comportamento térmico das propostas, refira-se que a envolvente do S.C. 2 apresenta, sem qualquer equipamento de aquecimento do ar interior, melhor desempenho térmico do que a envolvente do S.C. 3, pois as necessidades anuais de aquecimento, de arrefecimento e de energia primária do S.C. 2 são menores, bem como a respetiva classificação energética é superior: B, contra B-, respetivamente.

A potência nominal da fonte de calor, fornecida pelo fabricante, é a potência em regime de funcionamento normal. Para uma habitação correntemente isolada, deve contar-se com 1 kW para 25 m³ ou 1 kW para 10 m². Todos os detalhes relevantes podem ser consultados na Tabela 3.8, bem como os custos do combustível, calculados conforme as necessidades de aquecimento complementares ao comportamento das envolventes, convertidas em unidades de carga e multiplicadas pelo custo unitário atualizado do combustível.

Por motivos de custo, bem como da amenidade da zona climática e conhecimento do microclima da região, o projeto não prevê para esta habitação nenhum sistema mecanizado de arrefecimento do ar interior. Para tal está prevista apenas ventilação natural.

Tabela 3.8. Custos dos módulos B_{6.1} (Utilização operacional da energia - Aquecimento)

Módulos de informação	S.C. 2	S.C. 3
Duração da estação de aquecimento (meses) ^a		5,6 ^a
Área útil de pavimento da fração (m ²)	52,11	47,74
Volumetria da fração (m ³)	135,49	136,05
Classe de inércia térmica ^a	Média ^a	Média ^a
Classe energética (envolvente) ^a	B ^a	B- ^a
Necessidades de energia primária para aquecimento por biomassa (kWhEP/m ² .ano) ^a	82,55 ^a	116,79 ^a
Tipo de energia	Biomassa (lenha de 40 cm) ^b	
Tipo de ciclo	Diário	
Constituição da fonte de calor ^b	Envolvente de chapa de aço e interior de ferro fundido ^b	
Potência nominal da fonte de calor (kW) ^b	9 ^b	
Rendimento da fonte de calor (η) ^b	0,71 ^b	
Autonomia da fonte de calor (horas) ^b	6 ^b	
Custos da energia sem I.V.A. (€/ano) ^c	15,55 ^c	22,00 ^c
Duração assumida da operacionalidade (anos) ^d	49 ^d	49 ^d
Taxa de atualização	3,89%	
Custos de B_{6.1} (€)^e	338,17^e	478,44^e
Taxa de I.V.A. aplicável	23%	23%
Não incluído	Custos operacionais da energia durante a construção ou durante a desconstrução, nem custos da compra e instalação da fonte de calor (idênticos)	

^a Folha de cálculo do Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (R.E.H.), anexo ao D.L. n.º 118/2013 de 20 de Agosto; ^b Venda a retalho; ^c Cálculos no Anexo B; ^d É assumido que o edifício será habitado apenas do 1º ao 49º ano de vida útil; ^e *Cashflow* dos custos de venda ao longo de 49 anos, com $T_n=3,89\%$

Os impactes económicos específicos da utilização operacional da energia foram subdivididos em resultados advindos do aquecimento ambiente (módulos B_{6.1}), atrás referido, e dos sistemas técnicos elétricos e de telecomunicações domésticos (módulos B_{6.2}).

A informação sobre a viabilidade de alimentação de energia elétrica ao prédio data de 2011, tem 10,35 kVA de potência e corresponde a uma ligação monofásica.

Para a empreitada, será estabelecido um contrato de fornecimento de energia elétrica entre um agente comercial concessionário da infra-estrutura existente e o dono da obra, pessoa singular, que identificará o terreno a partir do respetivo artigo matricial, apresentará licença de construção válida e

solicitará a potência elétrica a contratar. Este contrato vigora apenas durante o prazo da licença de construção.

A requisição de ligação começa por ser provisória, é prorrogável mediante a extensão legal do prazo da licença de construção, sendo depois requisitada nova ligação para utilização do edifício e correspondente contrato.

Para o caso presente da construção de uma habitação unifamiliar isolada, o consumo de energia elétrica destina-se apenas a iluminação artificial e à utilização de tomadas.

O projetista considerou quantidades e tipos de iluminação e de equipamentos elétricos, assim como a simultaneidade de utilização destes aparelhos, segundo um ciclo diário, para definir a potência a contratar: 6,9 KVA, em tarifário simples de Baixa Tensão Normal. A fase de utilização, posterior à de construção, determinou a definição da potência única a contratar.

Para a análise sobre custos da energia utilizaram-se custos de fornecimento atualizados à data. Os valores de cálculo apresentados na Tabela 3.8 integram a tarifa transitória de venda a clientes finais publicada pela E.R.S.E. (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos), que vigora, por período limitado por legislação, até 31 de Dezembro de 2015, para os clientes com potência contratada inferior a 10,35 kVA.

Para as infraestruturas de telecomunicações, foi considerado o tarifário de um pacote de serviços de voz e de *internet*, no qual o preço da mensalidade é determinado pelo ciclo, horário e territorialidade das chamadas telefónicas, bem como pela velocidade de transmissão de dados da linha fixa digital de assinante.

De acordo com uma modelação para os custos operacionais com base em preços mensais tabelados segundo perfis de utilização, foram calculados os custos do ciclo de vida do fornecimento de energia elétrica à habitação. Estes custos encontram-se resumidos na Tabela 3.9 e não variam com o sistema construtivo.

Foi, ainda, seguido o critério da norma europeia de organizar e de apresentar estes custos de funcionamento separados dos custos específicos dos edifícios, tal como exposto mais adiante, no subcapítulo 4.1.

Os custos energéticos são o custo utilitário que, historicamente, tem sido mais sujeito ao aumento desproporcionado dos preços face à inflação (ISO 15686-5:2008). É previsível alterarem-se os custos relativos das diversas fontes de energia. A expressão, nos orçamentos familiares, do aumento subjacente às tarifas de venda a clientes finais em Baixa Tensão Normal, em Portugal, entre 2013 e 2014, foi de 2,8%. Fatores que contribuem para o incremento do nível tarifário são os custos de produção de energia elétrica. Os custos associados à componente de energia em 2014 permanecem num nível tarifário elevado em resultado dos preços da energia primária nos mercados internacionais, designadamente do Brent (E.R.S.E., 2013).

Tabela 3.9. Custos dos módulos B_{6,2} (Utilização operacional da energia – Circuitos elétrico e I.T.E.D.)

Módulos de informação	S.C. 2	S.C. 3
Tipo de serviço	Distribuição de energia elétrica	
Tipo de energia	Eletricidade	
Tipo de ciclo	Diário	
Potência a contratar (kVA)	6,9	
Tipo de tarifário	Simples de BTN	
Incluído	Consumo estimado (kWh), utilização da potência contratada (dias), taxa de exploração D.G.E.G. e Imposto Especial de Consumo de Eletricidade	
Custos de venda da energia ativa (€/mês) ^a	16,22 ^a	16,22 ^a
Taxa de I.V.A. aplicável	23%	23%
Tipo de serviço	Comunicações eletrónicas – segmento residencial	
Tipo de energia	Eletricidade	
Incluído	Internet fixa e telefone	
Custos de venda (€/mês) ^a	17,48 ^a	17,48 ^a
Taxa de I.V.A. aplicável	23%	23%
Duração assumida da operacionalidade (anos) ^b	49 ^b	49 ^b
Taxa de atualização	3,89%	
Custos de B_{6,2} sem I.V.A. (€)^c	4.756,89^c	4.756,89^c
Taxa de I.V.A. aplicável	23%	23%

^a Cálculos no Anexo B; ^b É assumido que o edifício será habitado apenas do 1º ao 49º ano de vida útil; ^c *Cashflow* dos custos de venda ao longo de 49 anos, com $T_n=3,89\%$

III. Os custos de utilização operacional da água (B₇)

O custo da utilização, para o edifício ou pelo utilizador, da água das instalações técnicas durante o funcionamento é o respetivo custo de utilização operacional da água (EN 15643-4:2012 - CEN).

A entidade gestora, os serviços municipalizados locais, instalarão um contador para um consumidor no muro de vedação da propriedade a servir, confinante com a via pública. O contador registará o consumo de água correspondente à utilização da habitação.

A rede predial interna abastecerá de água potável os dispositivos a instalar nos equipamentos da cozinha e da instalação sanitária. No exterior do edifício será instalado um dispositivo de rega. Um painel solar, com armazenamento de água aquecida no respetivo termossifão, será instalado na cobertura do edifício e orientado a Sul, para abastecer de água quente o lava-louça da cozinha e três equipamentos da instalação sanitária.

Tabela 3.10. Custos dos módulos B₇ (Utilização operacional da água)

Módulos de informação	S.C. 2	S.C. 3
Tipo de tarifário	Utilizador doméstico	
Tipo de serviço	Abastecimento de água potável	
Incluído	Instalação do contador, consumo medido (m ³) e tarifa fixa de água (utilização do contador)	
Custos de abastecimento de água (€/mês) ^a	8,97 ^a	8,97 ^a
Taxa de I.V.A. aplicável	6%	6%
Tipo de serviço	Tratamento de esgotos	
Incluído	Tarifas fixa e variável de tratamento de esgotos	
Custos de tratamento de esgotos (€/mês) ^a	4,41 ^a	4,41 ^a
Taxa de I.V.A. aplicável	0%	0%
Duração assumida da operacionalidade (anos) ^b	49 ^b	49 ^b
Taxa de atualização	3,89%	
Custos de B₇ sem I.V.A. (€)^c	2.435,75^c	2.435,75^c
Taxa de I.V.A. aplicável	6%	6%

^a Cálculos no Anexo C; ^b É assumido que o edifício será habitado apenas do 1º ao 49º ano de vida útil, não englobando os perfis de consumo de água nas fases de construção e de desconstrução; ^c *Cashflow* dos custos de fornecimento e de tratamento ao longo de 49 anos, com $T_n=3,89\%$

As tubagens de ambas as redes prediais hidráulicas serão de materiais poliméricos e a respetiva rugosidade foi considerada teórica e invariável pelo programa informático com que se executou o dimensionamento hidráulico dessas redes domésticas. Assim, os consumos de água potável e o tratamento de esgotos domésticos não variam com cada um dos 2 sistemas construtivos, tal como apresentado na Tabela 3.10.

As tarifas são impostas e atualizadas pela entidade gestora local, que divide em tarifa fixa e variável as componentes do custo de cada serviço, cobrado mensalmente. O consumo de água potável depende do calibre do contador instalado e do escalão do volume de água fornecido ao prédio.

O serviço de saneamento compõe-se, além da tarifa fixa, de uma tarifa variável que é proporcional à estimativa do abastecimento de água potável.

Tal como para o cálculo da utilização operacional da energia, o critério seguido é o de modelação de custos unitários e, seguindo a norma EN 15643-4 (CEN, 2012), procedeu-se à apresentação dos resultados agregados aos dos custos energéticos do ciclo de vida, separados por sua vez dos custos específicos dos edifícios.

Segundo a norma ISO 15686-5:2008, também estes recursos utilitários, por influência da escalada do preço da energia, podem ser sujeitos a pressões semelhantes durante o período de análise.

3.5.3. Os custos da fase posterior à utilização

I. Os custos de desconstrução (C_1)

Uma análise do custo do ciclo de vida deve indicar as despesas incluídas na fase final do ciclo de vida (CEN, 2012). Tecnicamente, as opções consideradas para a etapa da Desconstrução foram a demolição convencional e a demolição seletiva. A primeira consiste na fragmentação expedita dos elementos construtivos através de meios manuais ou mecânicos, produzindo escombros. A segunda implica a remoção elemento a elemento com equipamento manual, o que possibilita a triagem para valorização dos materiais da construção, mas envolve tempos de trabalho que podem revelar-se contraproducentes a que donos de obra e construtores invistam em tal processo.

O fim de vida requer, para ambos os sistemas construtivos, demolição, preparação para reciclagem ou descarte dos resíduos. A demolição e a desconstrução devem ser executadas por empresa especializada.

Investigadores referem que os edifícios devem ser submetidos a uma análise prévia quanto à sua viabilidade de desconstrução, pois as condições físicas das componentes variam, bem como o valor residual dos próprios materiais.

A viabilidade económica da demolição seletiva varia consideravelmente consoante as condições locais, contudo existem claras vantagens ambientais na adoção deste método de demolição, sobretudo devido à grande redução de material enviado para aterro (Chini *et al*, referidos por Coelho, 2011).

Assim, começou por elaborar-se um inventário detalhado para a desconstrução. Quantificaram-se as 2 empreitadas por carga de materiais empregues, com base tanto no volume como na massa, por grupos de elementos construtivos. Multiplicaram-se os trabalhos por preços unitários atuais, tabelados, do mercado, critério mencionado na Figura 3.7, para se obterem 2 orçamentos detalhados para a demolição de ambos os edifícios.

Na Tabela 3.11 encontram-se resumidos os custos e condições da etapa de Desconstrução dos edifícios, calculados para ocorrerem dentro de 50 anos.

II. Os custos de transporte (C_2) e de descarte (C_4)

Para apurar despesas de transporte e de deposição dos resíduos, dividiu-se a desconstrução em duas categorias principais: resíduos de demolição convencional, mistura de betão, tijolos, ladrilhos, gesso e materiais cerâmicos sem outros resíduos, a sujeitar a trituração para o descarte, distintos de materiais como perfis maciços, aglomerados e folheados de madeira, metais ferrosos, equipamento elétrico e eletrónico, acessórios de canalização, resultantes da demolição seletiva e que representam a maior parte da carga. A depósito em aterro apenas se destinam os materiais plásticos.

Na posse das medições, fez-se um estudo de mercado. Aprendeu-se que aterros sanitários não recebem resíduos de construção e de demolição.

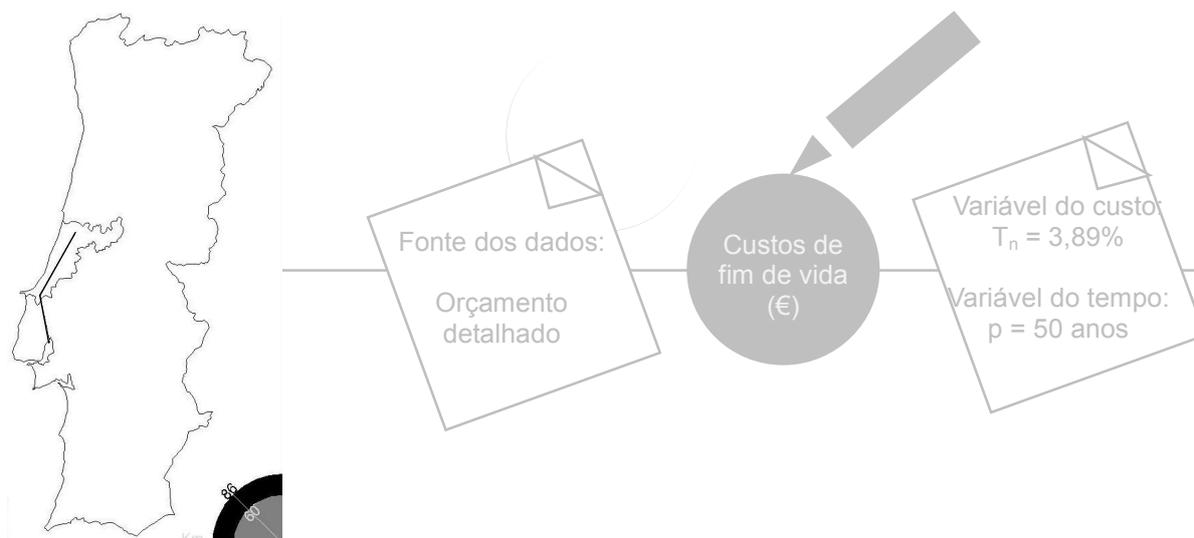


Figura 3.7. Mapa de Portugal com as distâncias -86 Km e 60 Km -entre o local da obra e o centro logístico das 2 operadoras contactadas para transporte e descarte dos R.C.D. (à esquerda) e critério de cálculo dos custos posteriores à utilização (à direita)

Tabela 3.11. Custos dos módulos C₁ (Desconstrução)

Módulos de informação	S.C. 2	S.C. 3
Tipo de serviço	Demolição seletiva e demolição convencional de elementos de construção	
Ano da desconstrução	50°	50°
Taxa de atualização	3,89%	
Custos de C₁ (€)^a	5.027,10^a	3.933,02^a
Taxa de I.V.A. aplicável	23%	23%

^a Cálculos no Anexo D

Foram contactadas diversas empresas locais para o transporte e descarte dos resíduos, tendo-se apurado apenas duas com capacidade para a recolha seletiva e transporte para instalações próprias, onde os resíduos são sujeitos a operações de triagem e processamento de forma a serem encaminhados para reutilização, reciclagem, tratamento, incineração ou para deposição em aterro. No transporte de resíduos de construção e demolição devem ser incluídas guias de acompanhamento de resíduos.

A maioria das empresas contactadas, algumas com sede localizada a menos de 10 Km do terreno, apenas gere locais de deposição, ecocentros ou aterros privados, ou ambos, não incluindo serviços de recolha e transporte de resíduos de obras particulares. Um dono de obra particular não contrata serviços de transporte de resíduos de construção e demolição a qualquer empresa de logística, pois são necessários certificação e equipamento próprios para essa recolha e transporte, encarregando-se a mesma empresa do destino final dos resíduos nas respetivas instalações.

Os custos do transporte foram sujeitos a orçamentos específicos conforme a carga e a triagem dos resíduos, às distâncias de 86 Km e de 60 Km, respetivamente, aos locais de descarte, ambos de gestão privada.

Tabela 3.12. Custos dos módulos C₂ (Transporte) e C₄ (Descarte)

Módulos de informação	S.C. 2	S.C. 3
Tipo de serviço	Recolha de entulho e resíduos, triados, em obra particular	
Distância ao terreno (Km)	86	
Custos de C₂ (€)^a	388,70 ^a	976,20 ^a
Taxa de I.V.A. aplicável	23%	23%
Tipo de serviço	Deposição de resíduos de construção	
Incluído	Descarga, tratamento ou valorização e deposição de resíduos de construção	
Ano da desconstrução	50 ^o	50 ^o
Taxa de atualização	3,89%	
Custos de C₄ (€)^b	-61,53 ^b	155,79 ^b
Taxa de I.V.A. aplicável	23%	23%

^a Cálculos no Anexo E; ^b Cálculos no Anexo F

A recolha licenciada dos resíduos tem preços unitários do frete do transporte em veículo de 20 toneladas, bem como do aluguer mensal de contentores com 6 m³ de capacidade de armazenamento de carga, disponibilizáveis no estaleiro de obra. Os diversos tipos de resíduos têm preços unitários de deposição muito variáveis, tal como também as operadoras candidatas apresentaram critérios díspares de valorização de materiais recicláveis. Os menores custos de fim de vida das duas opções, aos 50 anos, são apresentados na Tabela 3.12.

3.6. Conclusões do capítulo

O presente capítulo da dissertação introduziu o caso prático descrevendo a obra e as 2 soluções construtivas, S.C. 2 e S.C. 3, a comparar através da análise económica do custo do ciclo de vida. De seguida, resumiu conceitos básicos de matemática financeira para explicar a adoção das bases do custo e do tempo, bem como o modelo de fluxos de custos para o cálculo do desempenho económico de cada opção. Com base num inventário de aspetos económicos padronizados, aplicáveis a este estudo comparativo, foram explicados as origens e critérios dos respetivos impactes e apresentados esses valores em tabelas.

4. Resultados do caso de estudo

O presente capítulo apresenta os resultados desta dissertação aplicada resumidos numa tabela de custos totais e, ainda, representa graficamente, verifica e discute os custos.

4.1. Resultados da análise L.C.C.

Cumprindo a apresentação determinada pela norma europeia, os custos do ciclo de vida dos sistemas construtivos S.C. 2 e S.C. 3 em comparação foram organizados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. L.C.C. do S.C. 2 e do S.C. 3

		S.C. 2	S.C. 3		
Utilização:		Habitação	Habitação		
Área de construção:		60,40 m ²	60,40 m ²		
Vida útil estimada da estrutura:		50 anos	50 anos		
Taxa de atualização:		3.89%	3.89%		
Valor residual:		0 €	0 €		
Valor do rendimento (não aplicável)		0 €	0 €		
Anterior à Utilização	Custos no presente	Custos de A ₅ (Construção)	79.044,00 €	67.926,00 €	Ano 0
Fase de Utilização	C.A.L.	Custos de B ₂ (Manutenção)	82.569,13 €	83.447,05 €	Funcionamento dos edifícios
		Custos de B _{6,1} (Utilização operacional da energia-Aquecimento)	338,17 €	478,44 €	
		Custos de B _{6,2} (Utilização operacional da energia-Circuitos elétrico e I.T.E.D.)	4.756,89 €	4.756,89 €	
		Custos de B ₇ (Utilização operacional da água)	2.435,75 €	2.435,75 €	
Posterior à Utilização	C.A.L.	Custos de C ₁ (Desconstrução)	5.027,10 €	3.933,02 €	Ano 50
		Custos de C ₂ (Transporte)	388,70 €	976,20 €	
		Custos de C ₄ (Descarte)	-61,53 €	155,79 €	
C.A.L.C.C.		174.498,20 €	164.109,13 €		
C.A.E.L.C.C.(Anuidade do ciclo de vida)		6.786,98 €/ano	6.382,85 €/ano		
C.A.E.O.&M. (Anuidade Operacional e Manutenção)		3.503,89 €/ano	3.543,49 €/ano		

Os desempenhos económicos dos 2 sistemas construtivos em fase de projeto, respetivamente uma armação de pinho maciço e um conjunto de pórticos de betão armado, foram avaliados pela abordagem sistemática e multidisciplinar *Life Cycle Costing* (L.C.C.), de acordo com a estrutura da norma europeia EN 15643-4:2012 (CEN), complementada pelo método de cálculo da norma ISO

15685-5:2008, que compreende várias etapas. A etapa da definição do objetivo e do âmbito explica a razão do estudo e o seu alcance e profundidade: o objetivo presente foi avaliar o desempenho económico de cada um dos referidos sistemas construtivos durante vidas úteis assumidas por 50 anos, para a obra de uma habitação unifamiliar isolada; os limites do sistema incluíram todas as fases do ciclo de vida, desde a pré-construção à desconstrução dos edifícios e deposição dos resíduos. A etapa da análise dos aspetos identifica as entradas e saídas económicas de cada opção. A etapa da avaliação dos impactes quantifica os fluxos económicos relativamente aos aspetos selecionados. Finalmente, a etapa da interpretação combina os impactes económicos de acordo com os objetivos do estudo de L.C.C.

Todos os dados necessários foram fornecidos ora por consulta de preços atuais do mercado de prestação de serviços de construção, ora por pesquisa de preços tabelados. O indicador de avaliação dos impactes utilizado neste trabalho foi o menor custo ao longo do ciclo de vida.

Procedeu-se, em complemento, a traduções gráficas dos resultados do L.C.C. O gráfico da Figura 4.1 representa os custos, em moeda, distribuídos pelas oito fases selecionadas do ciclo de vida (da Construção ao Descarte) dos edifícios. A referência é, pois, a anterior Tabela 4.1., incluindo, à escala, a(s) linha(s) das anuidades referentes a todo o ciclo de vida e à etapa de Utilização, para refinamento da comparação.

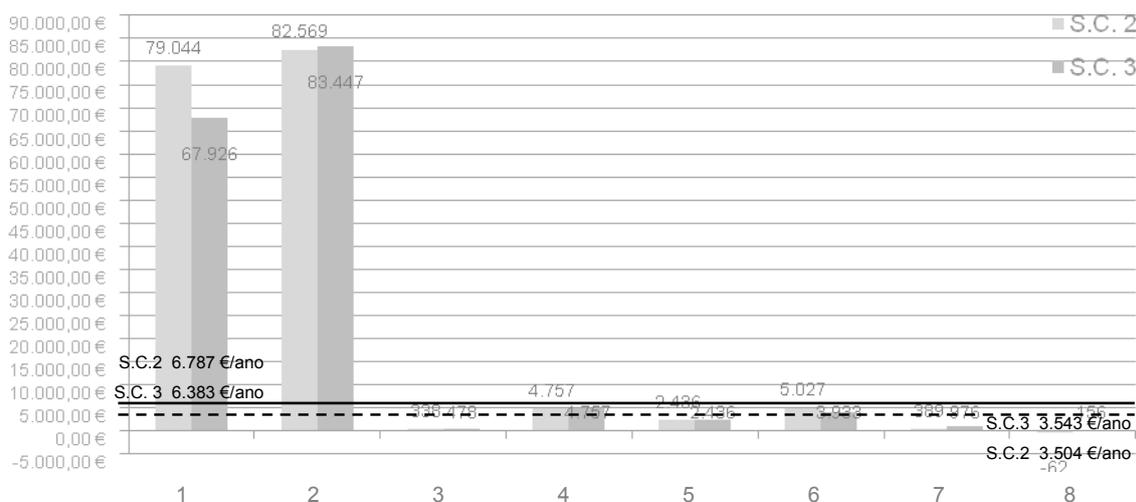


Figura 4.1. Gráfico comparativo do L.C.C. do S.C. 2 e do S.C. 3, por fases (Custos em Euro)
 1 Construção; 2 Manutenção; 3 Energia - Aquecimento; 4 Energia - Circuitos elétricos e I.T.E.D.;
 5 Água; 6 Desconstrução; 7 Transporte; 8 Descarte; --- C.A.E.L.C.C. --- C.A.E.O.&M.

O gráfico por percentagens da Figura 4.2. permite visualizar a influência do custo de cada fase selecionada do ciclo de vida no L.C.C. de cada edifício. A escala deste gráfico só abrange as fases mais dispendiosas do ciclo de vida, por ordem decrescente até aos milhares de euros, durante os assumidos 50 anos: manutenção, construção, utilização da energia elétrica e desconstrução; os impactes económicos dos restantes quatro módulos são residuais e pouco representativos.

Todos os custos futuros foram atualizados para o ano 0, o da construção, de modo a poderem ser somados a esses custos no presente, tal como informa a Tabela 4.1.

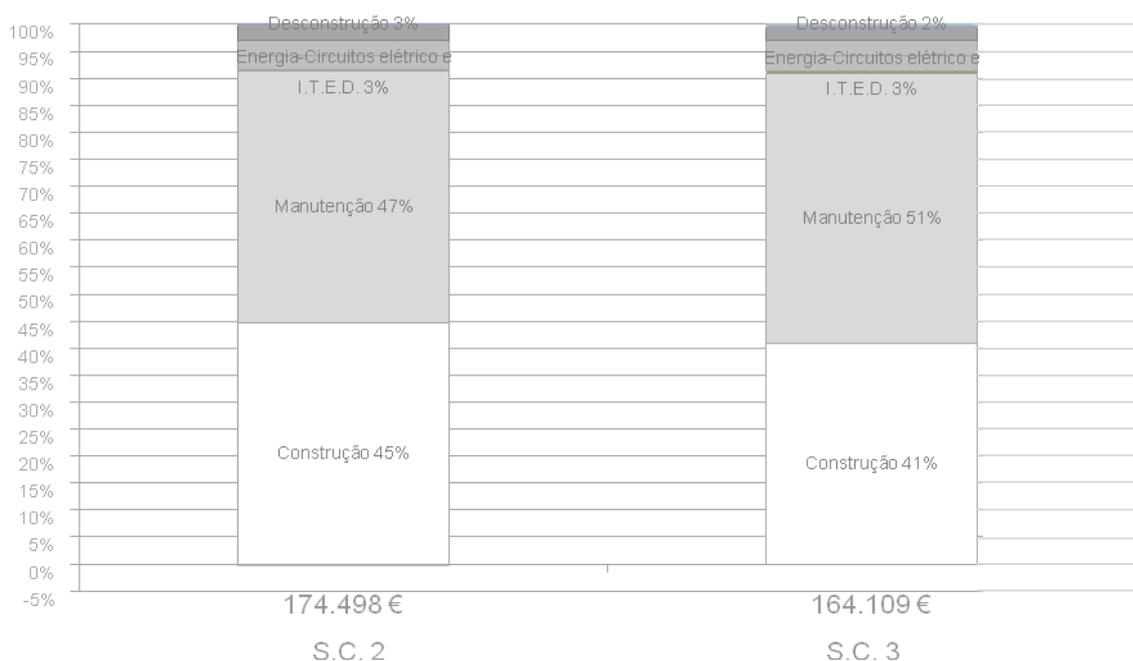


Figura 4.2. Gráfico comparativo do L.C.C. do S.C. 2 e do S.C. 3, por fases (Custos em percentagens)

Para o cliente acompanhar o planeamento dos futuros custos, a partir da etapa da Utilização, foi elaborado um gráfico dos custos por ano, apresentado na Figura 4.3, com início no ano 0, dos anos 1 ao 49º (os da etapa da Utilização, a contabilizar custos de manutenção e custos do funcionamento dos sistemas de aquecimento ambiente, elétrico, de telecomunicações e do abastecimento e drenagem da água), terminando no ano 50º (o da desconstrução, transporte e deposição dos materiais) de ambos os edifícios de habitação. Nesse gráfico estão também marcadas, à escala, as anuidades.

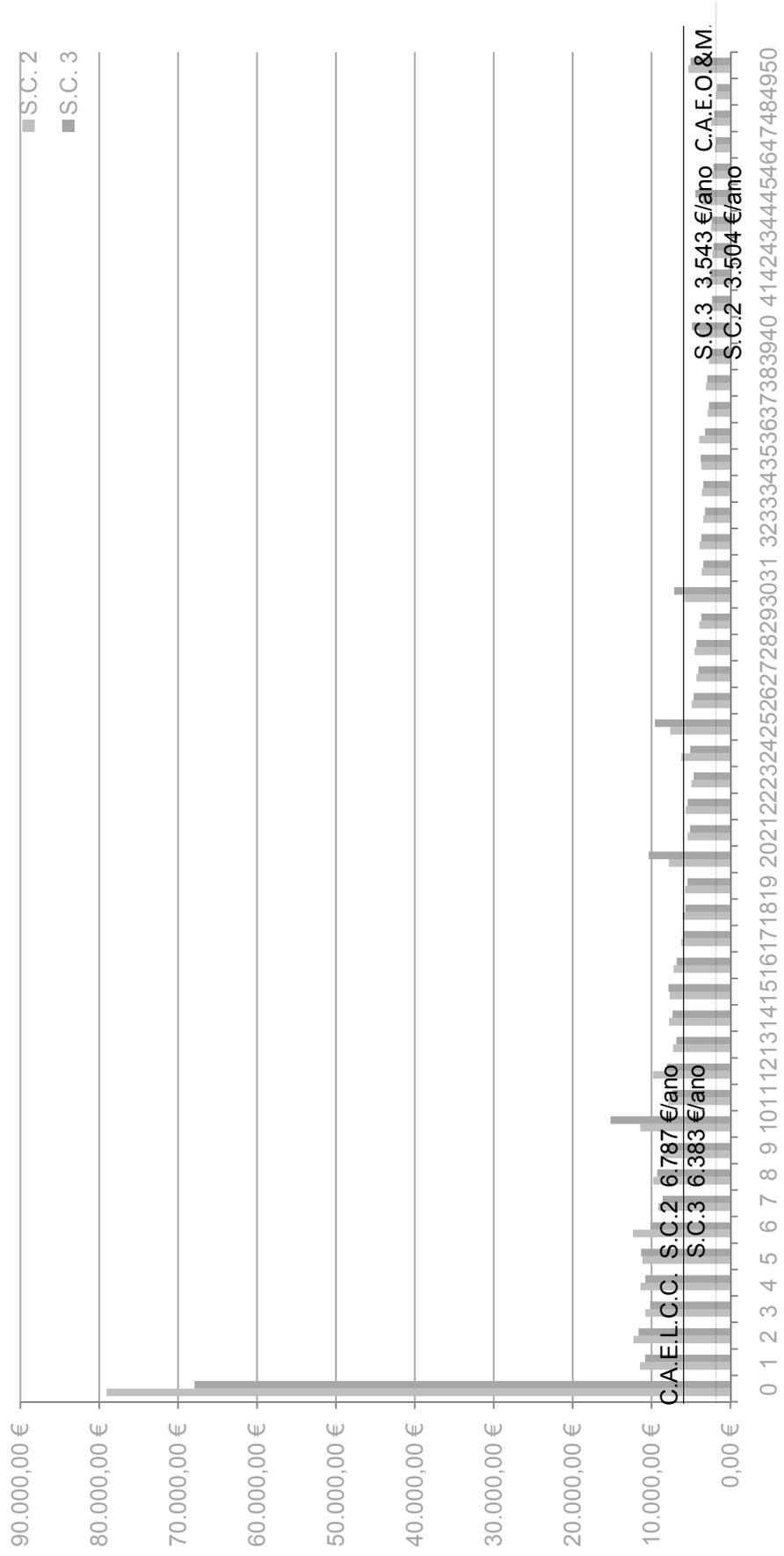
4.2. Análise de sensibilidade

Teste ao resultado de uma análise por alteração dos valores iniciais de um ou mais dos seus parâmetros, a análise de sensibilidade pode ser um meio importante no acesso a informação adicional que valha a pena ter em conta e quais as hipóteses mais significativas a pôr. Também pode ser utilizada para considerar a flexibilidade ou variabilidade dos requisitos durante o período de análise do ciclo de vida.

Repetir o cálculo da análise com uma extensão de dados variáveis pode indicar a vulnerabilidade do custo do ciclo de vida à variabilidade dos dados.

As extensões da análise de sensibilidade devem ser prováveis nos limites da antecipação e servir os objetivos do cliente, permitindo ajudar a identificar quais os dados inseridos que maior impacte têm no resultado da contabilização do custo do ciclo de vida e quão forte é a decisão final (ISO, 2008).

Figura 4.3. Gráfico comparativo do L.C.C. do S.C.2 e do S.C.3 (Custos por ano)



A norma ISO 15686-5:2008 exemplifica num dos seus anexos análises de sensibilidade para uma série de custos, a diversas taxas de atualização (1%, 3% e 5%) e ainda aumentando e reduzindo tais custos em 10%, respetivamente, ilustrando-se este critério na Figura 4.4.

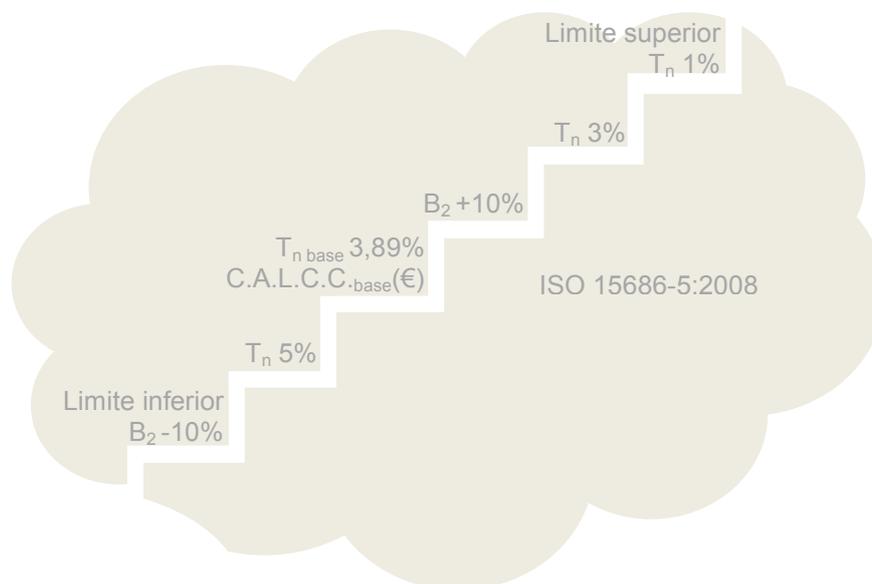


Figura 4.4. Escada representativa da modelação expedita da incerteza, através de uma análise de sensibilidade, segundo a ISO 15686-5:2008

Se a análise de sensibilidade indicar que outras variáveis têm efeito reduzido no que é recomendado, a decisão não deve ser afetada. Se, contudo, a opção recomendada varia com diferentes taxas de atualização, tempo de serviço ou custos, etc. aplicados, tal pode indicar ser necessário análise mais aprofundada ou que a decisão se baseia em fatores além do custo do ciclo de vida.

Hipóteses-chave consideradas passíveis de afetar as incertezas no contexto específico são:

- O impacte de futuras alterações das taxas de atualização;
- O impacte da alteração do período de análise;
- O impacte de futuras alterações nos custos operacionais, tais como os custos energéticos;
- O impacte de futuras alterações nos custos de utilização (ISO, 2008).

Foi executada uma breve análise de sensibilidade, introduzindo-se variações nas taxas de atualização (1%, 3% e 5%), bem como aumentando e reduzindo os custos de Manutenção (Módulo B_2) em 10%, respetivamente. O resultado do cálculo do decisivo parâmetro Custo Anual Equivalente (C.A.E.L.C.C.) só representa a anuidade dos custos Operacionais e de Manutenção (O&M) do ciclo de vida de cada sistema construtivo.

Simularam-se, assim, futuras alterações de modo a calcular-se o valor mínimo do qual resulta o menor custo do ciclo de vida, apresentando-se os resultados na Tabela 4.2.

Comentários imediatos aos resultados finais da análise *L.C.C.* proposta, complementados pela verificação por análise da sensibilidade são: a grande proximidade dos custos dos sistemas construtivos comparados, mas o menor custo dos parâmetros C.A.L. e C.A.E. de todo o ciclo de vida de 50 anos do S.C. 3 é constante e inequívoco.

Tabela 4.2. Análise de sensibilidade aos resultados do L.C.C. do S.C. 2 e do S.C. 3

Variáveis	S.C. 2		S.C. 3
p (anos)	50		50
T _n =1%	231.449,74	C.A.L.C.C. (€)	221.031,55
	9.002,39	C.A.E.L.C.C. (€/ano)	8.597,13
	1.329,97	C.A.E.O.&M. (€/ano)	1.322,47
T _n =3%	183.868,32	C.A.L.C.C. (€)	173.300,23
	7.151,48	C.A.E.L.C.C. (€/ano)	6.740,38
	2.910,47	C.A.E.O.&M. (€/ano)	2.926,60
T _n =3.89%	174.498,20	C.A.L.C.C. (€)	164.109,13
	6.786,98	C.A.E.L.C.C. (€/ano)	6.382,85
	3.503,89	C.A.E.O.&M. (€/ano)	3.543,49
T _n =5%	169.880,80	C.A.L.C.C. (€)	160.460,83
	6.607,36	C.A.E.L.C.C. (€/ano)	6.240,93
	4.392,22	C.A.E.L.O.&M. (€/ano)	4.476,88
B ₂ ↑10%	182.755,11	C.A.L.C.C. (€)	172.453,83
	7.108,17	C.A.E.L.C.C. (€/ano)	6.707,45
	3.825,08	C.A.E.O.&M. (€/ano)	3.868,10
B ₂ ↓10%	166.241,29	C.A.L.C.C. (€)	155.764,42
	6.465,79	C.A.E.L.C.C. (€/ano)	6.058,24
	3.182,69	C.A.E.O.&M. (€/ano)	3.218,89

Recorde-se que os custos da manutenção de S.C.3 são mais elevados do que os do S.C. 2., o que explicará, por sua vez, o encarecimento, em poucos Euros, da anuidade operacional e de manutenção (C.A.E.O.&M.) do S.C. 3, às taxas de atualização mais elevadas, bem como investindo e reduzindo a manutenção.

4.3. Discussão dos resultados

Esta comparação dos custos do ciclo de vida de dois sistemas construtivos, o S.C. 2 com estrutura reticulada de madeira e o S.C. 3 com estrutura porticada de betão armado, para uma obra com a mesma arquitetura, foi conduzida a partir de estudos de mercado relativamente aos custos praticados, para a execução e para a manutenção, pelos fabricantes ou representantes de cada um desses sistemas construtivos. A pesquisa de mercado baseou-se na consulta a entidades locais para os serviços de transporte, construção e processo de fim de vida (módulos A₄, A₅, C₂ e C₄, respetivamente).

Os custos de Pré-construção assumem-se idênticos, pelo que não se considerou variação desse custo (Hasan *et al*, 2007).

Os custos de Construção requereram dados específicos, nomeadamente projeto de Arquitetura e de algumas especialidades de Engenharia, desenvolvidos à escala do licenciamento.

Para os custos de Transporte e de Descarte, ou de deposição de resíduos em fim de vida calcularam-se cargas de materiais, separados para reciclagem ou para aterro. As empresas consultadas forneceram orçamentos com descritivos mais ou menos detalhados e preços unitários.

O estudo de mercado também encontrou preços unitários de materiais e de mão-de-obra tabelados para 2014, da responsabilidade de entidades especializadas em modelação de custos. Esses preços foram relacionados com quantidades provenientes de medições dos projetos e desse modo se obtiveram orçamentos detalhados para os módulos B₂ (Custos de Manutenção) e C₁ (Custos de Desconstrução).

Os custos da Utilização Operacional da Energia para circuitos elétricos, de telecomunicações e ainda os custos da Utilização Operacional da Água foram calculados com base em tarifários mensais atualizados, em vigor em 2014, da responsabilidade tanto de serviços locais, como de operadoras privadas nacionais. Como recomendado pela norma EN 15646-4:2012 (CEN), estes custos do funcionamento dos edifícios foram contabilizados e apresentados sem agregação aos restantes custos do ciclo de vida dos mesmos. Tais custos operacionais são idênticos de S.C. 2 para S.C. 3, não se revelando decisivos para o apuramento da ordem desta comparação pelo custo.

Já os custos calculados da Utilização Operacional da Energia para acondicionamento ambiente no ciclo de vida revelaram impactes económicos diferenciados para cada edifício, determinados pelo respetivo desempenho térmico. As necessidades de energia útil para acondicionamento do ar interior do S.C. 2 são significativamente menores que as do S.C. 3 e, conseqüentemente, as necessidades de combustível para aquecimento ambiente do primeiro resultam em custos menores que os do segundo.

Os custos Operacionais, por terem pouco impacte financeiro (módulos B_{6,1}), ou por coincidirem no ciclo de vida das soluções construtivas em comparação (módulos B_{6,2} e B₇), consideram-se pouco determinantes para o resultado da presente análise comparativa de edifícios por *L.C.C.*.

Empregaram-se as variáveis do custo ($T_n=3,89\%$ a preços constantes) e do tempo (como explicado em 3.4.1, 50 anos de vida útil normal para ambos os sistemas construtivos, critério ajustado da publicação, em 1999, da *GD 002* da *E.O.T.A.*).

Os resultados obtidos na comparação de custos do ciclo de vida do S.C. 2 e do S.C. 3 determinaram ordenar, do mais caro ao mais barato:

- S.C. 2 (174.498,20 €) e S.C. 3 (164.109,13 €), com base nos Custos Atuais Líquidos (C.A.L.C.C.) a 50 anos;
- S.C. 2 (6.786,98 €/ano) e S.C. 3 (6.382,85 €/ano), com base nos Custos Anuais Equivalentes (C.A.E. L.C.C.) a 50 anos.

Interpreta-se a diferença no ordenamento obtido considerando cada parâmetro isolado, a partir das diferenças de custo de alguns dos oito módulos de informação económica do ciclo de vida contabilizados, as quais influenciam o encarecimento do S.C. 2 quanto à soma de todos os custos

descontados que é o C.A.L.C.C. Comparam-se de seguida os impactes de cada um dos aspetos económicos contabilizados do ciclo de vida do S.C. 2 e do S.C. 3.

A vantagem do S.C. 3 estabeleceu-se nos custos da fase anterior à utilização. Os custos de Construção, parcelas únicas de dinheiro pago uma vez, apresentaram uma vantagem de mais de 10.000 € favorável ao S.C. 3. Os critérios, subjetivos, dos orçamentos das duas empresas locais consultadas podem ter sido influenciados pela distância das sedes dessas entidades ao local da obra: 56 Km para o S.C. 2 e 10 km para o S.C. 3, estando a promotora do S.C. 3 sediada no mesmo município que o terreno da empreitada, bem como a matéria-prima da estrutura do S.C. 3, fatos que poderão ter determinado a diferença do orçamento da construção desse edifício .

Uma comparação dos custos de construção orçamentados com os custos de construção fixos por zona (700,24 €/m²) para 2014, publicados na Portaria n.º. 353/2013 de 4 de Dezembro, apresenta preços por área de construção de 1296 €/m² para o S.C. 2 e de 1112,69 €/m² para o S.C. 3.

Na abordagem aos custos da fase de Utilização, um dos objetivos mais importantes foi minimizar custos de Manutenção, pelo que se optou por estratégias de manutenção economicamente eficientes e adequadas, que resultassem em melhor implementação do orçamento. Deste modo, diferentes estratégias de manutenção preventiva durante o ciclo de vida resultaram da combinação dos parâmetros: valores da vida útil, custos de operações de manutenção, frequência das intervenções, nível mínimo de qualidade e fim da vida útil. Gastos com a manutenção e com a operacionalidade dos edifícios, são custos anuais e pagos regularmente. Em geral, os custos operacionais, de manutenção e de descarte excedem, várias vezes, todos os outros custos iniciais (Dziadosz, 2013), fato comprovável nos gráficos apresentados nas Figuras 4.1 e 4.2.

Na etapa de Utilização, contada às décadas e mais longa do ciclo de vida dos edifícios, o custo da Manutenção do S.C. 2 é pouco menor que o do S.C. 3: resultou reduzida diferença, inferior a 1.000,00 €, favorável ao primeiro no C.A.L.C.C., bem como uma mera diferença favorável de 39,60 €/ano no C.A.E.O.&M., ou anuidade da Utilização, a 50 anos. Como demonstrado no Anexo A, o S.C. 3 perde devido ao custo parcial elevado da substituição do revestimento de parede que é o seu sistema de isolamento térmico pelo exterior: o custo resulta da quantidade desse material (35% de toda a área opaca das fachadas), multiplicada por um preço unitário elevado (230,10 €/m²), apesar de ser um trabalho de manutenção planeado apenas para o 25º ano da vida útil de referência.

No aspeto económico da Manutenção, os trabalhos do S.C. 2 são a conservação, com periodicidade curta (inferior a 10 anos) dos seus revestimentos, de espessura reduzida tal como o respetivo preço unitário, mas que protegem a madeira da estrutura, bem como a conservação, em ciclo longo (ao 25º ano), das fundações de betão armado e da própria armação de pinho. Tal estratégia resultou num custo de Manutenção mais reduzido do que o do S.C. 3.

Verificou-se, no entanto, que, daqui a 50 anos, a Desconstrução do S.C. 2 (5.027,10 €) é mais onerosa do que a do S.C. 3 (3.933,02 €). Analisada a contabilização no Anexo D, atribuiu-se esse fato ao S.C. 2 requerer trabalhos que resultarão em custos globais mais elevados por apresentarem custos parciais agravados.

Por outro lado, o mesmo S.C. 2 tem menores custos de Transporte para fim de vida, (388,70 €), em prejuízo de 976,20 € para o S.C. 3, pois o primeiro contém menor carga de materiais.

Finalmente e completando a fase de Fim de Vida, a reciclabilidade que agrava os custos de Desconstrução do S.C. 2 é compensada nos respetivos custos de Descarte ao 50º ano: verificou-se uma valorização do aço e da cablagem de cobre, separável, do S.C. 2, atribuída pela operadora de resíduos com orçamento mais acessível, a ponto de transformar custos de deposição em ganhos de 61,53 €, contra custos de 155,79 € da deposição do S.C. 3. Reveja-se o Anexo F.

Na comparação do Custo do Ciclo de Vida, S.C. 3 é menor, com as diferenças absolutas de 10.389,07 € no C.A.E.L.C.C e de 404,13 €/ano no C.A.E.L.C.C a 50 anos, que agrega todos os custos da vida útil.

A verificação dos resultados por via determinística da Análise de Sensibilidade efetuada, na qual se variaram taxas de atualização e custos de investimento na Manutenção, confirmou sempre a soma e a anuidade do ciclo de vida do S.C. 3 como a mais reduzida.

Concluindo, o custo de uma obra de construção é a grande barreira inicial a pagar para a obtenção do bem para utilização: implica a despesa de dezenas de milhares de euros num período de tempo contado em meses. Muitas vezes custos iniciais mais elevados resultam em custos reduzidos com reparações, produtos danificados, assistência. Além disso, é fácil estimar os custos iniciais assumidos em fase primordial e incluí-los na avaliação do lucro do investimento.

Já o custo da utilização do bem construído reparte-se por alguns milhares de euros durante décadas. A tarefa de prever e relatar, a longo prazo, os custos adicionais é mais difícil a longo prazo dada a situação do mercado, a alteração das taxas, mudanças dos impostos e da inflação, bem como casualidades. É, por isso, muito importante reunir toda a informação sobre despesas, aplicar o modelo adequado de contabilização (Durairaj *et al*, referidos por Dziadosz, 2013) e rever cíclica e oportunamente os resultados.

No caso de estudo apresentado, a tecnologia construtiva cuja implementação tem o custo mais reduzido apresenta, ao longo do ciclo de vida, também menores despesas. Em ambos os indicadores requeridos para a presente análise comparativa de edifícios por L.C.C. - o Custo Atual Líquido e o Custo Anual Equivalente, o S.C. 3 apresenta o melhor desempenho económico, ou o menor custo da vida útil, a 50 anos. A opção do dono da obra pelo S.C. 3 é clara.

4.4. Conclusões do capítulo

Nesta parte do presente estudo foram apresentados, numa tabela e em gráficos com diferentes critérios, os resultados da comparação dos custos da vida útil dos dois sistemas construtivos, apurados no mercado local, para construir uma habitação unifamiliar isolada. Tais resultados foram discutidos global e parcialmente, considerando cada um dos dois parâmetros de comparação do menor custo e o correspondente a cada um dos oito aspetos económicos selecionados do ciclo de

vida do S.C. 2 e do S.C. 3. O procedimento seguiu o da norma EN 15643-4:2012 (CEN), complementado pelo método de cálculo contido na norma ISO 15686:2008. Para a comunicação dos resultados ao cliente, foi aconselhada uma decisão.

Ao estudo de Silvestre (2012), uma análise comparativa de componentes da construção que cruza indicadores económicos, energéticos e ambientais, o presente caso de estudo vem acrescentar a análise económica de todo um edifício, com o objetivo, de acordo com Real (2010), de alargar a escala de visão ao ciclo de vida dos edifícios para a tomada de decisões de investimento.

5. Conclusões e desenvolvimentos futuros

5.1. Considerações gerais

A comparação, por meio do indicador do menor custo do ciclo de vida útil de 50 anos, de duas opções regulamentares para a construção nova da mesma habitação unifamiliar de tipologia T1 com 60,40m² de área bruta, foi o principal objetivo da presente investigação. A resposta ao objetivo estabelecido é que o S.C. 3 é a opção mais económica, resultado confirmado tanto pelo menor Custo Atual Líquido (164.109,13 €, abaixo de 174.498,20 € do S.C. 2), como pela menor anuidade (C.A.E. de 6.382,85 €/ano, comparado com 6.786,98 €/ano do S.C. 2), assumindo-se preços constantes, sem I.V.A. e empregando uma taxa de atualização real com risco de 3,89%.

No interesse do dono da obra e futuro utilizador, a opção com menor custo da vida útil a escolher é a estrutura porticada de betão armado e alvenaria do S.C. 3, por apresentar menores custos em ambos os parâmetros de comparação do *L.C.C.*.

5.2. Considerações específicas

Analisado o indicador do custo por fases do ciclo de vida, a despesa do S.C. 2 com a construção é mais onerosa cerca de 10.000,00 € do que a do S.C. 3 de acordo com os orçamentos detalhados de duas empresas locais situadas, respetivamente, a 45 Km e a 10 Km do local da obra, quantias com previsão de pagamento até ao fim da duração da empreitada, um máximo de 12 meses.

Para a futura fase de Utilização, elaboraram-se dois orçamentos detalhados a partir de manutenção planeada por 49 anos, relacionando quantidades medidas nos dois projetos com preços unitários atuais de tarefas de manutenção corrente em ambos os edifícios. Descontados ao ano 0 e somados, os futuros custos de manutenção situam S.C. 2 (82.569,13 €) pouco mais barato que S.C. 3 (83.447,05 €) por integrar componentes com menor custo de manutenção.

Existe ligeira vantagem para o S.C. 2 (338,17 €), abaixo do S.C. 3 (478,44 €) nos futuros custos do ciclo de vida da Utilização Operacional da Energia para Aquecimento interior. As previsões dos outros dois módulos de custos operacionais selecionados, respetivamente os da Energia para as redes elétricas domésticas e os da Água dos edifícios, resultaram em custos idênticos. Apesar de ocorrerem na etapa de Utilização das construções, todos os futuros custos operacionais se consideraram pouco determinantes para os resultados da presente comparação.

No ano de fim de vida e concentrada em dias, a futura desconstrução do S.C. 2 (5.027,10 €) é ligeiramente mais onerosa para a solução que permite recuperar mais componentes para reciclagem ou reutilização, segundo um orçamento detalhado com atividades mais morosas do que as de breve demolição do S.C. 3 (3.933,02 €).

Ainda no futuro 50º ano e também reduzida a dias, as tarefas de transporte e de descarte, pagas ao peso, são mais onerosas para o S.C. 3, opção com materiais mais densos e menos valorizáveis.

A análise *L.C.C. (Life Cycle Costing)* revelou ao cliente que a solução que requer investimento inicial mais reduzido apresenta o custo do ciclo de vida útil também menor.

Avaliar, à escala do ciclo de vida dos edifícios, a aquisição de bens e serviços de construção é contabilizar ciclicamente as consequências de decisões ou ações que influenciam o desempenho económico do objeto em análise, e visão ampla para a concretização do paradigma atual da sustentabilidade, tão caro à sociedade pós-industrial.

A conservação e a manutenção de edifícios pelos utilizadores deve ser, também, do interesse dos investidores e da indústria da construção. Para a melhoria da gestão da manutenção das diversas componentes dos edifícios, é desejável que os dados sobre a vida útil de referência dos produtos passem a figurar nos respetivos catálogos técnicos, a par de outros parâmetros correntes de desempenho, como o comportamento mecânico, térmico ou acústico, e pelos quais são responsáveis fabricantes e instaladores.

5.3. Desenvolvimentos futuros

A meta imediata é a adjudicação, pelo dono da obra, da opção S.C. 3 para a empreitada da habitação. Adiante e no âmbito *Life Cycle Costing*, bem como de acordo com o procedimento normalizado, a análise deve ser periodicamente revista e atualizada. Assim, futuramente deverá efetuar-se uma avaliação dos custos do edifício, logo que construído e tal como construído, para comparação entre previsões das despesas estimadas e aquelas efetivamente contraídas. Podem sobressair, ou não, desvios das previsões dos custos, necessidade de alterar o planeamento da operacionalidade e da manutenção, aumento dos custos correntes resultantes de adaptações do utilizador, variáveis do custo e do tempo reveladas pessimistas ou otimistas. Tal ajudará a estabelecer o planeamento do ciclo de vida para a etapa de Utilização.

Espera-se que a tradução, explicação e aplicação num caso prático, de duas normas recentes – a EN 15643-4:2012 (CEN) e a ISO 15686-5:2008, respetivamente de âmbito europeu e internacional, complementares no contexto específico e que possibilitam planear, considerando a vida útil dos edifícios, o investimento económico na Construção – setor ainda em recessão em 2015 em Portugal; sirva de consciencialização para os utilizadores que somos, bem como de base de trabalho para outros alunos, atuais e futuros projetistas e clientes. Nomeadamente, a concretização e divulgação de bases de dados nacionais de preços unitários de trabalhos de manutenção.

Referências bibliográficas

Aye, L., Ngo, T., Crawford, R. H., Gammampila, R., Mendis, P., *Life cycle greenhouse gas emissions and energy analysis of prefabricated reusable building modules*. Energy and Buildings, volume 47, páginas 159 a 168, 2012.

Boussabaine, A., Kirkham, R., *Whole Life Cycle Costing: Risk and risk responses*, 1ª. Edição, Blackwell Publishing, Reino Unido, 2004.

Bostancioğlu, E., *Life cycle cost analysis for the residential buildings*. Edição da 11ª. “DBMC international conference on durability of building materials and components”, Istambul, 9 páginas, 2008.

Building Cost Information Service (BCIS), *Building Maintenance Price Book 2014*, 34ª edição, Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS), Reino Unido, 2014.

Câmara Municipal de Caldas da Rainha, *Regulamento e tabela de taxas e licenças do município das Caldas da Rainha*, Dezembro de 2009.

Coelho, A., Brito, J., *Economic analysis of conventional versus selective demolition - A case study*. Resources, Conservation and Recycling, nº.55, páginas 382 a 392, 2011.

Comissão Europeia, The Architects Council of Europe, Ordem dos Arquitetos, *A green Vitruvius - Princípios e práticas de projeto para uma arquitetura sustentável*, Ordem dos Arquitetos, Portugal, 2001.

Comission International du Bâtiment (CIB), *Agenda 21 on sustainable construction*. Report publication nº.237, 1999.

De Capua, A., Giglio, F., *Materic character of constructive dry systems for prefab-house. Research and didactics experience*. Edição da conferência “Portugal SB10: Sustainable building affordable to all”, Vilamoura, páginas 193 a 200, 2010.

Deutsch, M., *Life cycle cost disclosure, consumer behavior and business implications: Evidence from an online field experiment*. Journal of Industrial Ecology, nº.1, volume 14, páginas 103 a 120, 2010.

Dziadosz, A., *The influence of solutions adopted at the stage of planning the building investment on the accuracy of cost estimation*. Procedia Engineering, volume 54, páginas 625 a 635, 2013.

Dos Santos, C., Matias, L., *Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente de edifícios*. Versão atualizada de 2006, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (L.N.E.C.), Lisboa, 2006.

European Committee for Standardization (CEN), *EN 15643-4:2012 - Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Part 4: Framework for the assessment of economic performance*, Bélgica.

European Committee for Standardization (CEN), *FprEN 16627:2014 - Sustainability of construction*

works - Assessment of economic performance of buildings – Calculation methods, Bélgica.

European Organization for Technical Approvals (EOTA), *Assessment of working life of products Guidance Document GD002*, 1999, Bélgica.

Flores-Colen, I., *A manutenção preditiva de edifícios*. Folhas de apoio à unidade curricular “Manutenção das construções”, do “Mestrado avançado em construção e reabilitação”, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2013.

Flores-Colen, I., *Documentação diversa de apoio*. Unidade curricular “Manutenção das construções”, do “Mestrado avançado em construção e reabilitação”, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2013.

Flores-Colen, I., *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na ótica da manutenção preditiva*. Tese de doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008.

Flores-Colen, I., de Brito, J., *Discussion of proactive maintenance strategies in façades coatings of social housing*. *Journal of Building Appraisal*, volume 5,3, páginas 223 a 240, Macmillan Publishers Ltd., 2010, revisto em 2009.

Flores-Colen, I., de Brito, J., *Systematic approach for maintenance budgeting of buildings façades based on predictive and preventive strategies*. *Construction and Building Materials*, número 24, páginas 1718 a 1729, revisto e republicado em 2010.

Gervásio, H., Murinho, V., Santos, P., Mateus, D., *Affordable houses: A sustainable concept for a light weight steel dwelling*. Edição da conferência “Portugal SB10: Sustainable building affordable to all”, Vilamoura, páginas 247 a 254, 2010.

Glogar, I., *A house for eternity? Durability through change: A study on the adaptation history and appreciation of buildings in the urban context*. Edição da conferência conjunta “C.I.B. W104 e W110 - Architecture in the fourth dimension”, E.U.A., páginas 47 a 53, 2011.

Godfaurd, J., Clements-Croome, D., Jeronimidis, G., *Sustainable building solutions: A review of lessons from the natural world*. *Building and Environment*, nº.40, páginas 319 a 328, 2005.

Gupta, Y., *Life cycle models and associated uncertainties*. Part III of Book "Electronic systems effectiveness and life cycle costing". The University of Manitoba, Canadá, ©Springer-Verlag, Alemanha, páginas 535 a 549, 1983.

Hasan, A., Vuolle, M., Sirén, K., *Minimisation of life cycle cost of a detached house using combined simulation and optimisation*. *Building and Environment*, volume 43, páginas 2022 a 2034, 2007.

In-Tae, J., Kun-Mo, L., *Assessment of the ecodesign improvement options using the global warming and economic performance indicators*. *Journal of Cleaner Production*, nº.13, volume 17, páginas 1206 a 1213, 2009.

International Organization for Standardization (ISO), *ISO 15686-1:2000 - Buildings and constructed assets. Service life planning - Part 1: General principles and framework*, Suíça.

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

International Organization for Standardization (ISO), *ISO 15686-8:2008 - Buildings and constructed assets. Service life planning - Part 8: Reference service life and service-life estimation*, Suíça.

Instituto Português da Qualidade (IPQ), *NP EN 13306:2007 - Terminologia da manutenção*, Portugal;

Islam, H., Jollands, M., Setunge, S., *Life cycle assessment and life cycle cost implication of residential buildings - A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 42, páginas 129 a 140, 2015.

Kallaos, J., Norwegian University of Science and Technology Trondheim, *Explicit consideration of time in the life cycle assessment of buildings*. Part of Proceedings "SB10 Espoo: Sustainable Community - BuildingSMART", Finlândia, 2010.

Keoleian, G., Blanchard, S., Reppe, P., *Life cycle energy, costs and strategies for improving a single-family house*. Journal of Industrial Ecology, nº.2, volume 4, páginas 135 a 156, 2001.

Kim, H., Tenreiro, C., Ahn, T., *2D representation of life cycle greenhouse gas emission and life cycle cost of energy conversion for various energy resources*. Korean Journal of Chemical Engineering, nº.10, volume 30, páginas 1882 a 1888, 2013.

Lamelas, D., *Contributo da análise dos custos do ciclo de vida para a gestão da construção sustentável*. Dissertação de mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2010.

Langdon, D., *5.2.5 Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: A common methodology, 2007*. Part of "Deliverable 5.4: Proposed methodology for a Life Cycle Assessment Tool (LCAT)". Mainline Consortium, página 22, 2013.

Langdon, D., Davis Langdon Management Consulting, *Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: Guidance on the use of the LCC Methodology and its application in public procurement - Final Guidance*. 60 páginas, Reino Unido, 2007.

Leckner, M., Zmeureanu, R., *Life cycle cost and energy analysis of a Net Zero Energy House with solar combisystem*. Applied Energy, volume 88, páginas 232 a 241, 2011.

Limão, A., *Seleção de construções sustentáveis na construção*. Dissertação de mestrado em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2007.

Lojas Meo, *Campanha de Setembro de 2014: Net fixa + telefone*, <http://www.meo.pt/pacotes/mais-pacotes/todos-os-pacotes-meo/fibra/net-voz>, consultado em Outubro de 2014.

Marszal, A., Heiselberg, P., Jensen, R., Nørgaard, J., *On-site or off-site renewable energy supply options? Life cycle cost analysis of a Net Zero Energy Building in Denmark*. Energy and Buildings, volume 44, páginas 154 a 165, 2012.

Ministério da Economia e Inovação, Direção Geral da Energia e Geologia, *DESPACHO nº.*

17313/2008 de 26 de Junho – *Fatores de conversão para combustíveis*. Diário da República, Série II, 26 de Junho de 2008, páginas 27912 a 27913.

Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, *PORTARIA n.º.353/2013 de 4 de Dezembro - Preços da habitação por metro quadrado de área útil para o ano de 2014*. Diário da República, Série I, 4 de Dezembro de 2013, página 6644.

Miró, A., *From modular architecture to adaptable collective housing: A design charrette bringing the open building knowledge to the Solar Decathlon 2012 Europe*. Edição da conferência conjunta “C.I.B. W104 e W110 - Architecture in the fourth dimension”, E.U.A., páginas 139 a 145, 2011.

Monteiro, H., Freire, F., *Life cycle assessment of a house with alternative exterior walls: Comparison of three impact assessment methods*. Energy and Buildings, volume 47, páginas 572 a 583, 2012.

Park, M., Hagishima, A., Tanimoto, J., Chun, C., *Willingness to pay for improvements in environmental performance of residential buildings*. Building and Environment, volume 40, páginas 225 a 233, 2013.

Parlamento Europeu, Conselho da União Europeia, *DIRETIVA n.º.24/2014 de 26 de Fevereiro - Contratos públicos e que revoga a Diretiva 2004/18/CE*. Jornal Oficial da União Europeia, L94, 28 de Março de 2014, páginas 65 a 242.

Parlamento Europeu, Conselho da União Europeia, *DIRETIVA n.º.25/2014 de 26 de Fevereiro - Contratos públicos celebrados pelas entidades que operam nos setores da água, da energia, dos transportes e dos serviços postais e que revoga a Diretiva 2004/17/CE*. Jornal Oficial da União Europeia, L94, 28 de Março de 2014, páginas 243 a 374.

Pinheiro, M., *Enquadramento à gestão do ambiente*. Diapositivos de apoio à unidade curricular “Qualidade, ambiente e segurança na construção”, do “Mestrado avançado em construção e reabilitação”, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2012.

Pinheiro, M., *Sistemas de gestão ambiental para a construção sustentável*. Tese de doutoramento em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008.

Real, S., Pinheiro, M., *Life cycle costs as base to define low cost sustainable building solutions*. Edição da conferência “Portugal SB10: Sustainable building affordable to all”, Vilamoura, páginas 313 a 320, 2010.

Rossia, B., Mariqueb, A., Reiterb, S., *Life cycle assessment of residential buildings in three different european locations, basic tool*. Building and Environment, volume 51, páginas 395 a 401, 2012.

Ruegg, R., Marshall, T., *Building economics: Theory and practice*. Van Nostrand Reinhold, E.U.A., 1990.

Sesana, M., Salvalai, G., *Overview on life cycle methodologies and economic feasibility for nZEBs*. Building and Environment, volume 67, páginas 211 a 216, 2013.

Silva, S., *A gestão da atividade de manutenção em edifícios públicos: Modelo e definição de*

estratégias para uma intervenção sustentável. Tese de doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2010.

Silvestre, J., *Life cycle assessment "from cradle to cradle" of building assemblies: Application to external walls*". Tese de doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2012.

Tuhus-Dubrow, D., Krarti, M., *Genetic-algorithm based approach to optimize building envelope design for residential buildings*. Building and Environment, volume 45, páginas 1574 a 1581, 2010.

Yang, F., *Consumption over the life cycle: How different is housing?* Review of Economic Dynamics, volume 12, nº.3, páginas 423 a 443, 2009.

Páginas web

Agência de Gestão da Tesouraria e da Dívida Pública, *Certificados do Tesouro Poupança Mais: Taxa efetiva ilíquida*, <http://www.igcp.pt/gca>, 2014, consultado em Outubro de 2014.

Ambilei, *Receção, triagem e valorização de resíduos*, http://www.ambilei.pt/docs/residuos_autorizados.pdf, consultado em Outubro de 2014.

Banco de Portugal, *Taxas de câmbio de referência diárias*, 2014, <https://www.bportugal.pt/pt-PT/Estatisticas/DominiosEstatisticos/EstatisticasCambiais/Paginas/Taxasdereferenciadiarias.aspx> consultado de Outubro a Dezembro de 2014.

Costmodelling, *Typical life expectancy of building components*, <http://www.costmodelling.com/building-component-lifespans.htm>, consultado em Outubro de 2014.

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), *Comunicado: Tarifas e preços para a energia elétrica em 2014*, <http://www.erse.pt/pt/Paginas>, 2013, consultado em Outubro de 2014.

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), *Tarifas transitórias de venda a clientes finais em Portugal Continental em 2014*, <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/2014/Documents/Diretiva%20ERSE%20252013.pdf>, 2013, consultado em Outubro de 2014.

Fernandez, P., Aguirreamalloa, J., Corres, L., *Market Risk Premium used in 82 countries in 2012: a survey with 7,192 answers*. IESE Business School, Madrid, 2012, acedida por <http://ssrn.com/abstract=2084213>.

Instituto Nacional de Estatística (INE), *Índice harmonizado de preços do consumidor: Taxa de variação média anual – Base 2005*, <http://www.ine.pt>, 2014, consultado em Outubro de 2014.

Leroy Merlin, *Braseiro chapa de aço - preto 9KW*, <http://www.leroymerlin.pt/Site/Produtos/Construcao/Aquecimento-e-acessorios/Salamandras/15954855.aspx>, consultado em Junho de 2015.

Leroy Merlin, *Saco de lenha - sobro 10 Kg*,

<http://www.leroymerlin.pt/Site/Produtos/Construcao/Aquecimento-e-acessorios/Combustiveis/14170884.aspx>, consultado em Junho de 2015.

Renascimento, *Reciclagem de resíduos de construção e demolição*, <http://www.renascimento.pt/pt>, consultado em Outubro de 2014.

Serviços Municipalizados de Caldas da Rainha (SMAS), *Tarifário para o serviço de abastecimento de água*, <http://www.smas-caldas-rainha.pt/portal/page/portal/SMAS/REGULAMENTOS>, consultado em Outubro de 2014.

Valorsul, *Resíduos admissíveis na Valorsul*, <http://www.valorsul.pt/pt/clientes/residuos-admissiveis-na-valorsul.aspx>, 2014, consultado em Outubro de 2014.

Anexos

A. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

B. Cálculo do custo do módulo B_{6.1} (Utilização operacional da energia - Aquecimento)

Cálculo do custo do módulo B_{6.2} (Utilização operacional da energia – Circuitos elétrico e I.T.E.D.)

C. Cálculo do custo do módulo B₇ (Utilização operacional da água)

D. Cálculo do custo do módulo C₁ (Desconstrução)

E. Cálculo do custo do módulo C₂ (Transporte)

F. Cálculo do custo do módulo C₄ (Descarte)

Anexo A

Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Tabela A.1. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	U _h (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Preço unitário (€) ^a	Vida útil típica	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C. 2		
							Quantidades	Custo parcial (€)	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) do 1º ao 49º ano
1	PAVIMENTOS E DRENAGENS EXTERIORES								
1.1	Caleiras								
1.1.1	Trabalhos em caleiras existentes								
1.1.1.1	Limpeza em caleiras de cobertura, incluindo ramais e capitéis: remoção de resíduos, até 2 pisos de altura	m	4,99	19	Anual	Flores-Colen, 2013 / Perret, 1995	17,10 m	85,34 €	1855,67 €
1.2	Meios de acesso exteriores								
1.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				1 u	5,42 €	117,76 €
2	ELEMENTOS EM BETÃO								
2.1	Reparações								
2.1.1	Limpeza de superfícies de betão antes da aplicação de membrana impermeabilizante								
2.1.1.1	Em parede	m ²	6,76	81	25-25	Flores-Colen, 2013 / BS 7543:2003	67,80 m ²	458,56 €	176,62 €
2.2	Membranas impermeabilizantes								
2.2.1	Aplicação de emulsão betuminosa em betão								
2.2.1.1	Em pavimento: duas demãos - proteção com areia	m ²	31,01	81	25-25	Flores-Colen, 2013 / BS 7543:2003			
2.2.1.2	Em parede: 3 demãos	m ²	46,23	81	25-25		67,80 m ²	3134,16 €	1207,19 €
2.3	Escavações								
2.3.1	Escavação de valas								
2.3.1.1	Escavação de vala com ferramentas manuais, de largura superior a 300 mm: solo consistente - profundidades médias:								
2.3.1.1.1	1,00 m de profundidade	m ³	82,52				16,96 m ³	1399,55 €	539,07 €
2.4	Escoramentos								
2.4.1	Suporte de terras em valas: até 2 m de largura, por metro de vala - profundidade máxima até:								
2.4.1.1	1 m	m	30,02				39,12 m	1174,24 €	452,28 €
2.5	Aterro								

Tabela A.1. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodellling.com)	Vida útil típica	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C. 2		
							Quantidades	Custo parcial (€)	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) do 1º ao 49º ano
2.5	Aterro								
2.5.1	Aterro em fundações e compactação de terras em camadas até 225 mm de espessura	m³	24,55						
2.5.1.1	Aterro com ferramentas manuais	m³					16,96 m³	416,40 €	160,39 €
3	ESTRUTURAS DE MADEIRA								C.A.L. elementos em betão 2.535,56 €
3.1	Limpeza de elementos estruturais de pavimento, paredes e cobertura								
3.1.1.	Limpeza cuidada de vigaamento e similares, incluindo remoção de desperdícios								
3.1.1.1	Madeira simples	m	10,31	69	25-25	Vida útil painéis revestimento	612,64 m	6315,73 €	2432,65 €
3.2	Conservação								
3.2.1.	Aplicação à trincha de substância antipútrida								
3.2.1.1	Em retícula de madeira	m	3,10	69	25-25	Vida útil painéis revestimento	612,64 m	1896,95 €	730,65 €
3.2.1.2	Em painéis de fibras de madeira	m³	3,44	51	25-25	Vida útil painéis revestimento	197,90 m³	680,05 €	261,94 €
3.3	Meios de acesso interiores								
3.3.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				2 u	10,83 €	4,17 €
4	CANTARIAS								C.A.L. estruturas de madeira 3.429,41 €
4.1	Limpeza de cantarias								
4.1.1	Geral								
4.1.1.1	Limpeza de musgos e líquenes de pedras de soleira e de parapeito	m	10,28	100	5-5	Flores-Colen, 2013 / Perret, 1995	8,15 m	83,82 €	327,12 €
5	REVESTIMENTOS DE PAREDES								C.A.L. cantarias 327,12 €
5.1	Acabamentos interiores								
5.1.1	Paredes de estuque								
5.1.1.1	Remoção de reboco ou de estuque, remoção de juntas e limpeza das paredes								
5.1.1.1.1.	Área maior que 1 m²	m²	11,71	39	10-10	Flores-Colen, 2013			

Tabela A.1. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C. 2		
							Quantidades	Custo parcial (€)	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) do 1º ao 49º ano
5.1.1.2.	Área maior que 1 m ²	m ²	31,36	39	10-10	Flores-Colen, 2013			
5.1.1.3	Camada de tratamento superficial em painéis de gesso cartonado em paredes								
5.1.1.3.	Área maior que 1 m ²	m ²	11,73		10-10	Flores-Colen, 2013	84,03 m ²	985,67 €	1660,32 €
1									
5.1.2	Paredes revestidas a cerâmico								
5.1.2.1	Manutenção de azulejos								
5.1.2.1.	Limpeza das juntas dos azulejos	m ²	12,00	37	5-5	Flores-Colen, 2013	32,46 m ²	389,52 €	1520,14 €
5.1.2.1.	Substituição do material de preenchimento das juntas	m ²	8,00	37	10-10	Flores-Colen, 2013	32,46 m ²	259,68 €	437,42 €
2									
5.2	Acabamentos exteriores								
5.2.1	Remoção de reboco monacamada, remoção de juntas e limpeza das paredes								
5.2.1.1	Área maior que 1 m ²	m ²	23,01	53	6-6	Flores-Colen, 2013	92,55 m ²	2129,51 €	6950,83 €
5.2.2	Isolamento								
5.2.2.1	Arranque de revestimento ETICS (substituição de placas de isolamento defeituosas e renovação do acabamento em 2 camadas) até 35% da área	m ²	230,10	20-60 (Flores-Colen, 2013, ajustado de ASTM, 2004)	25-25	Silvestre, 2012			
5.3	Meios de acesso exteriores								
5.3.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				2 u	10,83 €	35,35 €
5.4	Meios de acesso interiores								
5.4.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				2 u	10,83 €	42,27 €
6	REVESTIMENTOS DE PISOS								C.A.L. revestimentos de paredes 10.646,33 €
6.1	Revestimento cerâmico, interior e exterior								
6.1.1	Manutenção de ladrilhos cerâmicos								
6.1.1.1	Limpeza das juntas dos ladrilhos	m ²	12,00	37	5-5	Flores-Colen, 2013	68,95 m ²	827,40	3229,01 €
6.1.1.2	Substituição do material de preenchimento das juntas	m ²	8,00	37	10-10	Flores-Colen, 2013	68,95 m ²	551,60	929,15 €

Tabela A.1. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	0,79		Fonte	S.C. 2	C.A.L. (€)	
			Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica			Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Custo parcial (€)
7	REVESTIMENTOS DE TETOS						Quantidades	C.A.L. revestimentos de pisos 4.158,16 €
7.1	Acabamentos interiores							
7.1.1	Tetos de estuque							
7.1.1.1	Corte e acabamento de área danificada em estuque de teto							
7.1.1.1.1	Área maior que 1 m ²	m ²	19,78	39	Flores-Colen, 2013			
7.1.2	Aplicação de camada de tratamento superficial de estuque em teto							
7.1.2.1	Área maior que 1 m ²	m ²	23,24	39	Flores-Colen, 2013			
7.2	Meios de acesso interiores							
7.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42					
8	REVESTIMENTOS DE COBERTURAS PLANAS							C.A.L. revestimentos de tetos 0,00 €
8.1	Limpeza de coberturas							
8.1.1	Lavagem de revestimento de cobertura de aço galvanizado lacado	m ²	4,55	35	Flores-Colen, 2013 / Perret, 1995		68,95 m ²	313,96 € 6826,97 €
8.2	Meios de acesso exteriores							
8.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				1 u	5,42 € 830,25 €
9	TETOS FALSOS							C.A.L. revestimentos de coberturas planas 7.657,22 €
9.1	Acabamentos interiores							
9.1.1	Remoção de painéis de teto suspenso, instalação de grelha e substituição por novos painéis de qualidade básica							
9.1.1.1	Área maior que 1 m ²	m ²	72,90	24	Flores-Colen, 2013 / RICS, 2001		60,40 m ²	4403,38 € 1401,44 €
9.2	Meios de acesso interiores							
9.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				2 u	10,83 € 3,45 €

Tabela A.1. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C. 2		
							Quantidades	Custo parcial (€)	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) do 1º ao 49º ano
10	CARPINTARIAS								
10.1	Portas								
10.1.1	Reparação de portas								
10.1.1.1	Ajustamentos ligeiros de portas								
10.1.1.1.1	Remoção da folha de porta, desempenho, ajuste u e recolocação	u	20,28	31	Anual	Flores-Colen, 2008	3 u	60,83 €	1322,82 €
10.2	Meios de acesso interiores								
10.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				1 u	5,42 €	117,76 €
11	SERRALHARIAS								C.A.L. carpintarias 1.440,58 €
11.1	Janelas								
11.1.1	Reparação de janelas								
11.1.1.1	Reparações gerais em janelas								
11.1.1.1.1	Lubrificação de ferragens de caixilho de janela, u sem remoção	u	5,42	44	10-10	Flores-Colen, 2013 / HAPM, 1996	4 u	21,66 €	36,49 €
11.2	Meios de acesso interiores								
11.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				1 u	5,42 €	9,12 €
12	PINTURAS/MARCAÇÕES/ACABAMENTOS								C.A.L. serralharias 45,61 €
12.1	Paredes								
12.1.1	Paredes interiores								
12.1.1.1	Tinta de água								
12.1.1.1.1	Aplicação de tinta de água de cor branca em paredes de estuque	m ²	4,50		2-2	Flores-Colen, 2008	84,03 m ²	378,55 €	4008,63 €
12.1.1.1.1	Preparação e aplicação da 1ª. camada	m ²	3,14		2-2		84,03 m ²	264,27 €	20644,23 €
12.1.1.1.1	Aplicação de camada adicional								
12.2	Tetos								
12.2.1	Tetos interiores								
12.2.1.1	Preparação								
12.2.1.1.1	Molhagem e limpeza de tetos								

Tabela A.1. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C. 2			
							Quantidades	Custo parcial (€)	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) do 1º ao 49º ano	
12.2.1.1	Com pintura a tinta de água	m ²	1,17		2-2	Flores-Colen, 2008	60,40 m ²	70,41 €	745,56 €	
12.2.1.2 Tinta de água										
12.2.1.2 Aplicação de tinta de água de cor branca em										
.1 tetos de estuque										
12.2.1.2	Preparação e aplicação da 1ª. camada	m ²	5,85		2-2	Flores-Colen, 2008	60,40 m ²	353,50 €	3743,36 €	
12.2.1.2	Aplicação de camada adicional	m ²	3,14		2-2		60,40 m ²	189,95 €	2011,47 €	
12.2.2 Tetos exteriores										
12.2.2.1 Preparação										
12.2.2.1 Molhagem e limpeza de tetos										
.1										
12.2.2.1	Com pintura a tinta plástica	m ²	2,60	10	5-5	Flores-Colen, 2008				
.1.1										
12.2.2.2 Tinta plástica										
12.2.2.2 Aplicação de tinta plástica de cor branca em										
.1 tetos de reboco										
12.2.2.2	Preparação e aplicação da 1ª. camada	m ²	5,85	10	5-5	Flores-Colen, 2008				
.1.1										
12.2.2.2	Aplicação de camada adicional	m ²	3,14	10						
.1.2										
12.2.2.3 Aplicação de 2 camadas de verniz de poliuretano em superfícies de madeira previamente tratadas e preparadas										
12.2.2.3	Superfícies em geral	m ²	5,18	5	2-2	Flores-Colen, 2013 / BS 7543:2003	8,56 m ²	44,33 €	469,43 €	
.1				(Flores-Colen, 2013/ BS 7543:2003)						
12.3 Meios de acesso exteriores										
12.3.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				1 u	5,42 €	57,35 €	
12.4 Meios de acesso interiores										
12.4	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				2 u	10,83 €	114,69 €	
13	INSTALAÇÕES DE CANALIZAÇÃO E EQUIPAMENTOS								C.A.L. pinturas/marcações/acabamentos 31.794,72 €	

Tabela A.1. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	U _n	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica (anos)	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C. 2		
							Quantidades	Custo parcial (€)	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) do 1º ao 49º ano
13.1	13.1.1								
	13.1.1.1								
		u	30,71	25	3-3	Flores-Colen, 2013	3 u	92,13 €	637,88 €
		u	25,80	25	3-3	Flores-Colen, 2013	1 u	25,80 €	178,66 €
13.1.2	13.1.2.1								
		u	255,14	25	Anual	Instalador local	1 u	255,14 €	5547,91 €
13.2	13.2.1								
		u	21,01		3-3	Flores-Colen, 2013	1 u	21,01 €	145,45 €
		u	7,09	5-15	3-3	Flores-Colen, 2013	4 u	28,36 €	196,40 €
		u	5,33	36	3-3	Flores-Colen, 2013	1 u	5,33 €	36,91 €
		u	38,44	36	35-35	costmodelling.com	1 u	38,44 €	10,11 €
		u	23,36	36	35-35	costmodelling.com	1 u	23,36 €	6,14 €
13.2.2	13.2.2.1								
		u	30,06		Anual	Venda a retalho	1 u	30,06 €	653,75 €

Tabela A.1. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	U _h	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica (costmodelling.com)	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C. 2	
							Quantidades	Custo parcial (€)
13.2.2.2	Remoção e substituição de salamandria obsoleta e substituição por nova unidade, incluindo todos os trabalhos, conexão à conduta de evacuação de fumos, baldeação de desperdícios e acabamento	u	406,99	20-30	25-25	Venda a retalho	1 u	406,99 €
13.3	Meios de acesso exteriores							
13.3.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				1 u	5,42 €
14	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E EQUIPAMENTOS							
14.1	Substituições e reparações							
14.1.1	Iluminação							
14.1.1.1	Trabalhos em lâmpadas							
14.1.1.1.1	Substituição de tubo fluorescente, com ø 25 mm - instalação à vista	u	9,58	4	4-4	costmodelling.com	1 u	9,58 €
14.1.1.1.1	Limpeza de instalação de tubo fluorescente	u	7,31	4	4-4	costmodelling.com	1 u	7,31 €
14.2	Trabalhos exteriores							
14.2.1	Iluminação							
14.2.1.1	Trabalhos diversos							
14.2.1.1	Substituição de lâmpadas economizadoras normalizadas	u	14,98	10	10-10	Venda a retalho	7 u	104,89 €
14.3	Comandos e antenas							
14.3.1	Instalações de comunicação							
14.3.1.1	IPA e instalações de comunicação							
14.3.1.1	Serviço de inspeção anual	u	36,50		Anual	RICS, 2014	1 u	36,50 €
14.3.2	Trabalhos em equipamento de cozinha							
14.3.2.1	Comandos de equipamento de cozinha							
14.3.2.1	Inspeção e verificação de painel de comando de placa de cozinha	u	14,60	17	Anual	RICS, 2014	1,00 u	14,60 €
14.4	Ligações à terra e testes							
14.4.1	Testes							
14.4.1.1	Instalações							

C.A.L. instalações de canalização e equipamentos 7.687,74 €

Tabela A.1. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	U _h	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica (anos)	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C. 2		
							Quantidades	Custo parcial (€)	
14.4.1.1	Teste elétrico completo a instalação doméstica	u	190,75	30	Anual	RICS, 2014	1,00 u	190,75 €	4147,73 €
14.5	Meios de acesso interiores								
14.5.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	8,92				1 u	8,92 €	15,03 €
								C.A.L. instalações elétricas	5.536,51 €
								C.A.L.	78637,26 €
								Acréscimo de 5% para Alterações (B _k) imprevistas	82569,13 €

^aPreço unitário agravado pelo câmbio de moeda da Libra Esterlina para o Euro de 1,21425, consultado em Outubro de 2014 em www.bportugal.pt, dado a fonte dos preços unitários tabelados adotada ser unicamente de edição britânica.

Tabela A.2. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	U _h (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Preço unitário (€) ^a	Vida útil típica	Manutenção Períodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C.3		
							Custo parcial (€)	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) do 1º ao 49º ano	
1	PAVIMENTOS E DRENAGENS EXTERIORES								
1.1	Caleiras								
1.1.1	Trabalhos em caleiras existentes								
1.1.1.1	Limpeza em caleiras de cobertura, incluindo ramais e capitéis: remoção de resíduos, até 2 pisos de altura	m	4,99	19	Anual	Flores-Colen, 2013 / Perret, 1995	17,10 m	85,34 €	1855,67 €
1.2	Meios de acesso exteriores								
1.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				1 u	5,42 €	117,76 €
2	ELEMENTOS EM BETÃO								
2.1	Reparações								
2.1.1	Limpeza de superfícies de betão antes da aplicação de membrana impermeabilizante								
2.1.1.1	Em parede	m ²	6,76	81	25-25	Flores-Colen, 2013 / BS 7543:2003	44,80 m ²	302,98 €	116,70 €
2.2	Membranas impermeabilizantes								
2.2.1	Aplicação de emulsão betuminosa em betão								
2.2.1.1	Em pavimento: duas demãos - proteção com areia	m ²	31,01	81	25-25	Flores-Colen, 2013 / BS 7543:2003	88,66 m ²	2749,52 €	1059,04 €
2.2.1.2	Em parede: 3 demãos	m ²	46,23	81	25-25		44,80 m ²	2070,84 €	797,63 €
2.3	Escavações								
2.3.1	Escavação de valas								
2.3.1.1	Escavação de vala com ferramentas manuais, de largura superior a 300 mm: solo consistente - profundidades médias:								
2.3.1.1.1	1,00 m de profundidade	m ³	82,52				16,96 m ³	1399,55 €	539,07 €
2.4	Escoramentos								
2.4.1	Suporte de terras em valas: até 2 m de largura, por metro de vala - profundidade máxima até:								
2.4.1.1	1 m	m	30,02				39,12 m	1174,24 €	452,28 €
2.5	Aterro								

C.A.L. pavimentos e drenagens exteriores 1.973,43 €

Tabela A.2. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	0,79		Fonte	S.C.3	Custo parcial (€)	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) do 1º ao 49º ano
			Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica				
2.5.1	Aterro em fundações e compactação de terras em camadas até 225 mm de espessura							
2.5.1.1	Aterro com ferramentas manuais	m ³	24,55			16,96 m ³	416,40 €	160,39 €
3	ESTRUTURAS DE MADEIRA						C.A.L. elementos em betão	3.125,12 €
3.1	Limpeza de elementos estruturais de pavimento, paredes e cobertura							
3.1.1.	Limpeza cuidada de viga e similares, incluindo remoção de desperdícios							
3.1.1.1	Madeira simples	m	10,31	69	25-25	Vida útil painéis revestimento		
3.2	Conservação							
3.2.1.	Aplicação à trincha de substância antipútrida							
3.2.1.1	Em reticula de madeira	m	3,10	69	25-25	Vida útil painéis revestimento		
3.2.1.2	Em painéis de fibras de madeira	m ³	3,44	51	25-25	Vida útil painéis revestimento		
3.3	Meios de acesso interiores							
3.3.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42					
4	CANTARIAS						C.A.L. estruturas de madeira	0,00 €
4.1	Limpeza de cantarias							
4.1.1	Geral							
4.1.1.1	Limpeza de musgos e líquenes de pedras de soleira e de parapeito	m	10,28	100	5-5	Flores-Colen, 2013 / Perret, 1995	486,16 €	1897,28 €
5	REVESTIMENTOS DE PAREDES							C.A.L. cantarias 1.897,28 €
5.1	Acabamentos interiores							
5.1.1	Paredes de estuque							
5.1.1.1	Remoção de reboco ou de estuque, remoção de juntas e limpeza das paredes							
5.1.1.1.1	Área maior que 1 m ²	m ²	11,71	39	10-10	Flores-Colen, 2013	1079,66 €	1818,64 €
5.1.1.2	Aplicação em paredes de 12 mm de estuque à base de gesso e agregados leves, em 2 camadas							

Tabela A.2. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C.3		
							Quantidades	Custo parcial (€)	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) do 1º ao 49º ano
5.1.1.2.	Área maior que 1 m ²	m ²	31,36	39	10-10	Flores-Colen, 2013	92,24 m ²	2892,90 €	4872,97 €
5.1.1.3	Camada de tratamento superficial em painéis de gesso cartonado em paredes								
5.1.1.3.	Área maior que 1 m ²	m ²	11,73		10-10	Flores-Colen, 2013			
5.1.2	Paredes revestidas a cerâmico								
5.1.2.1	Manutenção de azulejos								
5.1.2.1.	Limpeza das juntas dos azulejos	m ²	12,00	37	5-5	Flores-Colen, 2013	34,88 m ²	418,56 €	1633,47 €
5.1.2.1.	Substituição do material de preenchimento das juntas	m ²	8,00	37	10-10	Flores-Colen, 2013	34,88 m ²	279,04 €	470,03 €
5.2	Acabamentos exteriores								
5.2.1	Remoção de reboco monocamada, remoção de juntas e limpeza das paredes								
5.2.1.1	Área maior que 1 m ²	m ²	23,01	53	6-6	Flores-Colen, 2013			
5.2.2	Isolamento								
5.2.2.1	Arranque de revestimento ETICS (substituição de placas de isolamento defeituosas e renovação do acabamento em 2 camadas) até 35% da área	m ²	230,10	20-60 (Flores-Colen, 2013, ajustado de ASTM, 2004)	25-25	Silvestre, 2012	33,14 m ²	7624,78 €	2936,86 €
5.3	Meios de acesso exteriores								
5.3.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				2 u	10,83 €	4,17 €
5.4	Meios de acesso interiores								
5.3.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				2 u	10,83 €	42,27 €
6	REVESTIMENTOS DE PISOS								C.A.L. revestimentos de paredes 11.778,41 €
6.1	Revestimento cerâmico, interior e exterior								
6.1.1	Manutenção de ladrilhos cerâmicos								
6.1.1.1	Limpeza das juntas dos ladrilhos	m ²	12,00	37	5-5	Flores-Colen, 2013	68,95 m ²		269,08 €
6.1.1.2	Substituição do material de preenchimento das juntas	m ²	8,00	37	10-10	Flores-Colen, 2013	176,00 m ²		296,46 €

Tabela A.2. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	0,79		Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C.3	
			Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica			Custo parcial (€)	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) do 1º ao 49º ano
7	REVESTIMENTOS DE TETOS						Quantidades	C.A.L. revestimentos de pisos 565,55 €
7.1	Acabamentos interiores							
7.1.1	Tetos de estuque							
7.1.1.1	Corte e acabamento de área danificada em estuque de teto							
7.1.1.1.1	Área maior que 1 m ²	m ²	19,78	39	10-10	Flores-Colen, 2013	60,40 m ²	1194,72 € 2012,46 €
7.1.2	Aplicação de camada de tratamento superficial de estuque em teto							
7.1.2.1	Área maior que 1 m ²	m ²	23,24	39	10-10	Flores-Colen, 2013	60,40 m ²	1403,70 2364,47 €
7.2	Meios de acesso interiores							
7.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				2 u	10,83 € 18,24 €
8	REVESTIMENTOS DE COBERTURAS PLANAS							C.A.L. revestimentos de tetos 4.395,17 €
8.1	Limpeza de coberturas							
8.1.1	Lavagem de revestimento de cobertura de aço galvanizado lacado	m ²	4,55	35	Anual	Flores-Colen, 2013 / Perret, 1995	68,95 m ²	313,96 € 6826,97 €
8.2	Meios de acesso exteriores							
8.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				1 u	5,42 € 117,76 €
9	TETOS FALSOS							C.A.L. revestimentos de coberturas planas 6.944,73 €
9.1	Acabamentos interiores							
9.1.1	Remoção de painéis de teto suspenso, instalação de grelha e substituição por novos painéis de qualidade básica							
9.1.1.1	Área maior que 1 m ²	m ²	72,90	24	30-30	Flores-Colen, 2013 / RICS, 2001		
9.2	Meios de acesso interiores							
9.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42					C.A.L. tetos falsos 0,00 €

Tabela A.2. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C.3	
							Quantidades	Custo parcial (€)
10	CARPINTARIAS							
10.1	Portas							
10.1.1	Reparação de portas							
10.1.1.1	Ajustamentos ligeiros de portas							
10.1.1.1.1	Remoção da folha de porta, desempenho, ajuste u e recolocação	u	20,28	31	Anual	Flores-Colen, 2008	3 u	60,83 € 1322,82 €
10.2	Meios de acesso interiores							
10.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				1 u	5,42 € 117,76 €
11	SERRALHARIAS							C.A.L. carpintarias 1.440,58 €
11.1	Janelas							
11.1.1	Reparação de janelas							
11.1.1.1	Reparações gerais em janelas							
11.1.1.1.1	Lubrificação de ferragens de caixilho de janela, u sem remoção	u	5,42	44	10-10	Flores-Colen, 2013 / HAPM, 1996	4 u	21,66 € 36,49 €
11.2	Meios de acesso interiores							
11.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				1 u	5,42 € 9,12 €
12	PINTURAS/MARCAÇÕES/ACABAMENTOS							C.A.L. serralharias 45,61 €
12.1	Paredes							
12.1.1	Paredes interiores							
12.1.1.1	Tinta de água							
12.1.1.1.1	Aplicação de tinta de água de cor branca em paredes de estuque	m ²	4,50		2-2	Flores-Colen, 2008	92,24 m ²	415,51 € 4399,99 €
12.1.1.1.1	Preparação e aplicação da 1ª. camada	m ²	3,14		2-2		92,24 m ²	290,07 € 22659,71 €
12.1.1.1.1	Aplicação de camada adicional							
12.2	Tetos							
12.2.1	Tetos interiores							
12.2.1.1	Preparação							
12.2.1.1.1	Molhagem e limpeza de tetos							

Tabela A.2. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C.3	
							Quantidades	Custo parcial (€)
12.2.1.1	Com pintura a tinta de água	m ²	1,17		2-2	Flores-Colen, 2008	60,40 m ²	70,41 €
12.2.1.2 Tinta de água								
12.2.1.2.2 Aplicação de tinta de água de cor branca em tetos de estuque								
12.2.1.2	Preparação e aplicação da 1ª. camada	m ²	5,85		2-2	Flores-Colen, 2008	60,40 m ²	353,50 €
12.2.1.2	Aplicação de camada adicional	m ²	3,14		2-2		60,40 m ²	189,95 €
12.2.2 Tetos exteriores								
12.2.2.1 Preparação								
12.2.2.1 Molhagem e limpeza de tetos								
12.2.2.1	Com pintura a tinta plástica	m ²	2,60	10	5-5	Flores-Colen, 2008	8,56 m ²	22,25 €
12.2.2.2 Tinta plástica								
12.2.2.2 Aplicação de tinta plástica de cor branca em tetos de reboco								
12.2.2.2	Preparação e aplicação da 1ª. camada	m ²	5,85	10	5-5	Flores-Colen, 2008	8,56 m ²	50,09 €
12.2.2.2	Aplicação de camada adicional	m ²	3,14	10			8,56 m ²	26,91 €
12.2.2.3 Aplicação de 2 camadas de verniz de poliuretano em superfícies de madeira previamente tratadas e preparadas								
12.2.2.3	Superfícies em geral	m ²	5,18	5	2-2	Flores-Colen, 2013 / BS 7543:2003		
12.3 Meios de acesso exteriores								
12.3.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				1 u	5,42 €
12.4 Meios de acesso interiores								
12.4	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				2 u	10,83 €
13	INSTALAÇÕES DE CANALIZAÇÃO E EQUIPAMENTOS							C.A.L. pinturas/marcações/acabamentos 34.083,26 €

Tabela A.2. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica (anos)	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C.3		
							Quantidades	Custo parcial (€)	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) do 1º ao 49º ano
13.1	13.1.1								
	13.1.1.1								
		u	30,71	25	3-3	Flores-Colen, 2013	3 u	92,13 €	637,88 €
		u	25,80	25	3-3	Flores-Colen, 2013	1 u	25,80 €	178,66 €
13.1.2	13.1.2.1								
		u	255,14	25	Anual	Instalador local	1 u	255,14 €	5547,91 €
13.2	13.2.1								
		u	21,01		3-3	Flores-Colen, 2013	1 u	21,01 €	145,45 €
		u	7,09	5-15	3-3	Flores-Colen, 2013	4 u	28,36 €	196,40 €
		u	5,33	36	3-3	Flores-Colen, 2013	1 u	5,33 €	36,91 €
		u	38,44	36	35-35	costmodelling.com	1 u	38,44 €	10,11 €
		u	23,36	36	35-35	costmodelling.com	1 u	23,36 €	6,14 €
13.2.2	13.2.2.1								
		u	30,06		Anual	Venda a retalho	1 u	30,06 €	653,75 €

Tabela A.2. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	U _n	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica (costmodelling.com)	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C.3		
							Quantidades	Custo parcial (€)	
13.2.2.2	Remoção e substituição de salamandria obsoleta e substituição por nova unidade, incluindo todos os trabalhos, conexão à conduta de evacuação de fumos, baldeação de desperdícios e acabamento	u	406,99	20-30	25-25	Venda a retalho	1 u	406,99 €	156,76 €
13.3	Meios de acesso exteriores								
13.3.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42				1 u	5,42 €	117,76 €
14	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E EQUIPAMENTOS								7.687,74 €
14.1	Substituições e reparações								
14.1.1	Iluminação								
14.1.1.1	Trabalhos em lâmpadas								
14.1.1.1.1	Substituição de tubo fluorescente, com ø 25 mm - instalação à vista	u	9,58	4	4-4	costmodelling.com	1 u	9,58 €	48,79 €
14.1.1.1.1	Limpeza de instalação de tubo fluorescente	u	7,31	4	4-4	costmodelling.com	1 u	7,31 €	37,23 €
14.2	Trabalhos exteriores								
14.2.1	Iluminação								
14.2.1.1	Trabalhos diversos								
14.2.1.1	Substituição de lâmpadas economizadoras normalizadas	u	14,98	10	10-10	Venda a retalho	7 u	104,89 €	176,68 €
14.3	Comandos e antenas								
14.3.1	Instalações de comunicação								
14.3.1.1	IPA e instalações de comunicação								
14.3.1.1	Serviço de inspeção anual	u	36,50		Anual	RICS, 2014	1 u	36,50 €	793,69 €
14.3.2	Trabalhos em equipamento de cozinha								
14.3.2.1	Comandos de equipamento de cozinha								
14.3.2.1	Inspeção e verificação de painel de comando de placa de cozinha	u	14,60	17	Anual	RICS, 2014	1 u	14,60 €	317,37 €
14.4	Ligações à terra e testes								
14.4.1	Testes								
14.4.1.1	Instalações								

Tabela A.2. Cálculo do custo do módulo B₂ (Manutenção)

Código	Descrição dos elementos de construção	U _h	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014) (costmodelling.com)	Vida útil típica (anos)	Manutenção Periodicidade (anos após a construção)	Fonte	S.C.3		
							Quantidades	Custo parcial (€)	
14.4.1.1	Teste elétrico completo a instalação doméstica	u	190,75	30	Anual	RICS, 2014	1 u	190,75 €	4147,73 €
14.5	Meios de acesso interiores								
14.5.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	8,92				1 u	8,92 €	15,03 €
								C.A.L. instalações elétricas	5.536,51 €
								C.A.L.	79473,38 €
								Acréscimo de 5% para Alterações (B _k) imprevistas	83447,05 €

^aPreço unitário agravado pelo câmbio de moeda da Libra Esterlina para o Euro de 1,21425, consultado em Outubro de 2014 em www.bportugal.pt, dado a fonte dos preços unitários tabelados adotada ser unicamente de edição britânica.

Anexo B

Cálculo do custo do módulo B_{6.1} (Utilização operacional da energia - Aquecimento)

Cálculo do custo do módulo B_{6.2} (Utilização operacional da energia – Circuitos elétrico e I.T.E.D.)

Tabela B.1. Cálculo do custo do módulo B_{6,1} (Utilização operacional da energia - Aquecimento)

Sistemas construtivos	Energia primária para aquecimento (kWhEP/m ² .ano) ^a	Energia primária total para aquecimento (kWhEP/m ² .ano) ^a	Energia primária para aquecimento		Energia primária para aquecimento anual proveniente da biomassa (tEP) ^b	Poder calorífico inferior (P.C.I.) da madeira/resíduos de madeira (tEP/t) ^c	Carga anual de lenha (t) ^c	Preço unitário 10Kg lenha sem I.V.A. (€) ^d	Custo anual (€)
			proveniente da biomassa (kWhEP/m ² .ano) ^a	proveniente da biomassa (tEP) ^b					
S.C. 2	189,06	106,51	82,55	0,02	0,330 - 0,373	0,050	3,08	15,55	
S.C. 3	267,48	150,69	116,79	0,03		0,071		22,00	

^a Folha de cálculo do Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (R.E.H.). anexo ao D.L. n.º 118/2013 de 20 de Agosto.

^b Equivalência 1 kWh=215x10⁻⁶ tEP, segundo o n.º 3.1 do Despacho n.º17313 de 26 de Junho de 2008 da Direção Geral de Energia e Geologia. Critério de cálculo:

Necessidades de energia primária para aquecimento proveniente da biomassa =

Necessidades de energia primária para aquecimento pela envolvente - Necessidades de energia primária para aquecimento total.

^c Tabela 1 - Poderes caloríficos inferiores (...) para combustíveis, publicada no Despacho n.º17313 de 26 de Junho de 2008 da Direção Geral de Energia e Geologia.

Critério de cálculo:

$$t = \text{tEP} / \text{tEP/t}$$

^d Preço unitário em vigor em Junho de 2015, sem I.V.A. incluído, consultado em www.leroymerlin.pt.

Tabela B.2. Cálculo do custo do módulo B_{6,2} (Utilização operacional da energia- Circuitos elétrico e I.T.E.D.)

Eletricidade	Nº meses	Nº dias mês	Consumo mensal estimado (kWh) ^a	Preço unitário (€) ^b	Custo mensal (€)
			45,89	0,1528	
Tarifário simples BTN normal	1	30	Preço da energia ativa (€)		7,01
			Encargos de potência simples (€) ^b		8,81
			Taxa exploração D.G.E.G. mensal (€) ^c	0,35	0,35
			Imposto Especial Consumo Diário Eletricidade (€) ^d	0,0017	0,051
					16,22
Telecomunicações	Nº meses		Preço mensalidade (€) ^e		Custo mensal (€)
Internet fixa + telefone	1		17,48		17,48

^a Consumo mensal estimado - Correspondente ao consumo aferido numa habitação de tipologia T1 utilizando eletricidade para circuitos de iluminação e tomadas.

^b Preço e encargos – Tarifa simples BTN em vigor em 2014 para 6,9 kVA, consultada em www.edpsu.pt/.

^c Taxa exploração D.G.E.G. mensal - Preço unitário em vigor, consultado numa fatura correspondente a Setembro de 2014.
Critério de cálculo:
Preço = Nº meses x Taxa exploração D.G.E.G. mensal

^d Imposto Especial Consumo Diário Eletricidade - Preço unitário em vigor, consultado numa fatura correspondente a Setembro de 2014.
Critério de cálculo:
Preço = Nº dias/mês x Imposto Especial Consumo Diário Eletricidade

^e Mensalidade em vigor em Setembro de 2014, sem I.V.A. incluído, consultada em www.meo.pt/.

Anexo C

Cálculo do custo do módulo B₇ (Utilização operacional da água)

Tabela C.1. Cálculo do custo do módulo B₇ (Utilização operacional da água)

Abastecimento de água	Nº meses	Consumo mensal estimado (m ³) ^a	Preço unitário (€) ^b	Custo mensal (€)
Tarifa variável	1	0 a 5	0,5300	0,53
Tarifa fixa (30<Ø contador<50 mm)	1		8,4375	8,44
				8,97

Tratamento de esgotos	Nº meses	Volume de saneamento (m ³)	Preço unitário (€)	Custo mensal (€)
Tarifa variável	1	0 a 5	^c 0,2385	0,4055
Tarifa fixa	1		^b 4,00	4,00
				4,41

^a Consumo mensal estimado: 1º escalão da tarifa de abastecimento de água em vigor;

^b Preço m³ – Tarifa para utilizador doméstico em vigor em Setembro de 2014, consultada em www.smas-caldas-rainha.pt/.

^c Tarifa variável de saneamento - É igual ao valor variável do abastecimento de água plasmado em cada fatura a dividir pela totalidade de água consumida na fatura em causa; arredondada a quatro casas decimais multiplicada pelo volume de saneamento que será igual ao volume de água da fatura multiplicado por um factor 0,9. O valor assim obtido será multiplicado por um coeficiente de custo K= 0,5000 (www.smas-caldas-rainha.pt)

Anexo D

Cálculo do custo do módulo C_1 (Desconstrução)

Tabela D.1. Cálculo do custo do módulo C₁ (Desconstrução)

Código	Descrição dos elementos de construção	Preço unitário (€) ^a		S.C.2	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) no 50º ano
		Un	(RICS, 2014)		
1	PAVIMENTOS E DRENAGENS EXTERIORES				
1.1	Caleiras				
1.1.1	Trabalhos em caleiras existentes				
1.1.1.1	Remoção de caleira pluvial, incluindo todos os acessórios e fixações				
1.1.1.1.1	Em ferro moldado	m	11,91	17,10 m	203,69 €
1.2	Tubos de queda				
1.2.1	Trabalhos em tubos de queda existentes				
1.2.1.1	Remoção de tubo de queda, incluindo todas as fixações				
1.2.1.1.1	Metálico	m	9,53	16,52 m	157,47 €
2	ELEMENTOS EM BETÃO				
2.1	Desmantelamento				
2.1.1	Desmantelamento de laje maciça de betão armado (área superior a 4 m²)				
2.1.1.1	Com 200 mm de espessura	m ²	31,67		
2.1.2	Desmantelamento de laje aligeirada de betão armado (área superior a 4 m²)				
2.1.2.1	Com 200 mm de espessura	m ²	54,17		
2.2	Desmantelamento de fundações				
2.2.1	Desmantelamento de sapatas/lintéis de betão armado				
2.2.1.1	Com seção de 200 mm de largura e 200 mm de altura	m	23,19	102,54 m	2378,13 €
2.2.1.2	Com seção de 500 mm de largura e 300 mm de altura	m	88,12		
	Total pavimentos e drenagens exteriores				361,16
					53,58 €
	Total elementos em betão				2378,13 €
					352,82 €

Tabela D.1. Cálculo do custo do módulo C₁ (Desconstrução)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014)	S.C.2		
				Quantidades	Custo parcial (€)	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) no 50º ano
3	ALVENARIAS					
3.1	Divisórias e paredes					
3.1.1	Demolição de paredes, limpeza e transporte dos resíduos a vazadouro					
3.1.1.1	Parede de tijolo a 1/2 vez	m ²	18,97			
3.1.1.2	Parede de tijolo a 1 vez	m ²	35,87			
				Total alvenarias	0,00 €	
4	REVESTIMENTOS DE PAREDES					
4.1	Paredes revestidas a cerâmico					
4.1.1	Arranque de azulejos cerâmicos de paredes					
4.1.1.1	Área maior que 1 m ²	m ²	12,39	31,71 m ²	392,74 €	
				Total revestimentos de paredes	392,74 €	58,27 €
5	REVESTIMENTOS DE PISOS					
5.1.	Arranque de ladrilhos cerâmicos	m ²	15,47	68,95 m ²	1066,63 €	
				Total revestimentos de pisos	1066,63 €	158,24 €
6	REVESTIMENTOS DE TETOS					
6.1.	Remoção de isolamento existente de lá mineral					
6.1.1	Esvaziamento de espaço com isolamento em manta	m ²	13,51	60,40 m ²	816,28 €	
				Total revestimentos de tetos	816,28 €	121,10 €
7	REVESTIMENTOS DE COBERTURAS PLANAS					
7.1	Remoções de coberturas					
7.1.1	Remoção de painéis sandwich de aço lacado e EPS	m ²	17,58	68,95 m ²	1212,30 €	

Tabela D.1. Cálculo do custo do módulo C₁ (Desconstrução)

Código	Descrição dos elementos de construção	Preço unitário (€) ^a		C.A.L. (€) (ISO 15686-5) no 50º ano
		Un	Quantidades	
7.2	Remoção de painéis OSB de cobertura, incluindo transporte a vazadouro			
7.2.1	Arranque de painéis OSB existentes, com área superior a 5 m ²	m ²	68,95	2516,70 €
8	TETOS FALSOS		Total revestimentos de coberturas planas	3729,00 €
8.1	Acabamentos interiores			
8.1.1	Remoção de painéis de teto suspenso, incluindo transporte dos			
8.1.1.1	Tetos com grelha oculta	m ²	60,40	1911,99 €
9	CARPINTARIAS		Total tetos falsos	1911,99 €
9.1	Desmonte de paredes e empilhamento dos materiais			
9.1.1	Painéis OSB, painéis de gesso cartonado, painéis fibro-cimentícios, mantas de lã mineral, montantes, travessas e diagonais de madeira maciça	m ²	164,09	1860,97 €
9.2	Trabalhos em pavimentos e coberturas			
9.2.1	Remoção de painéis OSB e de painéis fibro-cimentícios de pavimento, incluindo transporte a vazadouro			
9.2.1.1	Arranque de painéis OSB e de painéis fibro-cimentícios existentes, com área superior a 5 m ²	m ²	68,95	2516,70 €
9.2.2	Remoção de isolamento existente de lã mineral sob piso			
9.2.2.1	Esvaziamento de espaço com isolamento em manta	m ²	60,40	1344,50 €

Tabela D.1. Cálculo do custo do módulo C₁ (Desconstrução)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	Preço unitário (€) ^a		Quantidades	S.C.2	
			(RICS, 2014)	(ISO 15686-5)		Custo parcial (€)	C.A.L. (€) no 50º ano
			Total equipamento fixo e móvel			1093,14 €	162,18 €
13	INSTALAÇÕES DE CANALIZAÇÃO E EQUIPAMENTOS						
13.1	Tubagens e instalações						
13.1.2	Remoção de tubagens						
13.1.2.1	Remoção de tubagem antiga e armazenamento para reutilização						
13.1.2.1.1	Tubos de plástico até Ø75 mm	m	8,54		9,22 m	78,70 €	
13.1.2.1.2	Tubos de plástico com Ø>76 mm	m	10,24		25,36 m	259,59 €	
13.2	Equipamentos						
13.2.1	Painel solar com termossifão						
13.2.1.1	Drenagem e remoção total do equipamento, incluindo painel, acumulador, bem como limpeza e empilhamento dos elementos para transporte a vazadouro	u	282,92		1,00 u	282,92 €	
13.2.2	Salamandra de aço inox e ferro fundido						
13.2.2.1	Remoção de unidade, incluindo selagem da conduta de evacuação de fumos e transporte dos desperdícios a vazadouro						
13.2.2.1.1	Chapa de aço de 4 mm e interior de ferro fundido, 610x440x370 mm	u	206,84		1,00 u	206,84 €	
13.2.3	Louças sanitárias						
13.2.3.1	Remoção de louças sanitárias e tamponamento das tubagens						
13.2.3.1.1	Trabalhos em várias peças						
13.2.3.1.1.1	Lavatório suspenso	u	64,02		1,00 u	64,02 €	
13.2.3.1.1.2	Lava-louça em aço inox com 1 cuba e 1 ralo	u	64,02		1,00 u	64,02 €	
13.2.3.1.1.3	Sanita com autoclismo acoplado	u	94,83		1,00 u	94,83 €	
13.2.3.1.1.4	Banheira metálica	u	64,02		1,00 u	64,02 €	
14	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS						
14.1	Trabalhos em equipamento						
14.1.1	Eletrodomésticos						
					Total instalações de canalização e equipamentos	1114,93 €	165,41 €

Tabela D.1. Cálculo do custo do módulo C₁ (Desconstrução)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	S.C.2		C.A.L. (€) (ISO 15686-5) no 50º ano
			Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014)	Custo parcial (€)	
14.1.1.1	Desativação e remoção de eletrodoméstico, encastrável ou não, incluindo o armazenamento para reutilização, nova instalação não incluída	u	70,32	5 u 351,60 €	
15	MEIOS DE ACESSO E PROTEÇÃO			Total instalações elétricas	351,60 €
15.1	Meios de acesso exteriores				
15.1.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42	2,00 u	10,83 €
15.2	Meios de acesso interiores				
15.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42	2,00 u	10,83 €
15.3	Escavações				
15.3.1	Escavação de valas				
15.3.1.1	Escavação de vala com ferramentas manuais, de largura superior a 300 mm: solo consistente - profundidades médias:				
15.3.1.1.1	1,00 m de profundidade	m ³	82,52	16,96 m ³	1399,55 €
15.4	Escoramentos				
15.4.1	Suporte de terras em valas: até 2 m de largura, por metro de vala - profundidade máxima até:				
15.4.1.1	1 m	m	30,02	39,12 m	1174,24 €
15.5	Aterro				
15.5.1	Aterro em fundações e compactação de terras em camadas até 225 mm de espessura				
15.5.1.1	Aterro com ferramentas manuais	m ³	40,44	16,96 m ³	685,86 €
				Total meios de acesso e proteção	3281,31 €
				C.A.L.	486,81 €
					5027,10 €

^aPreço unitário agravado pelo câmbio de moeda da Libra Esterlina para o Euro de 1,21425, consultado em Outubro de 2014 em www.bportugal.pt, dado a fonte dos preços unitários tabelados adotada ser unicamente de edição britânica.

Tabela D.2. Cálculo do custo do módulo C₁ (Desconstrução)

Código	Descrição dos elementos de construção	Preço unitário (€) ^a		C.A.L. (€) (ISO 15686-5) no 50º ano	
		Un	(RICS, 2014)		
PAVIMENTOS E DRENAGENS EXTERIORES					
1					
1.1	Caleiras				
1.1.1	Trabalhos em caleiras existentes				
1.1.1.1	Remoção de caleira pluvial, incluindo todos os acessórios e fixações				
1.1.1.1.1	Em ferro moldado	m	11,91		
1.2	Tubos de queda				
1.2.1	Trabalhos em tubos de queda existentes				
1.2.1.1	Remoção de tubo de queda, incluindo todas as fixações				
1.2.1.1.1	Metálico	m	9,53	160,14 €	
2	ELEMENTOS EM BETÃO				
2.1	Desmantelamento				
2.1.1	Desmantelamento de laje maciça de betão armado (área superior a 4 m²)				
2.1.1.1	Com 200 mm de espessura	m ²	31,67	2183,48 €	
2.1.2	Desmantelamento de laje aligeirada de betão armado (área superior a 4 m²)				
2.1.2.1	Com 200 mm de espessura	m ²	54,17	3734,86 €	
2.2	Desmantelamento de fundações				
2.2.1	Desmantelamento de sapatas/lintéis de betão armado				
2.2.1.1	Com seção de 200 mm de largura e 200 mm de altura	m	23,19		
2.2.1.2	Com seção de 500 mm de largura e 300 mm de altura	m	88,12	2872,65 €	
Total pavimentos e drenagens exteriores				160,14	23,76 €
Total elementos em betão				8791,00 €	1304,22 €

Tabela D.2. Cálculo do custo do módulo C₁ (Desconstrução)

Código	Descrição dos elementos de construção	S.C.3		C.A.L. (€) (ISO 15686-5) no 50º ano
		Un	Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014)	
3	ALVENARIAS			
3.1	Divisórias e paredes			
3.1.1	Demolição de paredes, limpeza e transporte dos resíduos a vazadouro			
3.1.1.1	Parede de tijolo a 1/2 vez	m ²	18,97	643,08 €
3.1.1.2	Parede de tijolo a 1 vez	m ²	35,87	4107,60 €
			Total alvenarias	4750,68 €
4	REVESTIMENTOS DE PAREDES			704,80 €
4.1	Paredes revestidas a cerâmico			
4.1.1	Arranque de azulejos cerâmicos de paredes			
4.1.1.1	Área maior que 1 m ²	m ²	12,39	422,71 €
			Total revestimentos de paredes	422,71 €
5	REVESTIMENTOS DE PISOS			62,71 €
5.1.	Arranque de ladrilhos cerâmicos	m ²	15,47	1066,63 €
			Total revestimentos de pisos	1066,63 €
6	REVESTIMENTOS DE TETOS			158,24 €
6.1.	Remoção de isolamento existente de lá mineral			
6.1.1	Esvaziamento de espaço com isolamento em manta	m ²	13,51	
			Total revestimentos de tetos	0,00 €
7	REVESTIMENTOS DE COBERTURAS PLANAS			
7.1	Remoções de coberturas			
7.1.1	Remoção de painéis <i>sandwich</i> de aço lacado e EPS	m ²	17,58	1212,30 €

Tabela D.2. Cálculo do custo do módulo C₁ (Desconstrução)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	S.C.3	
			Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014)	Custo parcial (€)
7.2	Remoção de painéis OSB de cobertura, incluindo transporte a vazadouro			C.A.L. (€) (ISO 15686-5) no 50º ano
7.2.1	Arranque de painéis OSB existentes, com área superior a 5 m ²	m ²	36,50	
8	TETOS FALSOS			
			Total revestimentos de coberturas planas	1212,30 €
				179,86 €
8.1	Acabamentos interiores			
8.1.1	Remoção de painéis de teto suspenso, incluindo transporte dos			
8.1.1.1	Tetos com grelha oculta	m ²	31,66	
9	CARPINTARIAS			
			Total tetos falsos	0,00 €
9.1	Desmonte de paredes e empilhamento dos materiais			
9.1.1	Painéis OSB, painéis de gesso cartonado, painéis fibro-cimentícios, mantas de lã mineral, montantes, travessas e diagonais de madeira maciça	m ²	11,34	
9.2	Trabalhos em pavimentos e coberturas			
9.2.1	Remoção de painéis OSB e de painéis fibro-cimentícios de pavimento, incluindo transporte a vazadouro			
9.2.1.1	Arranque de painéis OSB e de painéis fibro-cimentícios existentes, com área superior a 5 m ²	m ²	36,50	
9.2.2	Remoção de isolamento existente de lã mineral sob piso			
9.2.2.1	Esvaziamento de espaço com isolamento em manta	m ²	22,26	

Tabela D.2. Cálculo do custo do módulo C₁ (Desconstrução)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	S.C.3	
			Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014)	Custo parcial (€)
9.2.3	Remoção de estrutura de pavimento de madeira maciça			C.A.L. (€) (ISO 15686-5) no 50º ano
9.2.3.1	Arranque de estrutura de pavimento e de cobertura de madeira maciça, existentes, com área superior a 5 m ² , incluindo limpeza e transporte dos resíduos a vazadouro	m ²	40,63	
10	SERRALHARIAS			
10.1	Remoção de caixilharias, incluindo cantarias			
10.1.1	Caixilharia metálica (excluindo vidros)	u	711,16	3555,81 €
			Total carpintarias	0,00 €
11	VIDROS			
11.1.	Remoção de folhas inteiras			
11.1.1	Remoção cuidadosa da folha de vidro e armazenamento para reutilização - m medição por perímetro de vidro	m	13,51	709,97 €
			Total serralharias	3555,81 €
12	EQUIPAMENTO FIXO E MÓVEL			
12.1	Remoção de roupeiro embutido, com altura do pavimento ao teto, incluindo portas, paredes, varão, prateleiras e ferragens, bem como limpeza e empilhamento dos elementos para transporte a vazadouro	u	21,35	192,12 €
12.2	Módulos de armários de cozinha			
12.2.1	Remoção de módulos de armários de cozinha	u	36,37	363,67 €
12.2.1.1	Remoção de balcão de cozinha, de quaisquer dimensões, incluindo transporte a vazadouro	m	17,22	51,65 €
12.3	Chaminés			
12.3.1	Remoção de tronco de chaminé abaixo do nível da cobertura, incluindo transporte a vazadouro	u	242,85	485,70 €
			Total vidros	709,97 €
			Total	105,33 €

D.11

Tabela D.2. Cálculo do custo do módulo C₁ (Desconstrução)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	Preço unitário (€) ^a		Quantidades	S.C.3	
			(RICS, 2014)	(ISO 15686-5)		Custo parcial (€)	C.A.L. (€) no 50º ano
			Total equipamento fixo e móvel			1093,14 €	162,18 €
13	INSTALAÇÕES DE CANALIZAÇÃO E EQUIPAMENTOS						
13.1	Tubagens e instalações						
13.1.2	Remoção de tubagens						
13.1.2.1	Remoção de tubagem antiga e armazenamento para reutilização						
13.1.2.1.1	Tubos de plástico até Ø75 mm	m	8,54		9,22 m	78,70 €	
13.1.2.1.2	Tubos de plástico com Ø>76 mm	m	10,24		25,36 m	259,59 €	
13.2	Equipamentos						
13.2.1	Painel solar com termossifão						
13.2.1.1	Drenagem e remoção total do equipamento, incluindo painel, acumulador, bem como limpeza e empilhamento dos elementos para transporte a vazadouro	u	282,92		1,00 u	282,92 €	
13.2.2	Salamandra de aço inox e ferro fundido						
13.2.2.1	Remoção de unidade, incluindo selagem da conduta de evacuação de fumos e transporte dos desperdícios a vazadouro						
13.2.2.1.1	Chapa de aço de 4 mm e interior de ferro fundido, 610x440x370 mm	u	206,84		1,00 u	206,84 €	
13.2.3	Louças sanitárias						
13.2.3.1	Remoção de louças sanitárias e tamponamento das tubagens						
13.2.3.1.1	Trabalhos em várias peças						
13.2.3.1.1.1	Lavatório suspenso	u	64,02		1,00 u	64,02 €	
13.2.3.1.1.2	Lava-louça em aço inox com 1 cuba e 1 ralo	u	64,02		1,00 u	64,02 €	
13.2.3.1.1.3	Sanita com autoclismo acoplado	u	94,83		1,00 u	94,83 €	
13.2.3.1.1.4	Banheira metálica	u	64,02		1,00 u	64,02 €	
14	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS						
14.1	Trabalhos em equipamento						
14.1.1	Eletrodomésticos						
						1114,93 €	165,41 €
			Total instalações de canalização e equipamentos				

Tabela D.2. Cálculo do custo do módulo C₁ (Desconstrução)

Código	Descrição dos elementos de construção	Un	S.C.3	
			Preço unitário (€) ^a (RICS, 2014)	Custo parcial (€)
			Quantidades	C.A.L. (€) (ISO 15686-5) no 50º ano
14.1.1.1	Desativação e remoção de eletrodoméstico, encastrável ou não, incluindo o armazenamento para reutilização, nova instalação não incluída	u	70,32	351,60 €
15	MEIOS DE ACESSO E PROTEÇÃO			52,16 €
15.1	Meios de acesso exteriores			
15.1.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42	10,83 €
15.2	Meios de acesso interiores			
15.2.1	Montagem e desmontagem de escadas extensíveis de 2 peças	u	5,42	10,83 €
15.3	Escavações			
15.3.1	Escavação de valas			
15.3.1.1	Escavação de vala com ferramentas manuais, de largura superior a 300 mm: solo consistente - profundidades médias:			
15.3.1.1.1	1,00 m de profundidade	m ³	82,52	1399,55 €
15.4	Escoramentos			
15.4.1	Suporte de terras em valas: até 2 m de largura, por metro de vala - profundidade máxima até:			
15.4.1.1	1 m	m	30,02	1174,24 €
15.5	Aterro			
15.5.1	Aterro em fundações e compactação de terras em camadas até 225 mm de espessura			
15.5.1.1	Aterro com ferramentas manuais	m ³	40,44	685,86 €
Total instalações elétricas				351,60 €
Total meios de acesso e proteção				486,81 €
				3933,02 €

^aPreço unitário agravado pelo câmbio de moeda da Libra Esterlina para o Euro de 1,21425, consultado em Outubro de 2014 em www.bportugal.pt, dado a fonte dos preços unitários tabelados adotada ser unicamente de edição britânica.

Anexo E

Cálculo do custo do módulo C_2 (Transporte)

Tabela E.1. Cálculo do custo do módulo C₂ (Transporte)

		S.C.2			
Grupos de elementos de construção	Materiais	Tipos de resíduos	Volume (m ³)	Carga (t ^a)	Código L.E.R.
Pavimentos e drenagens exteriores	Alumínio de tubos de queda de rede de drenagem de esgotos pluviais	Alumínio	0,03	0,09	Reciclagem 17 04 02
Elementos em betão	Aço de caieiras de cobertura plana	Aço	0,01	0,06	Reciclagem 17 04 07
	Betão armado em fundações ^c	Agregados limpos	4,10	9,84	Reciclagem 17 01 07
Alvenarias	Betão armado em estrutura porticada, incluindo betomilhas ^{cd}	Agregados limpos			
	Blocos de cimento sobre fundações contínuas	Agregados limpos	5,47	Reciclagem	17 01 07
	Abobadilha cerâmica de leje aligeirada de pavimento	Agregados limpos			
	Tijolo cerâmico em paredes	Agregados limpos			
Cantarias	Soleiras e parapeito de calcário	Pedras	0,05	0,08	Reciclagem 17 01 07
	Capreamento de calcário em platibanda de cobertura plana	Pedras			
Impermeabilizações	Tela de PE em pavimento e tela de PEAD em cobertura plana	Resíduos plásticos		0,013	Aterro 17 06 04
Revestimentos de paredes	Tela betuminosa em cobertura plana	Resíduos plásticos			
	Azulejos cerâmicos	Agregados limpos		0,44	Reciclagem 17 01 07
Revestimentos de pavimentos	Lã mineral, isolamento térmico	Outros resíduos	14,30	2,00	Aterro 17 06 04
	Painéis de EPS de revestimento E.T./C.S.	Resíduos plásticos			
	Ladrilhos cerâmicos	Agregados limpos		1,17	Reciclagem 17 01 07
Revestimentos de tetos	Lã mineral, isolamento térmico	Outros resíduos	6,04	0,85	Aterro 17 06 04
	Aço lacado em chapa perfilada e isolamento térmico de EPS em painéis <i>sandwich</i>	Aço	2,76	0,08	Reciclagem 17 04 07
	Painéis de gesso cartonado	Materiais à base de ges	0,72	0,63	Reciclagem 17 08 02
	Pinho em montantes, diagonais, travessas e vigas de estrutura	Madeira	7,84	4,23	Reciclagem 17 02 01
	Painéis OSB de pavimento, paredes e cobertura	Derivados de madeira	5,26	3,42	Reciclagem 17 02 01
	Painéis fibro-cimentícios de pavimento e paredes	Derivados de madeira	1,91	2,58	Reciclagem 17 02 01
	Painéis de gesso cartonado de paredes	Materiais à base de ges	1,89	0,00	Reciclagem 17 08 02
	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas interiores	Derivados de madeira	0,112	0,06	Reciclagem 17 02 01
	Lã mineral, isolamento térmico sob pavimento	Outros resíduos	6,04	0,85	Aterro 17 06 04
	Alumínio de caixilharias	Alumínio		0,72	Reciclagem 17 04 02
Equipamento fixo e móvel	Vidro duplo em vãos exteriores	Vidro	1,66	4,15	Reciclagem 17 02 02
	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas e laterais de roupeiro	Derivados de madeira	0,14	0,07	Reciclagem 17 02 01
	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas e frentes de gavetas de armários de cozinha	Derivados de madeira	0,14	0,07	Reciclagem 17 02 01
	Tubos de chaminés com 1,90m de altura	Aço	0,01	0,04	Reciclagem 17 04 07

Tabela E.1. Cálculo do custo do módulo C₂ (Transporte)

Grupos de elementos de construção e equipamentos	Materiais	Tipos de resíduos	S.C.2		
			Volume (m ³)	Carga (t ^a)	Código L.E.R.
Instalações de canalização e equipamentos	Tubagens de PEAD em rede de abastecimento de água, incluindo acessórios	Plástico	0,00	0,003	17 02 03
	Tubagens de PPR em rede de abastecimento de água, incluindo acessórios	Plástico	0,01	0,01	17 02 03
	Tubagens de PVC em rede de drenagem de esgotos domésticos, incluindo acessórios	Plástico	0,03	0,04	17 02 03
	Alumínio de placa absorvente de painel solar	Alumínio	0,07	0,07	17 04 02
	Vidro texturizado de revestimento de placa absorvente de painel solar	Vidro	0,01	0,02	17 02 02
	Lã de vidro, isolamento térmico de placa absorvente de painel solar	Outros resíduos	0,08	0,004	17 06 04
	Tubagens em rede de gás ^a	Cobre	0,00	0,011	17 04 01
	Aço esmaltado de terrassifão de painel solar	Aço	0,003	0,02	17 04 07
	Aço esmaltado e ferro fundido de salamandra	Aço e ferro	0,10	0,024	17 04 07
	Placa de confeção, exaustor, forno, frigorífico sob bancada e máquina de lavar roupa	Equipamento elétrico e eletrónico fora de uso		0,14	16 02 14
Instalações elétricas e equipamentos	Cablagens em rede elétrica ^e	Cabos de cobre		0,94	17 04 11
				34,62	17 02 03
			Carga total	34,62	17 02 03
				3,72	17 02 03
				t Reciclagem	
				t Aterro	

^aCálculo da carga a partir das medições do volume (m³) e da massa volumica ρ (kg/m³) (L.N.E.C., 2006) dos materiais de construção.

^bDistância entre o local da obra e o local da deposição dos resíduos.

^cNão se contabilizou a armadura no betão

^dNão se contabilizou o EPS na constituição do pavimento do S.C. 3

^eContabilizaram-se como separáveis as canalizações e os cabos de cobre do S.C. 3

Legenda dos códigos L.E.R. (Lista Europeia de Resíduos) de R.C.D. (Resíduos de Construção e de Demolição):

- 17 04 02 - Alumínio sem outros resíduos
- 17 04 05 - Ferro e aço sem outros resíduos
- 17 04 07 - Mistura de metais sem outros resíduos
- 17 01 07 - Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e mat. cerâmicos sem outros
- 17 06 04 - Lã de rocha, lã de vidro, XPS, EPS e outros mat. de isolamento sem
- 17 08 02 - Gesso cartonado sem outros resíduos
- 17 02 01 - Madeira sem outros resíduos
- 17 04 01 - Cobre, bronze e latão sem outros resíduos

Legenda dos códigos L.E.R. de E.E.E. (Equipamento Elétrico e Eletrónico):

- 16 02 14 - Equipamento fora de uso
- N/A Sem condições de receção

Tabela E.2. Cálculo do custo do módulo C₂ (Transporte)

S.C.2
Operadora R.C.D. a 86 Km^b

Carga parcial (t)	Nº. Contentores 6m ³	Preço unitário colocação contentor 6m ³ (€)	Preço unitário troca contentor 6m ³ (€)	Custo parcial transporte (€)	Reciclagem
0,88	1	230,00	180,00	2390,00	
0,24	1	230,00	180,00	230,00	Aterro
21,18	4	17 01 07 R			
3,76	1	17 06 04 A			
0,63	1	17 08 02 R			
4,23	2	17 02 01 R			
6,20	2	17 02 01 R			
0,95	1	17 04 01 R			
0,14	1	16 02 14 R			

Carga total (t) 34,62 13 R Custo total transporte s/ I.V.A. 2.620,00 €
3,72 1 17 06 04 A

^bDistância entre o local da obra e o local da deposição dos resíduos.

Legenda dos códigos L.E.R. (Lista Europeia de Resíduos) de R.C.D. (Resíduos de Construção e de Demolição):

17 04 02 - Alumínio sem outros resíduos

17 04 05 - Ferro e aço sem outros resíduos

17 04 07 - Mistura de metais sem outros resíduos

17 01 07 - Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e mat. cerâmicos sem outros resíduos

17 06 04 - Lã de rocha, lã de vidro, XPS, EPS e outros mat. de isolamento sem outros resíduos

17 08 02 - Gesso cartonado sem outros resíduos

17 02 01 - Madeira sem outros resíduos

17 04 01 - Cobre, bronze e latão sem outros resíduos

Legenda dos códigos L.E.R. de E.E.E. (Equipamento Elétrico e Eletrónico):

16 02 14 - Equipamento fora de uso

Tabela E.3. Cálculo do custo do módulo C₂ (Transporte)

S.C.2		Operadora R.C.D. a 60 Km ^b		Preço unitário transporte veículo 20t (€)		Preço unitário transporte contentor 6m ³ (€)		Custo parcial transporte veículo 20t (€)		Custo parcial transporte contentor 6m ³ (€)		
Carga parcial (t)	Nº viagens veículo 20t	Nº. Contentores 6m ³										
0,88		1	17 04 02 R	225,00	275,00	450,00	2200,00					Reciclagem
0,21		1	17 04 07 R	225,00	275,00		275,00				275,00	Aterro
21,18	2	17 01 07 R										
3,76		1	17 06 04 A									
0,63		1	17 08 02 R									
4,23		2	17 02 01 R									
6,20		2	17 02 01 R									
0,95		1	17 04 01 R									
N/A		N/A	16 02 14 R									

Carga total (t) 34,62 2 17 01 07 R 9 R Custo total transporte s/ I.V.A. 2.925,00 €
 3,72 1 17 06 04 A

^bDistância entre o local da obra e o local da deposição dos resíduos.
 N/A Sem condições de receção

Legenda dos códigos L.E.R. (Lista Europeia de Resíduos) de R.C.D. (Resíduos de Construção e de Demolição):

- 17 04 02 - Alumínio sem outros resíduos
- 17 04 05 - Ferro e aço sem outros resíduos
- 17 04 07 - Mistura de metais sem outros resíduos
- 17 01 07 - Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e mat. cerâmicos sem outros resíduos
- 17 06 04 - Lã de rocha, lã de vidro, XPS, EPS e outros mat. de isolamento sem outros resíduos
- 17 08 02 - Gesso cartonado sem outros resíduos
- 17 02 01 - Madeira sem outros resíduos
- 17 04 01 - Cobre, bronze e latão sem outros resíduos

Legenda dos códigos L.E.R. de E.E.E. (Equipamento Elétrico e Eletrónico):
 16 02 14 - Equipamento fora de uso

Tabela E.4. Cálculo do custo do módulo C₂ (Transporte)

		S.C.3			
Grupos de elementos de construção e drenagens exteriores	Materiais	Tipos de resíduos	Volume (m ³)	Carga (t) ^a	Código L.E.R.
Elementos em betão	Alumínio de tubos de queda de rede de drenagem de esgotos pluviais	Alumínio	0,03	0,09	Reciclagem 17 04 02
	Aço de calceiras de cobertura plana	Aço	4,89	11,74	Reciclagem 17 01 07
Alvenarias	Betão armado em fundações ^c	Agregados limpos	44,25	106,21	Reciclagem 17 01 07
	Betão armado em estrutura porticada, incluindo betomilhas ^{cd}	Agregados limpos			
	Blocos de cimento sobre fundações contínuas	Agregados limpos	3,75	3,75	Reciclagem 17 01 07
	Abobadilha cerâmica de leje aligeirada de pavimento	Agregados limpos	26,63	48,68	Reciclagem 17 01 07
Cantarias	Tijolo cerâmico em paredes	Agregados limpos	0,09	0,15	Reciclagem 17 01 07
	Soleiras e parapeito de calcário	Pedras			
Impermeabilizações	Capejamento de calcário em platibanda de cobertura plana	Pedras	0,12	0,20	Reciclagem 17 01 07
	Teia de PE em pavimento e teia de PEAD em cobertura plana	Resíduos plásticos			
Revestimentos de paredes	Teia betuminosa em cobertura plana	Resíduos plásticos		0,006	Aterro 17 03 01
	Azulejos cerâmicos	Agregados limpos		0,48	Reciclagem 17 01 07
Revestimentos de pavimentos	Lã mineral, isolamento térmico	Outros resíduos	10,11	0,32	Aterro 17 06 04
	Painéis de EPS de revestimento E.T./C.S.	Resíduos plásticos		1,17	Reciclagem 17 01 07
	Ladrilhos cerâmicos	Agregados limpos			
Revestimentos de coberturas planas	Lã mineral, isolamento térmico	Outros resíduos	2,76	0,08	Reciclagem 17 04 07
	Aço lacado em chapa perfilada e isolamento térmico de EPS em painéis <i>sandwich</i>	Aço			
Tetos falsos	Painéis de gesso cartonado	Materiais à base de gesso			
	Pinho em montantes, diagonais, travessas e vigas de estrutura	Madeira			
Carpintarias	Painéis OSB de pavimento, paredes e cobertura	Derivados de madeira			
	Painéis fibro-cimentícios de pavimento e paredes	Derivados de madeira			
Equipamento fixo e móvel	Painéis de gesso cartonado de paredes	Materiais à base de gesso			
	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas interiores	Derivados de madeira	0,112	0,06	Reciclagem 17 02 01
Serralharias	Lã mineral, isolamento térmico sob pavimento	Outros resíduos			
	Alumínio de caixilharias	Alumínio	1,66	0,72	Reciclagem 17 04 02
Vidros	Vidro duplo em vãos exteriores	Vidro	0,14	4,15	Reciclagem 17 02 02
	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas e laterais de roupeiro	Derivados de madeira		0,07	Reciclagem 17 02 01
Equipamento fixo e móvel	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas e frentes de gavetas de armários de cozinha	Derivados de madeira	0,14	0,07	Reciclagem 17 02 01
	Tubos de chaminés com 1,90m de altura	Aço	0,01	0,04	Reciclagem 17 04 07

Tabela E.4. Cálculo do custo do módulo C₂ (Transporte)

S.C.3		Tipos de resíduos		Volume (m³)	Carga (t) ^a	Destino	Código L.E.R.	
Grupos de elementos de construção e equipamentos	Instalações de canalização e equipamentos	Materiais Tubagens de PEAD em rede de abastecimento de água, incluindo acessórios	Plástico	0,00	0,003	Aterro	17 02 03	
			Plástico	0,01	0,01	Aterro	17 02 03	
			Plástico	0,03	0,04	Aterro	17 02 03	
			Alumínio	0,07	0,07	Reciclagem	17 04 02	
			Vidro	0,02	0,02	Reciclagem	17 02 02	
			Outros resíduos	0,08	0,004	Aterro	17 06 04	
			Cobre	0,00	0,011	Reciclagem	17 04 01	
			Aço	0,00	0,02	Reciclagem	17 04 07	
			Aço e ferro	0,10	0,024	Reciclagem	17 04 07	
			Equipamento elétrico e eletrónico fora de uso		0,14	Reciclagem	16 02 14	
			Cablagens em rede elétrica ^e		0,94	Reciclagem	17 04 11	
			Carga total		178,91	t	Reciclagem	
					0,35	t	Aterro	

^aCálculo da carga a partir das medições do volume (m³) e da massa volumica ρ (kg/m³) (L.N.E.C., 2006) dos

^bDistância entre o local da obra e o local da deposição dos resíduos.

^cNão se contabilizou a armadura no betão

^dNão se contabilizou o EPS na constituição do pavimento do S.C. 3

^eContabilizaram-se como separáveis as canalizações e os cabos de cobre do S.C. 3

Legenda dos códigos L.E.R. (Lista Europeia de Resíduos) de R.C.D. (Resíduos de Construção e de Demolição):

- 17 04 02 - Alumínio sem outros resíduos
- 17 04 05 - Ferro e aço sem outros resíduos
- 17 04 07 - Mistura de metais sem outros resíduos
- 17 01 07 - Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e mat. cerâmicos sem outros
- 17 06 04 - Lã de rocha, lã de vidro, XPS, EPS e outros mat. de isolamento sem
- 17 08 02 - Gesso cartonado sem outros resíduos
- 17 02 01 - Madeira sem outros resíduos
- 17 04 01 - Cobre, bronze e latão sem outros resíduos

Legenda dos códigos L.E.R. de E.E.E. (Equipamento Elétrico e Eletrónico):

- 16 02 14 - Equipamento fora de uso
- N/A Sem condições de receção

Tabela E.5. Cálculo do custo do módulo C₂ (Transporte)

S.C.3

Operadora R.C.D. a 86 Km^b

Carga parcial (Nº contentores 6m ³)	Preço unitário colocação contentor 6m ³ (€)	Preço unitário troca contentor 6m ³ (€)	Custo parcial transporte (€)	Reciclagem
0,88	1 17 04 02 R	230,00	180,00	6350,00
0,17	1 17 04 07 R	230,00	180,00	230,00
176,54	30 17 01 07 R			
0,39	1 17 06 04 A			
0,20	1 17 02 01 R			
0,95	1 17 04 01 R			
0,14	1 16 02 14 R			

Carga total (t) 178,91 35 R Custo total transporte s/ I.V.A. 6.580,00 €
0,35 1 17 06 04 A

^bDistância entre o local da obra e o local da deposição dos resíduos.

^cNão se contabilizou a armadura no betão

^dNão se contabilizou o EPS na constituição do pavimento do S.C. 3

Legenda dos códigos L.E.R. (Lista Europeia de Resíduos) de R.C.D. (Resíduos de Construção e de Demolição):

- 17 04 02 - Alumínio sem outros resíduos
- 17 04 05 - Ferro e aço sem outros resíduos
- 17 04 07 - Mistura de metais sem outros resíduos
- 17 01 07 - Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e mat. cerâmicos sem outros resíduos
- 17 06 04 - Lã de rocha, lã de vidro, XPS, EPS e outros mat. de isolamento sem outros resíduos
- 17 08 02 - Gesso cartonado sem outros resíduos
- 17 02 01 - Madeira sem outros resíduos
- 17 04 01 - Cobre, bronze e latão sem outros resíduos

Legenda dos códigos L.E.R. de E.E.E. (Equipamento Elétrico e Eletrónico):

- 16 02 14 - Equipamento fora de uso

Tabela E.6. Cálculo do custo do módulo C₂ (Transporte)

S.C.3		Operadora R.C.D. a 60 Km ^b		Preço unitário transporte veículo 20t (€)		Preço unitário transporte contentor 6m ³ (€)		Custo parcial transporte veículo 20t (€)		Custo parcial transporte contentor 6m ³ (€)		Reciclagem	
Carga parcial (t)	Nº viagens veículo 20t	Nº contentores 6m ³	Preço unitário transporte veículo 20t (€)	Preço unitário transporte contentor 6m ³ (€)	Custo parcial transporte veículo 20t (€)	Custo parcial transporte contentor 6m ³ (€)							
0,88	1	17 04 02 R	225,00	275,00	225,00	275,00							
0,15	1	17 04 07 R	225,00	275,00	225,00	275,00							
176,54	9	17 01 07 R											
0,39	1	17 06 04 A											
0,20	1	17 02 01 R											
0,95	1	17 04 01 R											
N/A		16 02 14 R											
		N/A											

Carga total (t) 178,91 9 17 01 07 R 5 R Custo total transp 3.675,00 €
0,35 1 17 06 04 A

^bDistância entre o local da obra e o local da deposição dos resíduos.
N/A Sem condições de receção

Legenda dos códigos L.E.R. (Lista Europeia de Resíduos) de R.C.D. (Resíduos de Construção e de Demolição):

- 17 04 02 - Alumínio sem outros resíduos
- 17 04 05 - Ferro e aço sem outros resíduos
- 17 04 07 - Mistura de metais sem outros resíduos
- 17 01 07 - Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e mat. cerâmicos sem outros resíduos
- 17 06 04 - Lã de rocha, lã de vidro, XPS, EPS e outros mat. de isolamento sem outros resíduos
- 17 08 02 - Gesso cartonado sem outros resíduos
- 17 02 01 - Madeira sem outros resíduos
- 17 04 01 - Cobre, bronze e latão sem outros resíduos

Legenda dos códigos L.E.R. de E.E.E. (Equipamento Eléctrico e Electrónico):
16 02 14 - Equipamento fora de uso

Anexo F

Cálculo do custo do módulo C_4 (Descarte)

Tabela F.2. Cálculo do custo do módulo C₄ (Descarte)

		S.C.2		Operadora R.C.D. a 86 Km ^b			
Grupos de elementos de construção	Materiais	Tipos de resíduos	Carga (t ^a)	Código L.E.R.	Preço unitário tratamento parcial (€/t)	Cotação unitária valorização parcial (€/t)	Valorização parcial (€)
Pavimentos e drenagens exteriores	Alumínio de tubos de queda de rede de drenagem de esgotos pluviais	Alumínio	0,03	17 04 02			
	Aço de caieiras de cobertura plana	Aço	0,01	17 04 07			-150,00
Elementos em betão	Betão armado em fundações ^c	Agregados limpos	4,10	17 01 07	9,00	88,59	
	Betão armado em estrutura porticada, incluindo betonilhas ^{od}	Agregados limpos	5,47	17 01 07	9,00	49,22	
Alvenarias	Blocos de cimento sobre fundações contínuas	Agregados limpos					
	Abobadilha cerâmica de laje aligeirada de pavimento	Agregados limpos					
Cantarias	Tijolo cerâmico em paredes	Agregados limpos					
	Soleiras e parapeito de calcário	Pedras	0,05	17 01 07	9,00	0,75	
Impermeabilizações	Capreamento de calcário em platibanda de cobertura plana	Pedras					
	Tela de PE em pavimento e tela de PEAD em cobertura plana	Resíduos plásticos	0,013	17 06 04			
Revestimentos de paredes	Tela betuminosa em cobertura plana	Resíduos plásticos					
	Azulejos cerâmicos	Agregados limpos	0,44	17 01 07	9,00	4,00	
Revestimentos de pavimentos	Lá mineral, isolamento térmico	Outros resíduos	14,30	17 06 04			
	Painéis de EPS de revestimento E.T.I.C.S.	Resíduos plásticos					
Revestimentos de coberturas planas	Ladrilhos cerâmicos	Agregados limpos	1,17	17 01 07	9,00	10,55	
	Lá mineral, isolamento térmico	Outros resíduos	6,04	17 06 04			
Tetos falsos	Aço lacado em chapa perfilada e isolamento térmico de EPS em painéis <i>sandwich</i>	Aço	2,76	17 04 07			
	Painéis de gesso cartonado	Materiais à base de ges	0,72	17 08 02			
Carpintarias	Pinho em montantes, diagonais, travessas e vigas de estrutura	Madeira	7,84	17 02 01			
	Painéis OSB de pavimento, paredes e cobertura	Derivados de madeira	5,26	17 02 01			
Equipamento fixo e móvel	Painéis fibro-cimentícios de pavimento e paredes	Derivados de madeira	1,91	17 02 01			
	Painéis de gesso cartonado de paredes	Materiais à base de ges	1,89	17 08 02			
Serralharias	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas interiores	Derivados de madeira	0,112	17 02 01			
	Lá mineral, isolamento térmico sob pavimento	Outros resíduos	6,04	17 06 04			
Vidros	Alumínio de caixilharias	Alumínio	0,72	17 04 02			
	Vidro duplo em vãos exteriores	Vidro	1,66	17 02 02	9,00	37,35	
Equipamento fixo e móvel	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas e laterais de roupeiro	Derivados de madeira	0,14	17 02 01			
	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas e frentes de gavetas de armários de cozinha	Derivados de madeira	0,14	17 02 01			
	Tubos de chaminés com 1,90m de altura	Aço	0,01	17 04 07			-150,00
							-5,94

Tabela F.1. Cálculo do custo do módulo C₄ (Descarte)

S.C.2		Operadora R.C.D. a 86 Km ^b			
Grupos de elementos de construção e equipamentos	Tipos de resíduos	Volume (m ³)	Preço unitário tratamento (€/t)	Custo parcial tratamento (€/t)	Valorização parcial
Instalações de canalização e equipamentos	Matérias incluindo acessórios	Carga (t ^a)	Código L.E.R.	Cotação unitária valorização	Valorização parcial (€)
	Instalações de canalização e equipamentos	0,00	17 02 03		
	Instalações de canalização e equipamentos	0,01	17 02 03		
	Instalações de canalização e equipamentos	0,03	17 02 03		
	Instalações de canalização e equipamentos	0,01	17 04 02		
	Instalações de canalização e equipamentos	0,01	17 02 02	9,00	0,14
	Instalações de canalização e equipamentos	0,08	17 06 04		
	Instalações de canalização e equipamentos	0,00	17 04 01	-600,00	-6,80
	Instalações de canalização e equipamentos	0,003	17 04 07	-150,00	-3,67
	Instalações de canalização e equipamentos	0,10	17 04 07	-150,00	-3,60
	Instalações de canalização e equipamentos	0,14	16 02 14		
	Instalações de canalização e equipamentos	0,94	17 04 11	-600,00	-563,30
	Instalações de canalização e equipamentos	Carga total	Custo total tratamento	190,60 €	-605,36 €
	Instalações de canalização e equipamentos	34,62 t	Reciclagem	Valorização total	-414,76 €
	Instalações de canalização e equipamentos	3,72 t	Aterro	Custo total deposição s/ I.V.A.	

^aCálculo da carga a partir das medições do volume (m³) e da massa volumica ρ (kg/m³) (L.N.E.C.. 2006) dos materiais de construção.

^bDistância entre o local da obra e o local da deposição dos resíduos.

^cNão se contabilizou a armadura no betão

^dNão se contabilizou o EPS na constituição do pavimento do S.C. 3

^eContabilizaram-se como separáveis as canalizações e os cabos de cobre do S.C. 3

Legenda dos códigos L.E.R. (Lista Europeia de Resíduos) de R.C.D. (Resíduos de Construção e de Demolição):

- 17 04 02 - Alumínio sem outros resíduos
- 17 04 05 - Ferro e aço sem outros resíduos
- 17 04 07 - Mistura de metais sem outros resíduos
- 17 01 07 - Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e mat. cerâmicos sem outros
- 17 06 04 - Lã de rocha, lã de vidro, XPS, EPS e outros mat. de isolamento sem
- 17 08 02 - Gesso cartonado sem outros resíduos
- 17 02 01 - Madeira sem outros resíduos
- 17 04 01 - Cobre, bronze e latão sem outros resíduos

Legenda dos códigos L.E.R. de E.E.E. (Equipamento Elétrico e Eletrónico):

- 16 02 14 - Equipamento fora de uso
- N/A Sem condições de receção

Tabela F.2. Cálculo do custo do módulo C₄ (Descarte)

		S.C.2		Operadora R.C.D. a 60 Km ^b				
Grupos de elementos de construção	Materiais	Tipos de resíduos	Volume (m ³)	Carga (t) ^a	Destino	Código L.E.R.	Preço unitário tratamento (€/t)	Custo parcial tratamento (€)
Pavimentos e drenagens exteriores	Alumínio de tubos de queda de rede de drenagem de esgotos pluviais	Alumínio	0,03	0,09	Reciclagem	17 04 02		
	Aço de cauleiras de cobertura plana	Aço	0,01	0,06	Reciclagem	17 04 05		
Elementos em betão	Betão armado em fundações ^c	Agregados limpos	4,10	9,84	Reciclagem	17 01 07	7,65	75,31
	Betão armado em estrutura porticada, incluindo betomilhas ^{cd}	Agregados limpos						
Alvenarias	Blocos de cimento sobre fundações contínuas	Agregados limpos		5,47	Reciclagem	17 01 07	7,65	41,84
	Abobadilha cerâmica de laje aligeirada de pavimento	Agregados limpos						
Cantarias	Tijolo cerâmico em paredes	Agregados limpos						
	Soleiras e parapeito de calcário	Pedras	0,05	0,08	Reciclagem	17 05 04	7,65	0,63
Impermeabilizações	Capreamento de calcário em platibanda de cobertura plana	Pedras						
	Tela de PE em pavimento e tela de PEAD em cobertura plana	Resíduos plásticos		0,013	Aterro	17 06 04	112,50	1,42
Revestimentos de paredes	Tela betuminosa em cobertura plana	Resíduos plásticos						
	Azulejos cerâmicos	Agregados limpos		0,44	Reciclagem	17 01 07	7,65	3,40
Revestimentos de pavimentos	Lã mineral, isolamento térmico	Outros resíduos	14,30	2,00	Aterro	17 06 04	112,50	225,23
	Painéis de EPS de revestimento E.T./C.S.	Resíduos plásticos						
Revestimentos de coberturas planas	Ladrilhos cerâmicos	Agregados limpos		1,17	Reciclagem	17 01 07	7,65	8,97
	Lã mineral, isolamento térmico	Outros resíduos	6,04	0,85	Aterro	17 06 04	112,50	95,13
Tetos falsos	Aço lacado em chapa perfilada e isolamento térmico de EPS em painéis <i>sandwich</i>	Aço	2,76	0,08	Reciclagem	17 04 05		
	Painéis de gesso cartonado	Materiais à base de ges	0,72	0,63	Reciclagem	17 08 02		
Carpintarias	Pinho em montantes, diagonais, travessas e vigas de estrutura	Madeira	7,84	4,23	Reciclagem	17 02 01	5,85	24,77
	Painéis OSB de pavimento, paredes e cobertura	Derivados de madeira	5,26	3,42	Reciclagem	17 02 01	5,85	20,02
Equipamento fixo e móvel	Painéis fibro-cimentícios de pavimento e paredes	Derivados de madeira	1,91	2,58	Reciclagem	17 02 01	5,85	15,10
	Painéis de gesso cartonado de paredes	Materiais à base de ges	1,89	0,00	Reciclagem	17 08 02		
Serralharias	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas interiores	Derivados de madeira	0,112	0,06	Reciclagem	17 02 01	5,85	0,33
	Lã mineral, isolamento térmico sob pavimento	Outros resíduos	6,04	0,85	Aterro	17 06 04	112,50	95,13
Vidros	Alumínio de caixilharias	Alumínio		0,72	Reciclagem	17 04 02		
	Vidro duplo em vãos exteriores	Vidro	1,66	4,15	Reciclagem	17 02 02	7,65	31,75
Equipamento fixo e móvel	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas e laterais de roupeiro	Derivados de madeira	0,14	0,07	Reciclagem	17 02 01	5,85	0,41
	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas e frentes de gavetas de armários de cozinha	Derivados de madeira	0,14	0,07	Reciclagem	17 02 01	5,85	0,41
	Tubos de chaminés com 1,90m de altura	Aço	0,01	0,04	Reciclagem	17 04 05		

Tabela F.2. Cálculo do custo do módulo C₄ (Descarte)

Grupos de elementos de construção e equipamentos	Materiais incluindo acessórios	Tipos de resíduos		Volume (m ³)	Carga (t) ^a	Destino	Código L.E.R.	Preço unitário tratamento (€/t)	Operadora R.C.D. a 60 Km ^b Custo parcial tratamento (€)
		de água,	Plástico						
Instalações de canalização e equipamentos	Tubagens de PEAD em rede de abastecimento de água, incluindo acessórios	Plástico		0,00	0,003	Aterro			
	Tubagens de PPR em rede de abastecimento de água, incluindo acessórios	Plástico		0,01	0,01	Aterro	17 02 03	112,50	0,38
	Tubagens de PVC em rede de drenagem de esgotos domésticos, incluindo acessórios	Plástico		0,03	0,04	Aterro	17 02 03	112,50	1,12
	Alumínio de placa absorvente de painel solar	Alumínio		0,01	0,07	Reciclagem	17 02 03	112,50	4,40
	Vidro texturizado de revestimento de placa absorvente de painel solar	Vidro		0,01	0,02	Reciclagem	17 02 02	7,65	0,12
	Lã de vidro, isolamento térmico de placa absorvente de painel solar	Outros resíduos		0,08	0,004	Aterro	17 06 04	112,50	0,49
	Tubagens em rede de gás ^c	Cobre		0,00	0,011	Reciclagem	17 04 01		
	Aço esmaltado de termossifão de painel solar	Aço		0,003	0,02	Reciclagem	17 04 05		
	Aço esmaltado e ferro fundido de salamandra	Aço e ferro		0,10	0,024	Reciclagem	17 04 05		
	Placa de confeção, exaustor, forno, frigorífico sob bancada e máquina de lavar roupa	Equipamento elétrico e eletrónico fora de uso			0,14	Reciclagem	16 02 14	N/A	N/A
Cablagens em rede elétrica ^e	Cabos de cobre			0,94	Reciclagem	17 04 11			
				Carga total	34,62	t Reciclagem	Custo total deposição s/ I.V.A. 646,35 €		
					3,72	t Aterro			

^aCálculo da carga a partir das medições do volume (m³) e da massa volumica ρ (kg/m³) (L.N.E.C.. 2006) dos materiais de construção.

^bDistância entre o local da obra e o local da deposição dos resíduos.

^cNão se contabilizou a armadura no betão

^dNão se contabilizou o EPS na constituição do pavimento do S.C. 3

^eContabilizaram-se como separáveis as canalizações e os cabos de cobre do S.C. 3

Legenda dos códigos L.E.R. (Lista Europeia de Resíduos) de R.C.D. (Resíduos de Construção e de Demolição):

- 17 04 02 - Alumínio sem outros resíduos
- 17 04 05 - Ferro e aço sem outros resíduos
- 17 04 07 - Mistura de metais sem outros resíduos
- 17 01 07 - Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e mat. cerâmicos sem outros
- 17 06 04 - Lã de rocha, lã de vidro, XPS, EPS e outros mat. de isolamento sem
- 17 08 02 - Gesso cartonado sem outros resíduos
- 17 02 01 - Madeira sem outros resíduos
- 17 04 01 - Cobre, bronze e latão sem outros resíduos

Legenda dos códigos L.E.R. de E.E.E. (Equipamento Elétrico e Eletrónico):

- 16 02 14 - Equipamento fora de uso
- N/A Sem condições de receção

Tabela F.3. Cálculo do custo do módulo C₄ (Descarte)

Grupos de elementos de construção e drenagens exteriores	Materiais	Tipos de resíduos	Volume (m ³)	Carga (t) ^a	Destino	Código L.E.R.	Operadora R.C.D. a 86 Km ^b		
							Preço unitário tratamento (€/t)	Custo parcial tratamento (€)	Valorização unitária parcial (€/t)
Pavimentos e drenagens exteriores	Alumínio de tubos de queda de rede de drenagem de esgotos pluviais	Alumínio	0,03	0,09	Reciclagem	17 04 02			
	Aço de cauleiras de cobertura plana	Aço							
Elementos em betão	Betão armado em fundações ^c	Agregados limpos	4,89	11,74	Reciclagem	17 01 07	9,00	105,62	
	Betão armado em estrutura porticada, incluindo betomilhas ^{cd}	Agregados limpos	44,25	106,21	Reciclagem	17 01 07	9,00	955,89	
Alvenarias	Blocos de cimento sobre fundações contínuas	Agregados limpos	3,75	3,75	Reciclagem	17 01 07	9,00	33,76	
	Abobadilha cerâmica de laje aligeirada de pavimento	Agregados limpos	26,63	48,68	Reciclagem	17 01 07	9,00	438,12	
Cantarias	Tijolo cerâmico em paredes	Agregados limpos	0,09	0,15	Reciclagem	17 01 07	9,00	1,31	
	Soleiras e parapeito de calcário	Pedras							
Impermeabilizações	Capoteamento de calcário em platibanda de cobertura plana	Pedras	0,12	0,20	Reciclagem	17 01 07	9,00	1,79	
	Tela de PE em pavimento e tela de PEAD em cobertura plana	Resíduos plásticos							
Revestimentos de paredes	Tela betuminosa em cobertura plana	Resíduos plásticos	0,006		Aterro	17 03 01			
	Azulejos cerâmicos	Agregados limpos	0,48		Reciclagem	17 01 07	9,00	4,30	
Revestimentos de pavimentos	Lã mineral, isolamento térmico	Outros resíduos	10,11	0,32	Aterro				
	Painéis de EPS de revestimento E.T./C.S.	Resíduos plásticos							
Revestimentos de coberturas planas	Ladrilhos cerâmicos	Agregados limpos	1,17		Reciclagem	17 01 07	9,00	10,55	
	Lã mineral, isolamento térmico	Outros resíduos							
Tetos falsos	Aço lacado em chapa perfilada e isolamento térmico de EPS em painéis <i>sandwich</i>	Aço	2,76	0,08	Reciclagem	17 04 07			-150,00
	Painéis de gesso cartonado	Materiais à base de gesso							
Carpintarias	Pinho em montantes, diagonais, travessas e vigas de estrutura	Madeira							
	Painéis OSB de pavimento, paredes e cobertura	Derivados de madeira							
Serralharias	Painéis fibro-cimentícios de pavimento e paredes	Derivados de madeira							
	Painéis de gesso cartonado de paredes	Materiais à base de gesso							
Vidros	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas interiores	Derivados de madeira	0,112	0,06	Reciclagem	17 02 01			
	Lã mineral, isolamento térmico sob pavimento	Outros resíduos							
Equipamento fixo e móvel	Alumínio de caixilharias	Alumínio	0,72	4,15	Reciclagem	17 04 02	9,00	37,35	
	Vidro duplo em vãos exteriores	Vidro	1,66	0,14	Reciclagem	17 02 02			
	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas e laterais de roupeiro	Derivados de madeira	0,14	0,07	Reciclagem	17 02 01			
	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas e frentes de gavetas de armários de cozinha	Derivados de madeira	0,14	0,07	Reciclagem	17 02 01			
	Tubos de chaminés com 1,90m de altura	Aço	0,01	0,04	Reciclagem	17 04 07			-150,00
									-5,94

Tabela F.3. Cálculo do custo do módulo C₄ (Descarte)

Grupos de elementos de construção e equipamentos	Materiais incluindo acessórios	Tipos de resíduos	Volume (m ³)	Carga (t) ^c	Destino	Operadora R.C.D. a 86 Km ^b					
						Código L.E.R.	Preço unitário tratamento (€/t)	Custo parcial tratamento (€)	Cotação unitária valorização parcial (€/t)	Valorização parcial (€)	
Instalações de canalização e equipamentos	Tubagens de PEAD em rede de abastecimento de água, incluindo acessórios	Plástico	0,00	0,003	Aterro	17 02 03					
		Plástico	0,01	0,01	Aterro	17 02 03					
		Plástico	0,03	0,04	Aterro	17 02 03					
		Alumínio	0,07	0,07	Reciclagem	17 04 02					
		Vidro	0,02	0,02	Reciclagem	17 02 02	9,00	0,14			
		Outros resíduos	0,08	0,004	Aterro	17 06 04					
		Cobre	0,00	0,011	Reciclagem	17 04 01	60,00	0,68	-600,00	-6,80	
		Aço	0,00	0,02	Reciclagem	17 04 07			-150,00	-3,67	
		Aço e ferro	0,10	0,024	Reciclagem	17 04 07			-150,00	-3,60	
		Equipamento elétrico e eletrónico fora de uso		0,14	Reciclagem	16 02 14					
		Cablagens em rede elétrica ^e		0,94	Reciclagem	17 04 11	60,00	56,33	-600,00	-563,30	
		Carga total						178,91 t	Reciclagem	1 645,85 €	-595,73 €
		Carga total						0,35 t	Aterro	Custo total deposição s/ I.V.A.	1 050,12 €

^aCálculo da carga a partir das medições do volume (m³) e da massa volumica D (kg/m³) (L.N.E.C., 2006) dos

^bDistância entre o local da obra e o local da deposição dos resíduos.

^cNão se contabilizou a armadura no betão

^dNão se contabilizou o EPS na constituição do pavimento do S.C. 3

^eContabilizaram-se como separáveis as canalizações e os cabos de cobre do S.C. 3

Legenda dos códigos L.E.R. (Lista Europeia de Resíduos) de R.C.D. (Resíduos de Construção e de Demolição):

- 17 04 02 - Alumínio sem outros resíduos
- 17 04 05 - Ferro e aço sem outros resíduos
- 17 04 07 - Mistura de metais sem outros resíduos
- 17 01 07 - Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e mat. cerâmicos sem outros
- 17 06 04 - Lã de rocha, lã de vidro, XPS, EPS e outros mat. de isolamento sem
- 17 08 02 - Gesso cartonado sem outros resíduos
- 17 02 01 - Madeira sem outros resíduos
- 17 04 01 - Cobre, bronze e latão sem outros resíduos

Legenda dos códigos L.E.R. de E.E.E. (Equipamento Elétrico e Eletrónico) :

- 16 02 14 - Equipamento fora de uso
- N/A Sem condições de receção

Tabela F.4. Cálculo do custo do módulo C₄ (Descarte)

		S.C.3		Operadora R.C.D. a 60 Km ^b				
				Preço unitário	Custo parcial			
Grupos de elementos de construção e drenagens exteriores	Materiais	Tipos de resíduos	Volume (m ³)	Carga (t) ^c	Destino	Código L.E.R.	Preço unitário tratamento (€/t)	Custo parcial tratamento (€)
Pavimentos e drenagens exteriores	Alumínio de tubos de queda de rede de drenagem de esgotos pluviais	Alumínio	0,03	0,09	Reciclagem	17 04 02		
	Aço de cauleiras de cobertura plana	Aço						
Elementos em betão	Betão armado em fundações ^c	Agregados limpos	4,89	11,74	Reciclagem	17 01 07	7,65	89,78
	Betão armado em estrutura porticada, incluindo betomilhas ^{cd}	Agregados limpos	44,25	106,21	Reciclagem	17 01 07	7,65	812,51
Alvenarias	Blocos de cimento sobre fundações contínuas	Agregados limpos						
	Abobadilha cerâmica de leje aligeirada de pavimento	Agregados limpos	3,75		Reciclagem	17 01 07	7,65	28,69
Cantarias	Tijolo cerâmico em paredes	Agregados limpos	26,63	48,68	Reciclagem	17 01 07	7,65	372,40
	Soleiras e parapeito de calcário	Pedras	0,09	0,15	Reciclagem	17 05 04	7,65	1,11
Impermeabilizações	Capoteamento de calcário em platibanda de cobertura plana	Pedras			Reciclagem	17 05 04	7,65	1,52
	Tela de PE em pavimento e tela de PEAD em cobertura plana	Resíduos plásticos	0,12	0,20				
Revestimentos de paredes	Tela betuminosa em cobertura plana	Resíduos plásticos			Aterro	17 03 01	112,50	0,71
	Azulejos cerâmicos	Agregados limpos			Reciclagem	17 01 07	7,65	3,66
Revestimentos de pavimentos	Lã mineral, isolamento térmico	Outros resíduos	10,11	0,32	Aterro			36,40
	Painéis de EPS de revestimento E.T./C.S.	Resíduos plásticos			Reciclagem	17 01 07	7,65	8,97
Revestimentos de coberturas planas	Ladrilhos cerâmicos	Agregados limpos						
	Lã mineral, isolamento térmico	Outros resíduos	2,76	0,08	Reciclagem	17 04 05		
Tetos falsos	Aço lacado em chapa perfilada e isolamento térmico de EPS em painéis <i>sandwich</i>	Aço						
	Painéis de gesso cartonado	Materiais à base de gesso						
Carpintarias	Pinho em montantes, diagonais, travessas e vigas de estrutura	Madeira						
	Painéis OSB de pavimento, paredes e cobertura	Derivados de madeira						
Equipamento fixo e móvel	Painéis fibro-cimentícios de pavimento e paredes	Derivados de madeira						
	Painéis de gesso cartonado de paredes	Materiais à base de gesso						
Serralharias	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas interiores	Derivados de madeira	0,112	0,06	Reciclagem	17 02 01	5,85	0,33
	Lã mineral, isolamento térmico sob pavimento	Outros resíduos						
Vidros	Alumínio de caixilharias	Alumínio			Reciclagem	17 04 02		
	Vidro duplo em vãos exteriores	Vidro	1,66	4,15	Reciclagem	17 02 02	7,65	31,75
Equipamento fixo e móvel	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas e laterais de roupeiro	Derivados de madeira	0,14	0,07	Reciclagem	17 02 01	5,85	0,41
	Painéis de aglomerado de partículas de madeira, folheados, em portas e frentes de gavetas de armários de cozinha	Derivados de madeira	0,14	0,07	Reciclagem		5,85	0,41
	Tubos de chaminés com 1,90m de altura	Aço	0,01	0,04	Reciclagem	17 02 01 17 04 05		

Tabela F.4. Cálculo do custo do módulo C₄ (Descarte)

Grupos de elementos de construção e equipamentos	Materiais incluindo acessórios	Tipos de resíduos	Volume (m ³)	Carga (t) ^c	Destino	Código L.E.R.	Operadora R.C.D. a 60 Km ^b			
							Preço unitário tratamento (€/t)	Custo parcial tratamento (€)		
Instalações de canalização e equipamentos	Tubagens de PEAD em rede de abastecimento de água, incluindo acessórios	Plástico	0,00	0,003	Aterro	17 02 03	112,50	0,38		
	Tubagens de PPR em rede de abastecimento de água, incluindo acessórios	Plástico	0,01	0,01	Aterro	17 02 03	112,50	1,12		
	Tubagens de PVC em rede de drenagem de esgotos domésticos, incluindo acessórios	Plástico	0,03	0,04	Aterro	17 02 03	112,50	4,40		
	Alumínio de placa absorvente de painel solar	Alumínio	0,07	0,07	Reciclagem	17 04 02	7,65	0,12		
	Vidro texturizado de revestimento de placa absorvente de painel solar	Vidro	0,01	0,02	Reciclagem	17 02 02	7,65	0,12		
	Lã de vidro, isolamento térmico de placa absorvente de painel solar	Outros resíduos	0,08	0,004	Aterro	17 06 04	112,50	0,49		
	Tubagens em rede de gás ^d	Cobre	0,00	0,011	Reciclagem	17 04 01				
	Aço esmaltado de terrassão de painel solar	Aço	0,00	0,02	Reciclagem	17 04 05				
	Aço esmaltado e ferro fundido de salamandra	Aço e ferro	0,10	0,024	Reciclagem	17 04 05				
	Placa de confeção, exaustor, forno, frigorífico sob bancada e máquina de lavar roupa	Equipamento elétrico e eletrónico fora de uso		0,14	Reciclagem	16 02 14	N/A	N/A		
	Cablagens em rede elétrica ^e	Cabos de cobre		0,94	Reciclagem	17 04 11				
	Carga total							178,91 t	Reciclagem	
								0,35 t	Aterro	
							Custo total deposição s/ I.V.A.		1.395,16 €	

^aCálculo da carga a partir das medições do volume (m³) e da massa volumica ρ (kg/m³) (L.N.E.C., 2008) dos

^bDistância entre o local da obra e o local da deposição dos resíduos.

^cNão se contabilizou a armadura no betão

^dNão se contabilizou o EPS na constituição do pavimento do S.C. 3

^eContabilizaram-se como separáveis as canalizações e os cabos de cobre do S.C. 3

Legenda dos códigos L.E.R. (Lista Europeia de Resíduos) de R.C.D. (Resíduos de Construção e de Demolição):

17 04 02 - Alumínio sem outros resíduos

17 04 05 - Ferro e aço sem outros resíduos

17 04 07 - Mistura de metais sem outros resíduos

17 01 07 - Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e mat. cerâmicos sem outros

17 06 04 - Lã de rocha, lã de vidro, XPS, EPS e outros mat. de isolamento sem

17 08 02 - Gesso cartonado sem outros resíduos

17 02 01 - Madeira sem outros resíduos

17 04 01 - Cobre, bronze e latão sem outros resíduos

Legenda dos códigos L.E.R. de E.E.E. (Equipamento Elétrico e Eletrónico):

16 02 14 - Equipamento fora de uso

N/A Sem condições de receção