



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa



VIDAS ÚTEIS EM ELEMENTOS DA CONSTRUÇÃO EM EDIFÍCIOS HABITACIONAIS

SISTEMAS ENVELOPE E INTERIOR

José João Pires Branco Duarte Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Júri

Presidente: Prof. Jorge Manuel Calico Lopes de Brito

Orientador: Prof. Inês dos Santos Flores Barbosa Colen

Orientador: Prof. Pedro Manuel dos Santos Lima Gaspar

Vogal: Prof. António José Damas da Costa Lobato dos Santos

Outubro de 2011

Resumo

Os edifícios são bens de grande longevidade mas, após a sua entrada em serviço, iniciam um processo de desvalorização, provocada por degradação física, perda de funcionalidade e de rentabilidade económica, como critério de desempenho dominante.

A vida útil de um edifício de habitação depende do seu projecto e das condições da sua envolvente, caracterizada em vários domínios, tais como o contexto social e as condições climáticas, entre muitas outras. O grande desafio da investigação neste tema passa pois por identificar essas variáveis e os seus efeitos, contribuindo para a integração de edifícios específicos em determinado ambiente particular.

O presente trabalho proporciona uma compilação que reúne os tempos de vida útil das partes constituintes considerados como correntes nos sistemas *Envelope* e *Interior* de edifícios de habitação em Portugal. A sistematização dos valores é concretizada ao nível das tipologias dos componentes construtivos envolvidos, através de dados de vida útil física, por corresponder ao critério de desempenho mais fácil de quantificar, e por isso mais rigoroso como dado de partida. Numa vertente menos quantificável, é avaliada a vida útil funcional através de uma análise focada no utilizador, seu contexto social e nas expectativas que este tem da habitação. Devido à necessidade de compreensão destas variáveis – a saber, o contexto social do utilizador e as suas expectativas do edifício, os resultados foram conduzidos através de um inquérito dirigido a 31 utilizadores sobre a importância da qualidade da habitação. Contextualizando essa escala de importância na durabilidade física dos elementos principais do edifício, obtêm-se valores de vida útil inferiores para os sistemas construtivos, relativamente aos seus limites de durabilidade física.

Palavras-chave: Edifício de habitação, qualidade, sistemas construtivos, utilizador, vida útil física, vida útil funcional.

Abstract

Buildings are well known by their longevity. However, once buildings start being used, they initiate a process of devaluation, caused by physical deterioration, loss of functionality and cost-effectiveness, as the dominant performance criterion.

The service life of a building depends on its design, as well as on the conditions of its surroundings, the latter expressed in multiple domains, such as the social context and the climatic conditions, among many others. The great challenge of the research on the subject is to identify these variables and their effects, thus contributing to the integration of specific buildings in real environments.

This research assembles the periods of service life of the constituent parts deemed standard in the *Skin* and *Interior* layers of residential buildings in Portugal. The systematization of these values is achieved at the level of the typologies of the constructive components involved, through physical service life data, considering that such performance criterion is the easiest to quantify, and therefore the most stringent one. In a less quantitative domain, the functional service life is evaluated through an analysis focused on the user, on its social context, and on the expectations that the user has from buildings. Considering the need to understand these variables – meaning, the social context of the user and the user's expectations of the building – the results were based on a survey made to 31 users. This survey analysed the importance of the quality of housing. Contextualizing this scale of importance in physical durability of the core elements of the building, the results showed that service life values are lower for constructive systems, in relation to their physical limits of durability.

Key words: Residential building, quality, building systems, user, physical service life, functional service life.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, um agradecimento muito especial à minha família, mais especificamente aos meus pais, por todo o seu suporte emocional e financeiro e incentivo incondicional, não só durante a elaboração deste documento, mas durante todo o meu percurso académico. Uma palavra muito especial às minhas irmãs, Rita e Mariana, que sempre acreditaram em mim, e a quem, juntamente com os meus pais, dedico este trabalho de investigação.

Relativamente à elaboração desta dissertação, um agradecimento aos amigos Guilherme, Diogo, Hugo, Pedro, Inês, Diana, Filipa, Gonçalo e Duarte pela amizade demonstrada ao longo de todo este tempo. Pela compreensão que sempre demonstraram, no período de elaboração desta dissertação que coincidiu com a vida profissional, o meu agradecimento ao Francisco Cordeiro, Nuno Baptista e Luís Cunha.

Finalmente, o meu agradecimento aos meus orientadores, a Prof.^a Inês Flores-Colen e o Prof.^o Pedro Lima Gaspar, por toda a amizade, disponibilidade e suporte técnico, que muito contribuíram para a engrenagem e conclusão deste trabalho.

Índice

RESUMO.....	I
ABSTRACT.....	III
AGRADECIMENTOS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE QUADROS.....	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XV
GLOSSÁRIO.....	XVII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.2 ENQUADRAMENTO GERAL.....	3
1.3 OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO.....	5
1.4 METODOLOGIA E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	6
2. VIDA ÚTIL E DESEMPENHO EM SERVIÇO DE EDIFÍCIOS.....	9
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	9
2.2 CONCEITO DE VIDA ÚTIL OU PERÍODO DE SERVIÇO.....	11
2.3 DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES.....	13
2.3.1 DESEMPENHO.....	13
2.3.1.1 O projecto no processo construtivo.....	14
2.3.1.2 A manutenção em serviço.....	15
2.3.2 CRITÉRIOS DE DESEMPENHO.....	15
2.3.2.1 Vida útil física.....	16
2.3.2.2 Vida útil funcional.....	16
2.3.2.3 Vida útil económica.....	17

2.3.3	PERDA DE DESEMPENHO POR OBSOLESCÊNCIA	19
2.3.4	FIM DA VIDA ÚTIL DAS CONSTRUÇÕES.....	21
2.4	ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO PARA A ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL DAS	
CONSTRUÇÕES		22
2.4.1	O REGULAMENTO JAPONÊS PARA PREVISÃO DA VIDA ÚTIL DE EDIFÍCIOS.....	23
2.4.2	O REGULAMENTO GERAL DE EDIFICAÇÕES (RGE).....	24
2.4.3	ISO 15686 (2000) – PLANEAMENTO DA VIDA ÚTIL.....	25
2.5	MÉTODOS DE RECOLHA E DE ANÁLISE DE DADOS DE VIDA ÚTIL.....	26
2.5.1	MÉTODO EXPERIMENTAL	27
2.5.2	MÉTODO DETERMINÍSTICO – O MÉTODO FACTORIAL.....	28
2.5.3	MÉTODO PROBABILÍSTICO – MODELO DE <i>MARKOV</i>	29
2.5.4	MÉTODOS DE ENGENHARIA – FMEA E PLM.....	30
2.6	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	31
3.	CARACTERIZAÇÃO DAS PARTES CONSTITUINTES DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO	35
3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	35
3.2	CARACTERIZAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO.....	36
3.2.1	TRADIÇÃO CONSTRUTIVA.....	37
3.2.2	CLASSIFICAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO.....	39
3.2.3	ESTADO ACTUAL DE DEGRADAÇÃO E EVOLUÇÃO DO SECTOR DA CONSTRUÇÃO.....	41
3.3	ANÁLISE SISTÉMICA DE EDIFÍCIOS.....	43
3.3.1	TERMINOLOGIA DE ANÁLISE	43
3.3.2	CAMADAS DE DURABILIDADE	44
3.3.2.1	Estrutura	48
3.3.2.2	Envelope.....	48
3.3.2.3	Interior.....	49
3.3.2.4	Infra-estruturas	49
3.3.2.5	Envolvente.....	50
3.3.2.6	Subsistemas de edifícios de habitação.....	51
3.3.3	NÍVEIS DE DURABILIDADE.....	52

3.3.3.1	Elementos de um edifício de habitação	52
3.3.3.2	Componentes de um edifício de habitação	55
3.3.3.3	Componentes principais de edifícios de habitação	55
3.4	RELAÇÕES DE DEPENDÊNCIA FUNCIONAL.....	57
3.5	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	61
4.	VIDA ÚTIL NA ÓPTICA DO UTILIZADOR.....	63
4.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	63
4.2	TRABALHO DE CAMPO – QUALIDADE DE UMA HABITAÇÃO APÓS OCUPAÇÃO	64
4.2.1	OBJECTIVOS DO TRABALHO DE CAMPO	64
4.2.2	METODOLOGIA ADOPTADA.....	64
4.2.3	DEFINIÇÃO DO INQUÉRITO AO UTILIZADOR	65
4.2.4	INQUÉRITO DE REFERÊNCIA	67
4.2.5	DADOS DA AMOSTRA	67
4.3	RESULTADOS DO INQUÉRITO	68
4.4	CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE UMA HABITAÇÃO	74
4.5	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	76
5.	VIDAS ÚTEIS DAS PARTES CONSTITUINTES DO ENVELOPE E INTERIOR DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO.....	77
5.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS E OBJECTIVOS.....	77
5.2	SELECÇÃO DO CASO DE ESTUDO	78
5.3	VIDAS ÚTEIS DE COMPONENTES NOS SISTEMAS <i>ENVELOPE E INTERIOR</i>	81
5.3.1	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
5.3.1.1	CMHC – <i>Canada Mortgage and Housing Corporation (2001)</i>	82
5.3.1.2	OHC – <i>Ontario Housing Corporation</i>	84
5.3.1.3	NAHB – <i>National Association of Home Builders (2007)</i>	85
5.3.1.4	CML – <i>Cost “Modelling” Limited</i>	85
5.3.1.5	HAPM – <i>Housing Association Performance Management (1999)</i>	85
5.3.2	ANÁLISE DAS DIFERENÇAS DE ABORDAGEM	87

5.3.2.1	Classificação – índices multiplicativos	87
5.3.3	SISTEMATIZAÇÃO DE VALORES DE VIDA ÚTIL FÍSICA DE COMPONENTES.....	90
5.4	VIDAS ÚTEIS DE ELEMENTOS E SUBSISTEMAS DO <i>ENVELOPE E INTERIOR</i>.....	96
5.4.1	CONSTITUIÇÃO DOS ELEMENTOS.....	96
5.4.2	VIDA ÚTIL FÍSICA DE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS	96
5.4.3	INFLUÊNCIA DAS EXPECTATIVAS DOS UTILIZADORES	97
5.4.4	SISTEMATIZAÇÃO DE VALORES DE VIDA ÚTIL DE ELEMENTOS E SUBSISTEMAS.....	100
5.5	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	104
6.	CONCLUSÕES	107
6.1	CONCLUSÕES GERAIS	107
6.2	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	110
	BIBLIOGRAFIA.....	111
	ANEXOS	A.1
	ANEXO 1 – PROPOSTA DE METODOLOGIA DE ANÁLISE DE CICLO DE VIDA.....	A.3
	ANEXO 2 – INQUÉRITO AO UTILIZADOR.....	A.4
	ANEXO 3 – DESCRIÇÃO GERAL DA AMOSTRA	A.9
	ANEXO 4 – RESULTADOS DO INQUÉRITO	A.10
	ANEXO 5 – EXCERTO DO MANUAL HAPM (1999).....	A.14

Índice de figuras

Figura 1.1. Edifícios degradados em Lisboa: Praça da Alegria (à esquerda); Av.5 de Outubro (à direita).....	3
Figura 2.1. Factores relacionados com o nível de desempenho e com a durabilidade dos edifícios	24
Figura 3.1. Relações de dependência funcional, que um elemento construtivo mantém com os seus componentes	36
Figura 3.2. Evolução dos edifícios lisboetas no decorrer do último milénio	37
Figura 3.3. Rua do Benfornoso, 101, 103.	38
Figura 3.4. Rua dos Remédios, 1, 3.....	38
Figura 3.5. Estado de degradação dos edifícios de habitação em Portugal:	41
Figura 3.6. Índice de emprego na construção civil durante a última década.....	42
Figura 3.7. Índice de produção na construção civil durante a última década.....	42
Figura 3.8. Representação esquemática do corte de um edifício.....	45
Figura 3.9. O conceito de <i>layering</i> aplicado aos edifícios.....	45
Figura 3.10. Decomposição hierárquica do elemento parede de alvenaria de tijolo	56
Figura 4.1. Distribuição da amostra de inquiridos por concelho de residência	68
Figura 4.2. Distribuição da amostra de inquiridos por tipologia e andar das suas habitações... ..	68
Figura 4.3. Resultados por grupo de qualidade	71
Figura 4.4. Distribuição de resultados por grau de importância	71
Figura 4.5. Distribuição de resultados do grupo A, por grau de importância.....	72
Figura 4.6. Distribuição de resultados do grupo B, por grau de importância.....	73
Figura 4.7. Distribuição de resultados do grupo C, por grau de importância	73
Figura 5.1. Incidência de anomalias por elemento construtivo.....	79
Figura 5.2. Incidência de anomalias por camadas de durabilidade	79

Índice de quadros

Quadro 1.1. Valores médios do tempo de serviço de elementos construtivos	4
Quadro 2.1. Custos globais de um empreendimento.....	10
Quadro 2.2. Fenómenos explicativos da perda de desempenho	13
Quadro 2.3. Variáveis determinantes para o desempenho e longevidade dos elementos da construção.....	14
Quadro 2.4. Tipos de obsolescência.....	20
Quadro 2.5. Formulação do método factorial para estimativa da vida útil de elementos construtivos	29
Quadro 3.1. Período de construção e distribuição (em Lisboa) das tipologias estruturais de edifícios de habitação.....	39
Quadro 3.2. Classificação dos edifícios de habitação	40
Quadro 3.3. Sistemas e subsistemas de edifícios	45
Quadro 3.4. Caracterização do sistema Envolvente ao edifício	50
Quadro 3.5. Subsistemas principais de um edifício de habitação	51
Quadro 3.6. Elementos dos Sistemas <i>Envelope</i> e <i>Interior</i>	53
Quadro 3.7. Quadro de componentes que constituem os elementos construtivos mais comuns de um edifício de habitação	57
Quadro 3.8. Classificação de interfaces de durabilidade.....	60
Quadro 4.1. Escala de importância do inquérito	65
Quadro 4.2. Conteúdo dos grupos de qualidade que constituem o inquérito.....	66
Quadro 4.3. Grupos de importância de qualidade	69
Quadro 4.4. Resultados por grupo de qualidade	70
Quadro 4.5. Significado da escala de cores utilizada	70
Quadro 4.6. Características de qualidade de maior importância para os utilizadores	75
Quadro 5.1. Componentes construtivos do <i>Envelope</i> de um edifício de habitação	80
Quadro 5.2. Componentes construtivos do <i>Interior</i> de um edifício de habitação	81
Quadro 5.3. Quadro resumo das referências utilizadas para a compilação das vidas úteis	82
Quadro 5.4. Excerto do 1º questionário	84
Quadro 5.5. Excerto do 2º questionário	84

Quadro 5.6. Excerto dos resultados do estudo e da comparação com as tabelas OHC	84
Quadro 5.7. Funcionamento do manual.....	86
Quadro 5.8. Diferenças de abordagem das referências utilizadas	87
Quadro 5.9. Classificação das referências bibliográficas – Índices multiplicativos (IM)	88
Quadro 5.10. Combinações dos índices multiplicativos das referências de vida útil	89
Quadro 5.11. Legenda da sistematização de valores de vida útil de componentes e elementos.	90
Quadro 5.12. Sistematização de valores de vida útil de componentes do sistema <i>Envelope</i> (Fachada)	91
Quadro 5.13. Sistematização de valores de vida útil de componentes do sistema <i>Envelope</i> (Cobertura)	92
Quadro 5.14. Sistematização de valores de vida útil de componentes do sistema Interior (Compartimentação).....	93
Quadro 5.15. Sistematização de valores de vida útil de componentes do sistema Interior (Acessos).....	94
Quadro 5.16. Componentes construtivos com VU_{comp} superior a 35 anos e inferior a 20 anos	95
Quadro 5.17. Sistematização dos elementos construtivos e CQ analisados no quadro 5.18	98
Quadro 5.18. Influência das expectativas dos utilizadores no desempenho dos elementos construtivos	99
Quadro 5.19. Sistematização de valores de vida útil de Elementos do sistema <i>Envelope</i>	102
Quadro 5.20. Sistematização de valores de vida útil de Elementos do sistema <i>Interior</i>	103

Lista de abreviaturas

ASTM	– <i>American Society for Testing and Materials</i>
BPG	– <i>Building Fabric Component Life Manual</i>
CC-PT	– Classificação Portuguesa das Construções, segundo o INE
CIB	– <i>International Council for Research and Innovation in Building and Construction</i>
CCOP	– Construção Civil e Obras Públicas
CQ	– Característica de qualidade
DPC	– Directiva dos Produtos da Construção
EOTA	– <i>European Organization for Technical Approvals</i>
FMEA	– <i>Failure modes and effects analysis</i>
HAPM	– <i>Housing Association Performance Management</i>
INE	– Instituto Nacional de Estatística
ISO	– <i>International Organization for Standardization</i>
IST	– Instituto Superior Técnico
MF	– Método factorial
RCA	– Revestimento Cerâmico Aderente
RTH	– <i>Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden</i>
LCA	– <i>Life cycle analysis</i>
LCC	– <i>Life cycle cost</i>
LNEC	– Laboratório Nacional de Engenharia Civil
PLM	– <i>Performance Limits Method</i>
RILEM	– <i>International Union Laboratories and Experts in Construction Materials</i>
VU	– Vida útil
VUE	– Vida útil estimada
VUP	– Vida útil prevista
VUR	– Vida útil de referência

Glossário

A lista de termos e definições apresentada corresponde a uma proposta de tradução de alguns conceitos fundamentais, na sua maioria incluídos na norma ISO 15686-1, baseados na consulta de diversos autores (ISO, 2000; Gaspar e Brito, 2004; Quintela, 2006; Matos, 2007; Flores-Colen, 2009; Silva, 2009; Baker et al, 2000).

Alojamento ou fogo – local distinto (separado por paredes) e independente (os seus ocupantes não têm de atravessar outros alojamentos para entrar ou sair do alojamento onde habitam) que, pelo modo como foi construído, reconstruído, ampliado, transformado ou está a ser utilizado, se destina a habitação com a condição de não estar a ser utilizado totalmente para outros fins no momento de referência.

Componente – produto manufacturado encarado como unidade distinta a servir uma ou diversas funções específicas, sendo parte constituinte de um elemento construtivo.

Desempenho (do edifício e seus elementos) – análise que engloba uma ou mais características que podem ser quantificadas (requisitos de desempenho) na fase de concepção e controladas na fase após a construção, de modo a promover as acções preventivas que se considerem necessárias. Cada descrição das características de desempenho deve incluir a metodologia para a respectiva quantificação e o método de controlo em condições reais de serviço.

Durabilidade – capacidade de um edifício ou de partes de um edifício de desempenhar a sua função durante um determinado intervalo de tempo, sob determinadas condições de serviço, exige um conhecimento aprofundado das propriedades dos materiais e componentes da construção e das características dos ambientes a que estão sujeitos.

Envelope – outra definição para Pele do edifício, termo utilizado na abordagem sugerida tal como a seguir se apresenta.

Elemento – parte de um edifício em análise, podendo corresponder a um Componente, Subsistema, Sistema, ou mesmo à totalidade do edifício.

Layering – partes diferentes dos edifícios que mudam e envelhecem a ritmos diferentes. Estas mudanças decorrem de factores diferenciados e que incluem aspectos como a durabilidade das diferentes partes, a evolução da tecnologia, dos padrões de conforto e das exigências de segurança, aspectos normativos, e, por fim, devido a fenómenos de gosto e de moda.

Obsolescência – perda de capacidade de satisfação de desempenho de elementos da construção, tendo em conta alterações nos requisitos, em termos funcionais, tecnológicos, económicos ou decorrentes de variações de gosto ou moda.

Pele – separação entre o interior e o exterior das construções, incluindo as fachadas e as coberturas (a literatura anglo-saxónica define o conceito por “envelope exterior”).

Planeamento da vida útil (*service life planning*) – corresponde à elaboração de um programa de intervenções na construção, iniciado logo na fase de projecto, de forma a cumprir a vida do projecto requerida, a reduzir os custos globais e a facilitar a manutenção e reparação.

Sistema – conjuntos de partes da construção inter-relacionadas e ligados por fluxos de forças, de material ou de informação.

Subsistema – parte de um edifício preenchendo uma ou diversas das funções necessárias para satisfazer as necessidades dos utilizadores.

Vida útil (*service life*) de um edifício ou de uma parte de um edifício – período de tempo, após a conclusão da obra, durante o qual é atingido ou excedido o desempenho que lhes é exigido, procedendo-se a uma manutenção de rotina.

Vida útil económica de uma construção – período de tempo que decorre até que esta seja substituída em termos do seu propósito inicial por outra construção ou actividade mais rentável, ou enquanto mantiver uma relação de custo/benefício inferior às alternativas.

Vida útil estimada (*estimated service life*) – resultado de uma avaliação de durabilidade, com base em testes estatísticos e/ou laboratoriais, indicações de fabricantes ou através do método dos factores. Neste caso, resulta da multiplicação da vida útil de referência por factores relativos a um contexto específico em serviço, como por exemplo as características do projecto, as condições ambientais e de utilização, a manutenção prevista, entre outros.

Vida útil física de uma edificação – período de tempo durante o qual esta responde às exigências de serviço que lhe são colocadas (segurança, estanquidade, entre outras), para determinadas condições de uso (localização, clima ou intensidade de uso, por exemplo), numa perspectiva equilibrada de custo/benefício, causando o menor impacte ambiental possível.

Vida útil funcional – período de tempo durante o qual uma construção permite a sua utilização, independentemente do fim para que foi concebida, sem obrigar a alterações generalizadas.

Vida útil de projecto (*design life*) – VU considerada pelo projectista que serve de base para o estudo da durabilidade do edifício. É determinada considerando apenas as decisões tomadas na fase de projecto, tais como o programa de usos ou as soluções construtivas adoptadas para o edifício, e corresponde à expectativa da vida em serviço.

Vida útil de referência (*reference service life*) – vida útil padrão que serve de base para a estimativa da VU de um edifício ou parte de um edifício (inseridos num contexto determinado). As condições de referência devem abranger um domínio alargado de situações para um determinado uso, para ser possível estimar períodos de serviço de utilizações mais concretas, através de factores de ajustamento.

Vida útil residual ou remanescente (*residual service life*) – período de tempo restante entre o momento da análise e o final da vida útil prognosticada.

Vida útil prevista (*predicted service life*) – resultado da previsão da VU através do tratamento de dados de desempenho ao longo do tempo, provenientes por exemplo de modelos de degradação ou de ensaios de envelhecimento. A diferença para a vida útil estimada é que esta não tem em consideração a vida útil de referência. Prever a VU requer apenas a monitorização de desempenho.

1. Introdução

1.1 Considerações iniciais

A presente dissertação pretende abordar o tema da vida útil das construções. São objecto do estudo os critérios de desempenho físico e funcional em edifícios de habitação.

As considerações iniciais deste trabalho pretendem fazer o paralelo entre o estado de desenvolvimento da investigação e da prática da actividade da construção habitacional; apresentar caminhos alternativos de investigação; introduzir o conceito de vida útil e qualificar o nível de informação disponível.

O tema da presente dissertação é tão útil quanto interessante, embora conhecido como “teórico” no sector da Construção Civil e Obras Públicas (CCOP), o que leva a um distanciamento entre os que praticam a actividade da profissão e aqueles que a fazem desenvolver, em processos sustentáveis de investigação e de crescente desenvolvimento. A técnica da construção portuguesa é caracterizada por uma produção sistemática de trabalhos de índole restrita, no maior volume do seu negócio, “em que a generalidade dos donos de obra privilegia a componente preço em detrimento da qualidade” (Corvacho, 2000).

A durabilidade de uma construção é representada por valores de vida útil (VU), que pretendem indicar o intervalo de tempo em que a construção é capaz de desempenhar as funções que lhes estão destinadas em determinado contexto. Representando as condições que influenciam o ciclo de vida das construções, o contexto é caracterizado pelas decisões tomadas em projecto, para as fases de construção e utilização, e pela perda de desempenho provocada pela envolvente, onde se inserem as variáveis deste problema após a implantação do edifício.

A divulgação de um determinado valor de VU requer, baseando o raciocínio na prática corrente observada, vários processos característicos de qualquer metodologia de avaliação. As bases de uma actividade deste tipo são encaradas como dados de desempenho, tendo a investigação na área já produzido variadas, e por vezes complexas, soluções e respectivas metodologias para os apresentar. Num primeiro contacto com o assunto, um investigador que se propõe a elaborar um trabalho neste tema sabe que para conhecer o desempenho de um edifício, ou parte dele, dispõe de duas vias distintas, como a seguir se enumera:

1. Conhecimento empírico do desempenho através da experiência, apoiada por análise de laboratório e base estatística de inspecções e ensaios;
2. Resultados de estudos de investigação teórica que cronologicamente vão moldando o estado da arte do tema aos estudos experimentais.

Os indicadores sobre o desempenho de um edifício representam a informação base da previsão da sua VU. Como resultado desta actividade, surgem valores de VU essenciais ao planeamento do ciclo de vida das construções, na medida das intervenções a efectuar durante o período de serviço, consoante as escolhas de projecto.

De acordo com várias referências bibliográficas, existe uma enorme quantidade de informação diferente nos seguintes segmentos: terminologia dos conceitos de referência; métodos de previsão; dados/indicadores (em forma de resultado ou pressuposto) e tipologias envolvidas, assim como a sua terminologia. Noutra escala, também os documentos normativos de divulgação generalizada a nível internacional, como a ISO 15686 (2000), apresentam as suas metodologias padronizadas consoante a variabilidade dos conceitos identificados. As normas fornecem processos capazes de abranger diversas hipóteses dentro do mesmo assunto particular. A normalização específica é função do aumento do conhecimento, sendo geralmente traduzida em prescrições de projecto para a optimização do tempo de serviço.

Nos parágrafos anteriores é apresentada a problemática das vidas úteis sob a óptica do investigador. Aquilo que realmente importa questionar para o interesse dos utilizadores e pessoal envolvido na construção do edificado de habitação, é descrito com os seguintes exemplos:

1. Qual a viabilidade de soluções construtivas e materiais em diferentes cenários de aplicação?
2. Quanto gastar nas acções¹ que se verifiquem necessárias durante o período de serviço dos edifícios?
3. Quando é que as intervenções são necessárias e o que provocam enquanto melhoria da qualidade?
4. Quanto será gasto na substituição de elementos, quando estes deixarem de desempenhar as funções para os quais foram concebidos?

A modelação das variáveis deste problema permite controlar a durabilidade das construções e respectivo desempenho. Neste processo estão envolvidos aspectos como: a construção sustentável; a vida útil económica de edifícios e suas partes; a avaliação de investimentos e viabilidade de soluções alternativas para projectos e acções a desenvolver em serviço, a funcionalidade de soluções, entre outros.

O tema desta dissertação: *Durabilidade e vida útil das construções* – está profundamente relacionado com a *teoria da avaliação de opções*. A intenção é abordar o assunto com uma visão integrada sobre os seus principais aspectos físicos e funcionais, visto serem estes os critérios que suportam a viabilidade económica entre alternativas de projecto e das acções a desenvolver em serviço. Pretende-se igualmente enquadrar a qualidade da habitação como um critério na avaliação da durabilidade, na tentativa de qualificar a vida útil na óptica do utilizador.

¹ Aquelas que, consoante o projecto de construção, se prevêem como necessárias à manutenção do edifício em uso, durante o seu período de vida útil.

1.2 Enquadramento geral

“O problema da previsão da vida útil das construções é tão antigo como a história dos espaços habitados” (Brito, 2001). A história diz que a madeira era o material de eleição para a construção habitacional, pela sua razoável resistência à flexão e abundância na natureza. O facto de este material ser relativamente fácil de ser trabalhado proporcionou ao Homem um progresso empírico na arquitectura das suas casas. No entanto, era do conhecimento de quem edificava, e a própria experiência o confirmava, que a madeira não era muito durável, pelo que a pedra foi o material escolhido quando se pretendia que os monumentos ficassem para a posteridade. Como se percebe com esta breve viagem ao passado, desde que o Homem constrói que tem noção da importância da durabilidade das construções. “Estas noções empíricas de durabilidade dos materiais (...) mantiveram-se até ao século XVIII, altura em que surgiram os novos materiais de construção”, segundo o mesmo autor. Neste contexto, o conceito de desempenho foi ganhando protagonismo com a evolução das técnicas construtivas. As decisões a tomar em projecto tornaram-se cada vez mais importantes, assim como o planeamento da manutenção em serviço, daquilo que era projectado.

Segundo Flores (2002), Portugal tem vindo a assistir, nos últimos anos, a uma degradação contínua do seu parque habitacional, nomeadamente junto dos centros urbanos, tal como se ilustra na figura 1.1. Barbosa (2009), citando a autora supracitada, refere que a cultura do nosso país e a mentalidade social têm conduzido a uma política de acções reactivas e raramente pró-activas. Torna-se fundamental perceber as técnicas e materiais utilizados de forma corrente na construção portuguesa, com o objectivo de sobrepor essa realidade com as condições de exposição específicas que se verificam no nosso país.



Fotografia de Duarte Roriz (2010)



Fotografia de Mário Cruz/Agência LUSA (2010)

Figura 1.1. Edifícios degradados em Lisboa: Praça da Alegria (à esquerda); Av.5 de Outubro (à direita)

A economia e a sustentabilidade da construção de habitação, é alcançada através de soluções que apresentem relações equilibradas de custo, desempenho, durabilidade e qualidade, de forma a serem traduzidas em benefícios ao nível dos custos iniciais e dos custos de manutenção, quer nos novos projectos quer nos projectos de reabilitação de edifícios existentes (LNEC, 2004). Em Portugal, os dados do Censos (Afonso, 2001) indicam que existe

um número elevado de edifícios de habitação a necessitar de intervenções de reparação e de reabilitação. A avaliação do seu estado e nível de desempenho, e da previsão da evolução dessa degradação é fundamental para se perspectivarem as respectivas necessidades de intervenção, segundo Lopes (2010).

Gaspar (2002) vê na construção um dos campos mais férteis para a aplicação do conceito de durabilidade, relacionado com a manutenção e reutilização do património histórico ou do parque construído existente. O autor considera que é possível fazer estimativas da VU remanescente de edifícios existentes, através do diagnóstico do seu estado de conservação, “a partir das quais se possam implementar estratégias de salvaguarda e protecção do património construído ou equacionar a sua reutilização”.

O estudo da durabilidade das construções exige o conhecimento das propriedades dos elementos da construção, ao nível da composição de materiais e das características dos ambientes a que estes estão sujeitos. Segundo Corvacho (2000), a previsão da VU das construções, que tem sido, ao longo dos anos, objecto e tema de diversos estudos, os quais, têm vindo a ser expressos e sintetizados em normas e regulamentos específicos a nível internacional, publicados em forma de tabelas que apresentam indicadores de durabilidade sugeridos (Matos, 2010). A tabela de classificação do tempo de VU para as construções proposta pelo *Principal Guide for Service Life Planning of Japan* (AIJ, 1993) recomenda valores médios para o tempo de serviço dos elementos que fazem parte da construção em função do tipo de uso atribuído ao edifício. O quadro 1.1 apresenta, a título de exemplo, a vida útil de projecto (VUP) solicitada aos produtos da construção, para o uso habitacional.

Quadro 1.1. Valores médios do tempo de serviço de elementos construtivos, em anos (AIJ, 1993)

Elemento construtivo	Vida útil (anos)
<i>Todo o edifício</i>	62
<i>Cobertura em terraço</i>	26
<i>Cobertura inclinada</i>	43
<i>Fachada</i>	48
<i>Janelas</i>	45
<i>Portas interiores</i>	39
<i>Elementos metálicos de amarração</i>	32
<i>Ar condicionado</i>	40

“Nos últimos anos, o tema da Reabilitação Urbana tem merecido um significativo destaque, com sintonia entre os diferentes quadrantes políticos e intervenientes quanto à urgente necessidade de recuperar os edifícios degradados e reabilitar e requalificar as cidades” (Santo, 2009). Em paralelo, surge a necessidade de manutenção – “combinação de todas as acções técnicas e administrativas de modo a que o edifício e seus elementos desempenhem, durante a VU, as funções para as quais foram concebidos” (ISO, 2000). Conhecer a VU das várias componentes que formam um edifício de habitação, é a motivação para intervir no momento certo ou para prever anomalias.

Os utilizadores devem encarar tais informações como um manual de instruções do edifício e evitar grandes intervenções posteriores, sendo a demolição do edificado um cenário possível, caso a reabilitação não seja economicamente viável, pela existência de alternativas mais rentáveis de ocupação do espaço.

Balaras (2005), tal como outros autores, considera que a degradação da envolvente exterior² dos edifícios é uma das maiores preocupações dos proprietários, que os leva a decidir por acções de renovação das suas superfícies com o objectivo de uma melhor aparência geral dos mesmos. A imagem dos edifícios está intimamente ligada à qualidade e durabilidade da sua envolvente edificada (*envelope* ou *pele*), cuja degradação implica avaliações negativas do mesmo. Nesse caso, gerando sentimentos de insatisfação e de rejeição nos utilizadores e no público em geral, esta parte do sistema *edifício* tem a responsabilidade de ser o “postal” do mesmo. Assim, a qualidade do projecto de concepção e da execução da fachada de um edifício é essencial para se evitar a sua degradação e envelhecimento precoce. Deve procurar atingir-se a exigência máxima em termos de durabilidade e de resistência a intempéries e a agentes externos agressivos, bem como permitir a optimização do nível de conforto ambiental interior (térmico, ventilação, iluminação natural e acústico).

O envelope de um edifício constitui-se então como o sistema “mediador face às condições climáticas exteriores, de forma a permitir manter condições de conforto interiores.” (Rodrigues, 2009). A citação do autor mostra a importância das relações de dependência funcional que o envelope e o interior de um edifício verificam entre si. A dimensão das janelas, as características térmicas da habitação ou a existência de ventilação natural nas cozinhas e casas de banho, são características de qualidade associadas ao conforto dos espaços interiores. No entanto, a forma como o envelope de um edifício é projectado irá influenciar as características de qualidade do interior.

1.3 Objectivos da dissertação

Com o presente trabalho, pretende-se: obter um estudo monográfico de maior amplitude, funcionando como uma síntese do vasto Estado da Arte; estudar o critério de desempenho menos conhecido – funcionalidade de sistemas construtivos; e sistematizar valores de vida útil, nas componentes física e funcional, para os elementos construtivos principais nos sistemas com maior incidência de anomalias.

Os objectivos da dissertação, decorrem deste entendimento geral:

- I. avaliação da vida útil na óptica do utilizador, hierarquizando as características que definem a qualidade da habitação, através da compreensão do funcionamento de

² Interpretada para este caso como o sistema fachada de um edifício (*pele* da estrutura). No presente trabalho irá interpretar-se o conceito de envolvente como o ambiente com o qual um edifício interage, estando a fachada e cobertura do mesmo inserido no sistema *envelope*.

- edifícios de habitação, enquanto sistemas de elementos, e das expectativas que os utilizadores têm com os vários aspectos de qualidade que os definem;
- II. compilação de valores de vida útil física de componentes construtivos, presentes nos sistemas *Envelope* e *Interior* de edifícios de habitação em Portugal.
 - III. proposta de valores de vida útil, nas componentes física e funcional de elementos e sistemas construtivos, separando claramente o conceito de vida útil do limite teórico de durabilidade.

1.4 Metodologia e organização do trabalho

O presente estudo é composto por seis capítulos, tal como se descreve nos próximos parágrafos. O presente capítulo apresenta o tema a desenvolver, refere algumas das opções tomadas e identifica os objectivos que se pretende alcançar com o estudo.

No capítulo 2, é feita uma caracterização geral dos factores que afectam o desempenho de edifícios de habitação em serviço. São também identificadas as principais perspectivas do conceito de VU aplicado às construções e os métodos de previsão existentes. De forma a suportar o estudo desenvolvido, é ainda feito o enquadramento normativo para a avaliação do desempenho de edifícios. A recolha de informação não termina com a elaboração do capítulo 2 e é encarado como um processo contínuo, realizado durante toda a elaboração da presente dissertação, uma vez que também caracteriza o “trabalho de campo”.

No capítulo 3, é apresentada uma abordagem sistémica a edifícios. O recurso ao conceito de *sistema* de um edifício pretende tornar perceptível a sua hierarquia em camadas de durabilidade diferentes, permitindo a análise de desempenho de elementos construtivos a vários níveis de particularização. Pretende-se assim compreender o funcionamento de um edifício de habitação enquanto sistema de elementos.

No capítulo 4, é apresentado o resultado de um inquérito aos utilizadores, de forma a compreender a importância que estes atribuem aos vários aspectos que caracterizam a qualidade da habitação. A análise dos respectivos resultados pretende o entendimento do critério de desempenho funcional, traduzido pelo contexto social e avaliado pelas expectativas dos utilizadores.

O capítulo 5 apresenta o principal resultado do trabalho desenvolvido, designadamente uma sistematização de valores de vida útil física para os principais componentes construtivos presentes nos sistemas *Envelope* e *Interior*, seleccionados consoante a sua ocorrência no edificado de habitação português. Para esse efeito, recorre-se a cinco referências bibliográficas, convenientemente caracterizadas e comparadas em termos de abordagem. Simultaneamente, descreve-se a percepção que o utilizador tem sobre a vida útil dos componentes construtivos e retiraram-se as devidas conclusões.

As conclusões do presente estudo encontram-se compiladas no capítulo 6, assim como os desenvolvimentos que se considerem úteis na sequência do estudo realizado.

Por fim, os anexos apresentam as seguintes informações complementares:

- proposta de uma metodologia de análise do ciclo de vida de edifícios de habitação;
- modelo e conteúdo do inquérito ao utilizador sobre as expectativas que este tem da qualidade da habitação;
- descrição geral da amostra que respondeu ao inquérito;
- resultados do inquérito;
- excerto do manual HAPM (1999), utilizado como referência bibliográfica na sistematização de valores de vida útil.

2. Vida útil e desempenho em serviço de edifícios

2.1 Considerações gerais

Embora se verifique actualmente uma crescente preocupação com a qualidade das construções, o parque imobiliário português apresenta problemas de degradação física e funcional, em parte derivados de um deficiente processo de construção – entendido como o período de tempo desde a planificação até à conclusão da obra. Nesta fase do ciclo de vida do edifício aparecem as primeiras variáveis que irão influenciar o tempo de vida útil das edificações, como por exemplo: o programa de usos para o qual foi projectado; as soluções construtivas adoptadas; os materiais utilizados ou o funcionamento estrutural (Gaspar, 2002). Particularidades como estas, assim como as acções a efectuar durante o período de utilização do edifício, como o investimento feito na sua conservação e manutenção, tornam muito difícil o trabalho de avaliar a durabilidade. Nesta perspectiva surge o primeiro contacto com o conceito de vida útil – quantificação temporal de durabilidade enquanto qualidade dos edifícios, determinada pela combinação de variáveis num determinado contexto.

Actualmente, o conhecimento pouco aprofundado sobre as características inerentes dos produtos da construção, e os comportamentos destes ao longo do tempo (Henriques, 2001), não permitem a programação perfeita do desempenho de um edifício. Para além disso, geralmente não se conhece o efeito de todas as variáveis envolvidas no problema. A maior dificuldade em projecto reside assim no problema da modelação de todos os aspectos que possam condicionar o ciclo de vida da edificação. Isolando as decisões na fase de “nascimento”, estas conduzirão a uma vida útil de projecto (VUP) que será, necessariamente, afectada pelas intervenções de manutenção e reparação efectuadas durante o “envelhecimento” da construção (período de serviço). Devem por isso mesmo ser consideradas para a determinação da VUP.

Durante muitos anos a vida útil estava associada à resistência e à estabilidade de determinado edifício. Actualmente, com a introdução de novos materiais e métodos construtivos na indústria da construção e com a evolução do estado do conhecimento, a questão da durabilidade torna-se menos concentrada no critério físico. Por um lado, por não se conhecer o desempenho económico e funcional destas novas soluções. Por outro, os padrões de estética e de conforto dos utentes acompanham a entrada dos novos produtos e tornam construções precocemente obsoletas em relação à sua vida útil prognosticada, afectando desta forma a sua degradação física e funcional.

A evolução das técnicas de engenharia tem permitido empreendimentos cada vez mais funcionais, estéticos, económicos, resistentes, duráveis, entre outras evoluções de qualidade. A questão reside no conhecimento a longo prazo do que se está a projectar e na dificuldade em avaliar e prever desempenhos que conduzam a valores de vida útil. Com o intuito de colmatar esta lacuna têm vindo a ser desenvolvidos, a nível internacional, vários documentos técnicos e

normativos que apoiam o planeamento da vida útil das edificações, nomeadamente através de métodos de previsão. Neste sentido, considera-se que o planeamento da vida útil deve ser encarado pelos técnicos projectistas como um critério de projecto.

Alguns autores, como Gaspar e Brito (2003a), defendem que conhecendo a evolução das construções no tempo, se considera fundamental uma gestão otimizada nos seguintes pontos:

- a planificação de um investimento inicial – mesmo não correspondendo à maior fatia nos custos globais de uma construção, apresentados no quadro 2.1, é o primeiro indicador da qualidade da construção projectada;

Quadro 2.1. Custos globais de um empreendimento (Gaspar e Brito, 2004; Andersen e Brandt, 1999)

Custos iniciais	Planificação	Estudo de viabilidade; Aquisição do terreno ou imóvel; Taxas, impostos e licenças.
	Construção	Projecto e instalação; Empreitada e compra ou leasing de equipamentos; Taxas, impostos e licenças.
Custos de utilização	Custos correntes	Custos energéticos; Limpeza; Fornecimento de água, telefone, entre outras; Segurança e vigilância; Rendas e contratos; Taxas e licenças.
	Custos de manutenção	Inspecção; Manutenção; Reparação ou reabilitação; Substituição de elementos; Custos de oportunidade por perda de rentabilidade durante intervenções.
	Custos residuais	Desmontagem; Demolição; Reciclagem.
	Impacte ambiental	Poluição e Tráfego, por exemplo.

- outras decisões tomadas na fase de projecto – influenciadas pelo investimento inicial, formam o primeiro grupo de variáveis que combinadas entre si definem a VUP, tais como: materiais e soluções construtivas aplicados; programa de usos do edifício e o seu comportamento estrutural;
- estratégias a adoptar na fase de exploração – consoante as intervenções é possível cumprir ou alargar a VUP. O cumprimento dessa estimativa subentende a existência de manutenção corrente;

- consequência em termos de impacte ambiental, associado à morte das construções – a envolvente, de alteração lenta face às mutações verificadas em edifícios individualizados, é afectada pela falta de compromisso ambiental em todas as fases do ciclo de vida de um edifício, culminando com os impactes causados pelo produto das construções em fase de desconstrução.

Perante este cenário, o presente capítulo pretende apresentar:

- I. As linhas gerais da abordagem sistemática sobre o ciclo de vida das construções, referindo os principais factores que influenciam a evolução das construções no tempo, na óptica do desempenho;
- II. Os critérios de análise da vida útil, primeiro numa lista relativamente extensa de fenómenos explicativos da durabilidade, que serão agrupados em três grandes critérios de análise. Pretende-se ainda perceber o seu significado, modo de actuação e preponderância face às alternativas;
- III. Documentação normativa/legal existente sobre o tema – o grau de divulgação e aceitação destes elementos parece fundamental para uma eficaz recolha de dados de ciclo de vida (indicadores de degradação, desempenho, custos totais de ciclo de vida, englobando financeiros e ambientais, ou de vida útil), destacando-se a norma ISO 15686 (2000);
- IV. Os principais métodos de previsão de vida útil, com a correspondência ao critério de análise a avaliar.

2.2 Conceito de vida útil ou período de serviço

Tal como qualquer elemento, ou conjunto de elementos formando um sistema, orgânico ou inorgânico, os edifícios têm um tempo de existência. Introduzindo o conceito de limite teórico de durabilidade, os edifícios não dedicam todas as fases da sua vida a desempenhar as funções para os quais foram concebidos. Enquanto a função é desempenhada, diz-se que o edifício está dentro do seu período de vida útil. A filosofia de considerar várias etapas, de crescimento, mutação e declínio, em tudo o que é considerado “vida”, torna questionável, e por isso interessante, a duração da utilidade dos edifícios, que só é efectivamente definida, após se conhecer o seu ciclo de vida. A manutenção dos edifícios em actividade exige um satisfatório comportamento físico, económico e funcional. Com base no panorama de degradação e do nível de qualidade do parque imobiliário português, ao se restringir a vida de uma construção ao seu período de utilidade, o tempo de serviço torna-se mais reduzido em relação ao limite teórico de sobrevivência, na ausência de manutenção e conservação do que foi projectado e edificado. Estas actividades, inseridas no conceito de *planeamento da vida útil* de um edifício, podem até mesmo alargar o domínio temporal da vida das construções, definida em projecto (*vida útil de projecto*), através da análise dos custos de ciclo de vida dos seus elementos. A

vida útil de uma construção pretende ser tão alargada quanto possível, relativamente ao período espectável.

Do ciclo de vida dos edifícios fazem parte o *nascimento*, o *envelhecimento* e a *morte*, assim definido por Gaspar (2002). O *nascimento* de um edifício engloba todas as operações que antecedem a entrada do edifício a uso, como a planificação do empreendimento, os projectos de estruturas, infra-estruturas e instalações prediais, assim como a execução da obra. Após esta fase, inicia-se o período de serviço (*envelhecimento*), que inclui as diversas mudanças de uso e alterações na construção, de acordo com os ciclos económicos, mudanças de contexto ou a evolução nas exigências dos utilizadores, verificando-se que todos os edifícios mudam ao longo da sua vida e que muitos são mesmo profundamente alterados (Brand 1994; Slaughter, 2001). A terceira e última fase da vida de uma construção corresponde à sua *morte*, quando o conceito de *vida útil* já não é representativo do edifício em questão. Como escrevem Gaspar e Brito (2003a), “os edifícios são bens de grande longevidade”, no entanto após a sua entrada em serviço, iniciam “um processo contínuo de degradação”. Este processo é bastante lento nos primeiros anos e praticamente imperceptível. No entanto, à medida que o edifício vai envelhecendo, a evolução da degradação torna-se mais acentuada.

Ao se definir *vida útil*, pretende-se atingir “o período de tempo após a colocação em serviço durante o qual todas as propriedades excedem os valores mínimos aceitáveis, assumindo haver uma manutenção corrente” (ASTM, 2004). Por outras palavras, pode definir-se *vida útil* ou período de serviço de um edifício como “o período de tempo durante o qual as suas propriedades respondem ou excedem os níveis mínimos aceitáveis para o seu funcionamento – de ordem intrínseca ao elemento, normativa ou subjectiva – numa situação de manutenção corrente” (ISO, 2000; Brito, 2001). Este conceito, aparentemente simples de interiorizar, é bastante complexo devido à variabilidade do contexto que enquadra a definição da *vida útil* de determinado edifício. As próprias expectativas que dele se têm ou do que significa a sua funcionalidade para uma determinada época (Gaspar e Brito, 2003a), representam a evolução das exigências e expectativas dos utilizadores, dos padrões de conforto e qualidade e dos níveis aceitáveis de segurança e saúde.

A realização de uma obra de Engenharia engloba numerosas operações que encaminham o desempenho e os moldes da *morte* do produto da construção, numa vasta combinação possível de variáveis. Das decisões económicas ao projecto, da construção à exploração/manutenção, é necessário um rigoroso trabalho e conhecimento científico onde se apoiem as mais variadas posições tomadas pelo engenheiro e utilizador ao longo do *nascimento* e *envelhecimento* de um edifício, respectivamente. A análise de sensibilidade das variáveis de decisão, e a optimização de serviço que as soluções construtivas e a utilização de materiais podem dar à engenharia civil, contribuem para um determinado valor de *vida útil*. A relatividade do conceito e a complexidade do problema de o quantificar levou a que diversos autores propusessem a subdivisão deste em problemas menos complexos, analisando-os individualmente. Gaspar e Brito (2003a) propõem a abordagem descrita no quadro 2.2.

Quadro 2.2. Fenómenos explicativos da perda de desempenho (Gaspar e Brito, 2003a)

Critério de desempenho	Causas	Consequências
<i>Deterioração física</i>	Condições de projecto ou de utilização em serviço	Redução significativa do desempenho físico; Incapacidade física; Fim da vida útil física.
<i>Obsolescência física</i>	Alteração dos requisitos (alterações à regulamentação)	Elemento obsoleto mas fisicamente capaz, no entanto fora da sua vida útil
<i>Obsolescência funcional</i>	Alteração de padrões de conforto, requisitos legais e exigências da sociedade.	Espaço deixa de estar habilitado para receber os usos a que se destina
<i>Obsolescência tecnológica</i>	Falta de acompanhamento tecnológico das instalações	Redução do desempenho funcional do espaço
<i>Mudanças do contexto social</i>	Alteração do poder económico dos utilizadores	Evolução nas exigências com a sua habitação
<i>Mudanças do contexto envolvente</i>	Alteração de condições de localização e utilização	Afecta as suas qualidades
<i>Alterações normativas</i>	Evolução do conhecimento técnico	Se regulamentares, afectam os padrões e os níveis mínimos de qualidade
<i>Obsolescência estética</i>	Degradação física existente, determinante apenas a níveis visuais	Fim da vida útil física, por motivos de desconforto e de não cumprimento das necessidades dos utentes;
<i>Mudanças ambientais</i>	Alteração de condições climáticas	Obsolescência do edificado

2.3 Durabilidade das construções

Durabilidade e vida útil (*durability* e *service life*) são dois conceitos facilmente confundidos, tornando-se fundamental a sua separação e esclarecimento, tendo em conta o âmbito do estudo apresentado.

Por definição, durabilidade significa a qualidade daquilo que é durável. Adaptando o conceito ao estudo dos edifícios, representa a capacidade que estes têm em desempenhar as suas funções em serviço (Flores-Colen, 2009), de acordo com requisitos ou expectativas. É por isso mesmo um conceito quantificável pela vida útil (ISO 15686, 2000).

2.3.1 Desempenho

A investigação na área da durabilidade tem-se preocupado com o estudo do comportamento dos materiais, da sua interacção com o ambiente e com os mecanismos de

degradação mas também com a concepção de metodologias que permitam a integração desta temática como critério de projecto (Matos, 2007).

As decisões tomadas na execução de um edifício irão definir a VUP. Facilmente se percebe que duas coberturas constituídas pelos mesmos materiais, com a mesma arquitectura e igualmente dimensionadas, tenham períodos diferentes de vida útil, se estiverem localizadas em climas diferentes. Nesta perspectiva, é possível discutir a influência das condições de fronteira na implantação do edifício, devido ao facto de condições ambientais diferentes provocarem efeitos de gravidade diferente num mesmo elemento. Os materiais utilizados na construção possuem as mais diversas características, tendo vantagens e desvantagens para cada caso de aplicação, sendo a sua escolha um factor de influência no tempo de serviço dos edifícios. Tal como os materiais, as soluções construtivas adoptadas fazem variar o período de envelhecimento, assim como as decisões de projecto sobre o funcionamento estrutural do edifício. Para além das decisões tomadas para erguer o edifício, as assumidas no seu período de serviço também são factores condicionantes de vida útil. Assim, durante o período de envelhecimento de um edifício, os utilizadores podem tomar numerosas posições quanto à alteração/manutenção do mesmo, influenciando, desta maneira, a sua durabilidade. No quadro 2.3 faz-se a compilação de variáveis que afectam o desempenho de edifícios.

Quadro 2.3. Variáveis determinantes para o desempenho e longevidade dos elementos da construção, adaptado de Matos (2007) e Gaspar (2008)

Período de nascimento	Período de envelhecimento	
Condições de localização do edifício, e tipo de clima associado	Periodicidade e tipo das acções de reparação	Reorganizações internas
Soluções construtivas adoptadas	Periodicidade e tipo de acções de manutenção	Mudança de ocupantes ou necessidades
Funcionamento estrutural do edifício	Alteração de usos	Ampliações ou remodelações
Materiais utilizados e respectivos desempenhos nas condições de aplicação	Envelhecimento e substituição de elementos	

2.3.1.1 O projecto no processo construtivo

No âmbito do projecto de edifícios, o trabalho do arquitecto desenvolve-se habitualmente em duas vertentes: a concepção do projecto de arquitectura e a coordenação do projecto geral, (Gama, 2005). Neste sentido, é cada vez mais importante, a existência de gabinetes de projectos que coordenem o maior número de especialidades envolvidas, reduzindo os problemas que muitas vezes se verificam na compatibilidade das responsabilidades que estão a cargo de engenheiros, paisagistas e arquitectos.

As partes constituintes de um edifício devem ser projectadas com flexibilidade, ao nível dos componentes e elementos construtivos, de forma a potenciar a sua substituição ao longo

da vida do edifício, o que na opinião de Falorca (2004), significa que a sua substituição/reparação deverá efectuar-se com o mínimo de perturbações na habitabilidade do espaço interior. Soluções de substituição rápida de canalizações ou aplicações de impermeabilizações por pinturas exteriores são dois exemplos apresentados pelo mesmo autor, reforçando a ideia de que certos cuidados na adaptabilidade do projecto podem evitar preocupações maiores em actividades de reposição aquando da exploração do edifício.

2.3.1.2 A manutenção em serviço

A norma BSI – 3811 (1984) define a manutenção como a combinação de todas as acções técnicas e administrativas, incluindo a sua monitorização, necessárias à reposição de determinado elemento/componente de um edifício num estado em que possa desempenhar a preceito a funcionalidade pretendida. As acções de manutenção a efectuar num edifício podem ser reactivas ou pró-activas.

As acções de manutenção do tipo reactivo, ou correctivo, correspondem à manutenção realizada após os componentes/sistemas terem atingido a rotura. Ocorre, ou porque não foram realizadas acções de manutenção atempadas, ou como consequência de anomalias imprevistas. Facilmente se percebe que este tipo de manutenção origina sobrecustos devido, normalmente, ao seu carácter de urgência e ao estado excessivamente deteriorado do elemento a manter (Flores-Colen, 2009).

Designam-se por “preventivas” as acções calendarizadas em projecto, e por “preditivas”, quando são as inspecções que estão previamente planeadas e, consoante o seu resultado, se decida sobre as acções de manutenção a realizar (Rocha et al, 2006). Na vertente preventiva da manutenção pró-activa, a calendarização das acções de manutenção necessárias ao cumprimento do período de serviço de um edifício, é justificada pelos períodos de tempo em que os seus elementos garantem durabilidade. A manutenção preditiva traduz-se numa maior capacidade de conhecer o desempenho em serviço, tendo sido uma importante ferramenta para reduzir os custos globais e encontrar meios mais eficientes de reduzir os encargos com a manutenção.

É prioritário que se conheça o desempenho, para que se possa quantificar a durabilidade e planear o tempo de serviço dos edifícios futuros. Esta necessidade também surge por se observar, inúmeras vezes, anomalias em edifícios recentes, onde supostamente não deveriam acontecer em fases precoces de serviço (Henriques, 2001).

2.3.2 Critérios de desempenho

É, assim, importante conhecer as características dos materiais, produtos ou sistemas que mais condicionam o desempenho de um edifício, bem como os respectivos níveis a eles exigidos. Segundo a norma EOTA (1999), o significado de funcionalidade de um edifício, advém das expectativas que se têm do mesmo. Desta maneira, a questão que se coloca é:

Como são tratadas as informações ao nível funcional de um edifício, no respectivo ambiente económico e tendo como base o valor limite de durabilidade física?

Para melhor compreensão do comportamento do edifício do seu *nascimento* ao seu fim de vida, o problema será analisado em diferentes critérios de análise: deterioração física, funcionalidade e economia.

2.3.2.1 Vida útil física

A vida útil física corresponde ao período de tempo durante o qual o edifício ou parte dele se mantém num nível requerido de adequação às exigências que lhes são colocadas ou que permita acolher e responder a novos usos, sem sofrer desgaste físico irreversível para além de uma manutenção corrente ou de investimentos equivalentes ao custo de reposição do elemento (Gaspar, 2003; Gaspar e Brito, 2003c). Esta dimensão do estudo da vida útil das construções é a que mais tem evoluído no conhecimento do engenheiro. A razão, segundo os mesmos autores, é o facto do imenso parque construído estar a envelhecer e a necessidade, que daqui advém, de se compreender a durabilidade física das construções, “dentro de certos limites de custo, a partir dos quais a manutenção se torne in comportável”.

No entanto, nem sempre é a durabilidade física a condicionante nas intervenções nas construções. A vida útil física, também entendida como limite teórico de durabilidade, “só tem importância após considerada a componente funcional das edificações, já que, na maior parte dos casos, a vida útil de um elemento ou construção termina muito antes do valor limite em termos de deterioração física” (Gaspar e Brito, 2003c). As mudanças de uso sofridas por um edifício ao longo do seu período de serviço, bem como a viabilidade económica de actividades de manutenção/alteração de espaços no referido período, podem determinar o *fim da vida útil*. Ao se estimar a vida útil física de determinada construção ou elemento construtivo, os valores obtidos serão indicativos do limite máximo de período de serviço. Estes valores servem como base para os critérios de análise da vida útil funcional e económica. Como referem os autores Gaspar e Brito (2003c), “a planificação de optimização do investimento e a escolha, planificação, programação e optimização das acções de manutenção” acarretam decisões que têm como base a durabilidade física dos elementos construtivos.

Os motivos que levam ao fim da vida útil física podem ser o desgaste decorrente do uso; as acções ambientais, num cenário de manutenção corrente ou a degradação por negligência, num cenário de ausência de manutenção (Gaspar, 2008).

2.3.2.2 Vida útil funcional

“A vida útil funcional (ou *serviceability*, na literatura anglo-saxónica) corresponde ao período de tempo durante o qual uma construção permite a sua utilização, independentemente do fim para que foi concebida, sem obrigar a alterações generalizadas” (Davies e Szigeti, 1999). A introdução deste conceito ultrapassa uma natureza meramente programática, do tipo

“a forma segue a função” (Curtis, 1999; Gaspar, 2008). A vida útil funcional inclui, segundo os autores supracitados, as seguintes dimensões: programa de usos; características geométricas e construtivas das edificações; natureza, concepção e funcionamento das infra-estruturas; estética associada à arquitectura.

Uma vez que uma construção tem a possibilidade de projecto de apropriar um espaço predefinido para um determinado uso específico, a vida útil funcional encontra-se directamente relacionada com a noção de “flexibilidade” das construções (Gaspar e Brito, 2003b; Leupen, 2006). Este conceito refere-se à noção de *moldura (frame)*, definida como a parte imutável do edifício que cria as condições para a adaptabilidade, na qual a mudança pode ocorrer, ou seja a parte *permanente que liberta o temporário* (Henriques, 2007). Como é do conhecimento comum, os edifícios correntes podem suportar os usos de habitação, comércio, serviços e escritórios. Na habitação, a ideia de *low definition spaces* está mais limitada do que, por exemplo, em edifícios de escritórios, em que a construção permite subdividir o espaço com maior facilidade. É certo que a importância de construir com flexibilidade não é a mesma para os vários tipos de usos. No entanto, a pouca adaptabilidade da construção em projecto pode inviabilizar uma qualquer mudança de uso e até mesmo contribuir para que o edificado atinja o fim da sua vida útil, em termos funcionais.

As expectativas dos utentes que ocupam um espaço habitacional, são determinantes para a definição do conceito de vida útil funcional dos edifícios. Como escrevem Gaspar e Brito (2003b), “as expectativas dos utentes do que é viver bem estão em constante evolução, na aspiração de viver com mais espaço, com mais conforto ou mais na *moda*”. Os mesmos autores apontam esta razão como a principal para o facto de as intervenções funcionais se sobreporem às questões técnicas e económicas. Para complementar esta ideia, repare-se que a “obsolescência funcional de componentes como os sistemas de informação de um edifício que, um pouco à semelhança das aplicações informáticas, apesar de responderem às exigências para as quais foram concebidas, não acompanham a evolução das exigências dos utentes” (Davies e Szigeti, 1999; Gaspar e Santos, 2003).

Prever a vida útil funcional de uma construção não é uma tarefa fácil, no entanto os conhecimentos adquiridos ao longo das últimas décadas, particularmente a visão sistémica que se fomentou ao se analisar os edifícios por diferentes camadas de durabilidade, deram um contributo essencial à previsão do tempo de durabilidade funcional (Gaspar e Brito, 2003b; Brand, 1994) – responsável pela maioria das intervenções em edifícios existentes, excluindo as acções de manutenção correntes.

2.3.2.3 Vida útil económica

“Uma construção atinge o fim da sua vida útil económica quando está disponível o capital necessário para a demolir e construir uma substituta e a operação seja, como um todo, lucrativa” (Brito 2001). Segundo o autor, a decisão sobre o fim da vida útil da construção é basicamente de índole económica, sendo de índole técnica apenas a quantificação da taxa de

degradação e a definição do nível de qualidade mínimo. Quer isto dizer, que a física e funcionalidade dos edifícios de habitação não são determinantes para a quantificação do seu desempenho, na ausência da consideração das intervenções efectuadas em projecto e em serviço, com base em estudos económicos. A vida útil económica, segundo Brand (1994), define-se como o período de tempo que decorre:

1. Até que uma construção seja substituída por outra ou por uma actividade mais rentável,
2. Enquanto a edificação mantiver uma relação de custo / benefício anual inferior às alternativas;
3. Muito simplesmente, até ao abandono da construção.

O conceito de ciclo de vida económico de uma construção coloca-se sempre que se analisa o desempenho do edifício enquanto instrumento, isto é, um bem que gera e consome recursos ao longo da sua vida útil (Santos, 2000). Qualquer edifício é um investimento passível de gerar ganhos, sejam eles de índole económica ou de bem-estar social. No entanto, para que permaneçam no espaço e no tempo, torna-se igualmente necessário considerar os custos associados à sua exploração, decorrentes, por exemplo, dos investimentos associados à manutenção, que adiem a obsolescência técnica e funcional dos seus componentes e sistemas. Assim, ainda que um edifício mantenha a sua integridade física (acima dos níveis mínimos de desempenho), por vezes sucede ser economicamente inviável a sua manutenção, por exemplo pela insuficiência dos rendimentos gerados ou pela existência de alternativas mais rentáveis de ocupação do espaço associado à construção (Gaspar e Brito, 2004).

É interessante referir que a percentagem associada ao custo de manutenção de um edifício, na fase de utilização, corresponde a 80% a 85% do custo total, segundo Barbosa (2009). No entanto, através de dados da mesma autora, quase metade das anomalias existentes – 42%, são derivadas da fase de projecto, seja por erros na fase de construção ou por más decisões na interacção do edifício específico com o seu ambiente particular. Desbloquear as variáveis de decisão ao contexto é um problema cada vez menos abstracto e cada vez mais complexo. Não obstante a realidade, “o estudo do ciclo de vida das construções é uma ciência indispensável em sociedades de escassos recursos” (Gaspar e Brito, 2004).

“Enquanto bem ou activo, isto é, enquanto propriedade transaccionável, todas as construções, como qualquer produto, encontram-se sujeitas às leis de mercado da oferta e da procura” (Gaspar e Brito, 2004). Uma elevada procura, mais comum em grandes centros urbanos, traduz-se, inevitavelmente, no aumento do valor do terreno e na substituição das construções consideradas menos rentáveis. Desta maneira, torna-se obrigatório perante o mercado, que o período economicamente viável para a vida duma construção possa ser bem compreendido, a fim de ser estimado com precisão e coerência.

A vida útil económica pode ser determinada pela ferramenta *Life Cycle Cost*, método que consiste na “identificação e conversão para o momento presente do somatório dos

diversos custos associados ao período de serviço de uma construção, incluindo o investimento inicial, os custos de manutenção, reparação e substituição de elementos, custos de gestão corrente e custos energéticos, traduzidos no valor quantitativo” (Gaspar e Brito, 2004).

2.3.3 Perda de desempenho por obsolescência

A perda da capacidade de um edifício ou das suas partes em satisfazer as necessidades dos utilizadores é muitas vezes provocada por alterações nos requisitos de desempenho em termos funcionais, tecnológicos, económicos ou decorrentes de variações de gosto ou moda, dando significado ao conceito de obsolescência (ISO, 2000). Gama (2005), ao definir obsolescência, reforça que esta corresponde à perda de aptidão de um determinado item para desempenhar satisfatoriamente as suas funções devido a alterações no nível de desempenho exigido e não porque tenha perdido as suas aptidões. Gaspar (2002) define a obsolescência funcional como: “o período de tempo durante a qual uma organização ou estrutura social pode usar e habitar o edifício sem necessidade de proceder a alterações generalizadas”. Da presente definição para a de vida útil funcional, enquanto critério de desempenho, a separação é feita pela falta capacidade do edificado em permitir a sua utilização, estando portanto no fim da sua vida útil. Para se suprimir a obsolescência dum elemento ou edifício terá que se implementar uma acção de renovação, de modo a se voltar a atingir o nível de exigência necessário (Lopes, 2005).

É possível distinguir vários tipos de obsolescência, sendo os mais comuns de índole tecnológica, económica e funcional. Variações de gosto ou moda, da sociedade ou de utilizadores particulares, correspondem às causas mais subjectivas daquilo que justifica o conceito de obsolescência.

Os tipos de obsolescência considerados poderão ser melhor compreendidos no quadro 2.4. Numa primeira análise, especialmente na coluna das ocorrências típicas, nota-se que seja qual for a natureza do critério de desempenho, este surge derivado de algo estar ultrapassado, em consequência da evolução e desenvolvimento inerente a esse critério.

Ao nível económico, a obsolescência não incide no sistema edifício, uma vez que se assim fosse, o conceito rapidamente se aproximaria da vida útil económica. No entanto, ao nível das suas partes constituintes, a obsolescência por falta de viabilidade económica acontece, principalmente nos sistemas de infra-estruturas. Apesar da maior tendência verificada para as redes de serviços, mais vincado para usos de escritórios, a obsolescência económica pode também estar relacionada com a depreciação da envolvente dos edifícios. Os bens depreciáveis incluem os edifícios e construções, a partir da conclusão do projecto de execução, sendo que o valor da edificação deve ser destacado do valor do terreno. Este facto justifica os exemplos que a seguir se enumeram:

- ruído de aeroportos, auto-estradas e outras vias de comunicação desta escala – no caso de serem recentes, relativamente a um edifício já em utilização nessa

envolvente, a interacção do edificado neste ambiente determina reduções do valor do mesmo;

- resíduo tóxico, poeira e pólen no ar – uma zona sujeita a um ambiente assim caracterizado, é mais propício que as vizinhas a depreciação económica dos seus imóveis;

Quadro 2.4. Tipos de obsolescência, original de ISO (2000) e desenvolvido por Matos (2005)

Tipo de obsolescência	Ocorrência típica	Exemplos
<i>Funcional</i>	A função em causa já não é requerida.	Processo industrial obsoleto, instalações desnecessárias, divisória removida, entre outros.
<i>Tecnológica</i>	Alternativas actuais com melhor desempenho; mudança de padrões de uso.	Mudança do isolamento térmico para um melhor desempenho, mudança para caixilharias mais estanques.
<i>Económica</i>	Item ainda totalmente funcional mas menos eficiente e económico que novas alternativas.	Mudança do sistema de aquecimento.

Sousa (2008) diz que a “obsolescência económica ocorre sempre que a manutenção ou reabilitação se torna demasiadamente dispendiosa ou complicada, ou quando se encontram disponíveis alternativas mais baratas à manutenção praticada”. Gaspar (2002) desenvolve o conceito, definindo-o como o período de tempo que decorre enquanto um elemento mantém uma relação custo/ benefício anual inferior às alternativas. Adaptado do mesmo autor, considera-se então que um elemento construtivo se encontra economicamente obsoleto quando for substituído do seu objectivo inicial por outro, na continuidade da mesma actividade, ou coerente com outra mais rentável.

A norma ISO 15686-1 (2000) define a ocorrência de obsolescência tecnológica sempre que o elemento ou construção seja suplantado em termos de desempenho por outra solução alternativa moderna. A obsolescência tecnológica representa a tipologia mais fácil de ser entendida. Muitas vezes ouvimos e dizemos expressões como: “Esta televisão está ultrapassada” ou “Para a utilização que preciso, já não faz sentido arranjar este computador”. Ora, o conceito que está subjacente a frases como estas, é precisamente o de obsolescência, mais concretamente obsolescência tecnológica.

Perante o exposto, facilmente se compreende que as condições de serviço a que um edifício está sujeito geram resultados de durabilidade diferente em dois edifícios de igual projecto. Por outro lado, dois edifícios em serviço com a mesma idade terão uma vida útil prognosticada diferente a partir dessa data, dependendo da sua localização e do projecto geral, diferente para este caso. Comparando a previsão da vida útil de dois edifícios de igual projecto a edificar na mesma altura, estes valores de origem já serão diferentes e baseados na integração com a sua envolvente particular.

2.3.4 Fim da vida útil das construções

Aquilo que determina o fim da vida útil pode estar associado a critérios de desempenho ou a obsolescência. Este último, de definição compreendida essencialmente ao nível das partes constituintes da construção global, no limite justifica a alteração de usos ou o fim da vida útil funcional de componentes construtivos, no entanto raramente se encontra associado ao fim da vida útil do edifício. Os critérios de desempenho apresentados interagem de tal forma que tornam necessária a sua análise conjunta e de forma dinâmica³. Apesar de a investigação indicar que é esse o processo otimizado para um perfeito conhecimento do ciclo de vida das construções, é essencial perceber, ao nível da habitação, a escala de ocorrência destes critérios.

A evolução dos níveis de desempenho exigido aos edifícios, relativamente ao uso para que se destinam, explica a obsolescência em termos físicos ou funcionais de uma grande amostra. Apesar disto e sendo o conjunto de exigências a satisfazer para determinado produto da construção bastante alargado, torna-se difícil determinar o fim da sua vida útil. Este conceito “reveste-se de enorme subjectividade”, não só pelo facto de ser caracterizado por um grande número de propriedades com diferentes níveis de importância, como também pela própria evolução no julgamento da utilidade ou validade ao longo das várias épocas (Sá, 2005).

De um modo geral, considera-se que se atingiu o limite de durabilidade de um elemento construtivo, quando determinado fenómeno de degradação (ou a acção conjugada de vários fenómenos) conduz à ultrapassagem de um valor limite crítico inaceitável, por obsolescência funcional, falta de rentabilidade económica ou pela degradação física das suas camadas hierarquicamente determinantes. Os próprios critérios do que é aceitável mudam ao longo do tempo e a forma de definir os estados limite pode variar consoante se considerem “exigências de segurança, de funcionalidade ou de aparência” (Gaspar, 2008; Jernberg, 1999). Os autores consideram serem estas as três dimensões de análise do fim da vida útil das construções habitacionais.

Na maioria dos estudos são as questões de ordem estética as mais determinantes, por atingirem o seu mínimo admissível mais cedo, no entanto seria abusivo considerar este aspecto como condicionante do fim da vida útil das construções. A interpretação deve ser feita de modo mais reservado. Não será por motivos estéticos que um edifício, física e funcionalmente competente, e sendo economicamente justificável a sua reabilitação, chegará ao fim da sua vida útil. O processo de avaliação da vida útil de um edifício implica uma análise dinâmica e sistémica do conjunto de componentes hierarquizados, contudo é através do estudo individualizado de elementos de um edifício que se obtêm os determinantes, no sentido de serem esses os responsáveis pela perda de desempenho do edifício, ao chegarem

³Análise de sensibilidade que compreenda as causas, modos e efeitos que caracterizam os critérios de desempenho, bem como as dependências que estes verificam.

precocemente ao fim da sua vida útil. As anomalias estéticas afectam, regra geral, o aspecto do revestimento. Mesmo não constituindo um risco para a estabilidade do mesmo, provocam a perda de valor do edifício. Esta situação, a grande escala e emparelhada com outras anomalias físicas e funcionais, pode potenciar o fim da vida útil económica do edifício (Silva, 2009).

Pretende-se assim obter como primeira conclusão, não que a estética seja a dimensão que mais condiciona a vida útil das construções, mas que influencia bastante o estatuto económico e social das mesmas, quando as anomalias se tornam evidentes. Por sua vez, o fim da vida útil de uma construção por motivos económicos é frequente dada a variabilidade da sua ocorrência no parque edificado português. O assunto é tratado de forma paralela às restantes dimensões potencialmente determinantes para o estudo da durabilidade das construções. Brito (2001) define o fim da vida útil como um problema de índole económica, afirmando que “uma construção atinge o fim da sua vida útil quando o capital necessário para a demolir e construir uma substituta está disponível e a operação, como um todo, é lucrativa”. Este facto pode ser explicado pelas seguintes situações: degradação física, inerente à idade de certos edifícios ou verificada precocemente, vinda de erros de projecto, aplicação incorrecta de materiais ou soluções construtivas pouco razoáveis à realidade da construção; falta de capacidade para mudança de usos dada à pouca flexibilidade do projecto; entre outras situações em que os custos das intervenções para assegurar as actividades pretendidas superam os necessários à reconstrução de um edifício novo.

2.4 Enquadramento legal e normativo para a estimativa da vida útil das construções

Ao longo das duas últimas décadas, tem havido um crescente interesse em torno da determinação da vida útil dos materiais e componentes de edifícios. Este interesse tem como base as questões ambientais e económicas, que cada vez mais têm um maior peso na tomada de decisões no sector da construção. A escassez de materiais e de recursos de energia são as principais questões ambientais que se colocam na indústria da construção, que é um grande consumidor desses recursos. Os impactes ambientais inerentes à extracção de matérias-primas e à construção de infra-estruturas completa a globalidade da visão ambiental na problemática da construção. O crescente interesse em torno da determinação de vidas úteis tem-se reflectido nas numerosas actividades e publicações que se têm desenvolvido, tanto a nível nacional como internacional.

Normas não são leis, o que não lhes confere carácter punitivo em caso de não cumprimento. No entanto, cada nação pode criar leis específicas que obriguem o exercício da profissão de engenharia e da construção de obras segundo normas reguladoras vigentes, passando esses documentos a ter carácter legal em vez de normativo.

Devido à importância que obteve desde a sua criação e ao facto de ter servido de base a muitas outras normas, a abordagem japonesa será analisada com maior detalhe.

A norma inglesa: *Guide to Durability of Buildings and Building Elements, Products and Components* (BSI, 2003), reconhece a diversidade de métodos para a estimativa da vida útil das construções e, não destacando nenhuma metodologia, propõe sempre que se adopte mais do que uma (Gaspar, 2002).

O desenvolvimento da norma ASTM por parte da *American Society for Testing and Materials*, relaciona testes de degradação para a previsão da vida útil, modelando a funcionalidade com as condições de serviço dos edifícios. Este modelo tem sido utilizado por numerosas organizações uma vez que a sua linguagem matricial encontra-se associada a uma abordagem por sistemas (Flores-Colen, 2009). Das publicações da *ASTM International* destacam-se como relevantes para o tema, as seguintes normas, analisadas pela mesma autora:

- ASTM E1700 (2005a) – classifica diferentes escalas para a avaliação do desempenho da fachada de edifícios de serviços, tendo em vista as exigências dos utilizadores. Estas escalas indicam características relacionadas com o aspecto dos revestimentos; índice de infiltrações; sinais de degradação e a necessidade de pintura exterior e/ou de pequenos trabalhos de reparação.
- ASTM E2136 (2004) – aplica-se ao desempenho de materiais, produtos, componentes e subsistemas utilizados em moradias unifamiliares. Esta norma pretende descrever uma metodologia em que os requisitos de desempenho podem ser expressos para uma determinada característica, factor de degradação ou necessidade do utilizador, focando os aspectos relacionados com a durabilidade.
- ASTM E1671 (2005b) – atribui um papel importante ao estado de limpeza das paredes exteriores para o desempenho geral do edifício (exterior e áreas envolventes).

No Brasil, para quem vai construir, reformar ou comprar um imóvel, a nova norma, em vigor desde Maio de 2010, que regula os parâmetros mínimos de desempenho das edificações, é a NBR 15.575 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), sendo a primeira norma do Brasil que estabelece parâmetros técnicos de avaliação do desempenho mínimo das edificações e que define uma vida útil mínima obrigatória para alguns elementos da construção.

2.4.1 O Regulamento Japonês para previsão da vida útil de edifícios

Na década de 70, o Governo Japonês, detentor de um vasto parque imobiliário de habitação, começou a debater-se com os problemas inerentes à sua manutenção e reabilitação em consequência de uma degradação precoce desses edifícios.

Dos estudos efectuados relativos à durabilidade dos edifícios foi publicado um guia em 1989, patenteado numa versão inglesa mais sintetizada em 1993, sob o título, *Principal Guide for Service Life Planning of Buildings* (AIJ, 1993). No Japão, a previsão da vida útil tem sido um

tema abordado há varias décadas, culminando na elaboração deste guia com o intuito de regular e demonstrar os conceitos fundamentais da durabilidade, em cada fase do ciclo de vida das construções e uma abordagem do desempenho global dos edifícios (Matos, 2007). Segundo Brito (2001) este documento normativo, elaborado pela Ordem dos Arquitectos Japoneses, tem o intuito de adaptar o projecto, construção e manutenção dos edifícios para os objectivos planeados para os mesmos em termos de durabilidade. Já Rudbeck (2002) afirma que o Regulamento Japonês estabelece um guia para a previsão da vida útil de um edifício, como um todo, das partes do edifício ou dos seus elementos, dos seus componentes ou equipamentos, admitindo que o fim da vida útil é determinado pela deterioração física ou obsolescência.

O Regulamento Japonês para a previsão da vida útil de edifícios tem um protagonismo bastante interessante neste âmbito, uma vez que serviu de ponto de partida para várias normas reconhecidas actualmente. O fluxograma representado na figura 2.1 indica os factores a serem analisados e as suas ligações, para se tornar possível a tomada das melhores opções de reabilitação dos edifícios tendo como objectivo a respectiva optimização, ou seja o aumento da sua durabilidade e, conseqüentemente, da sua vida útil. Como etapas fundamentais deste desenvolvimento consideram-se: a determinação do nível de desempenho do edifício e do respectivo grau de degradação.

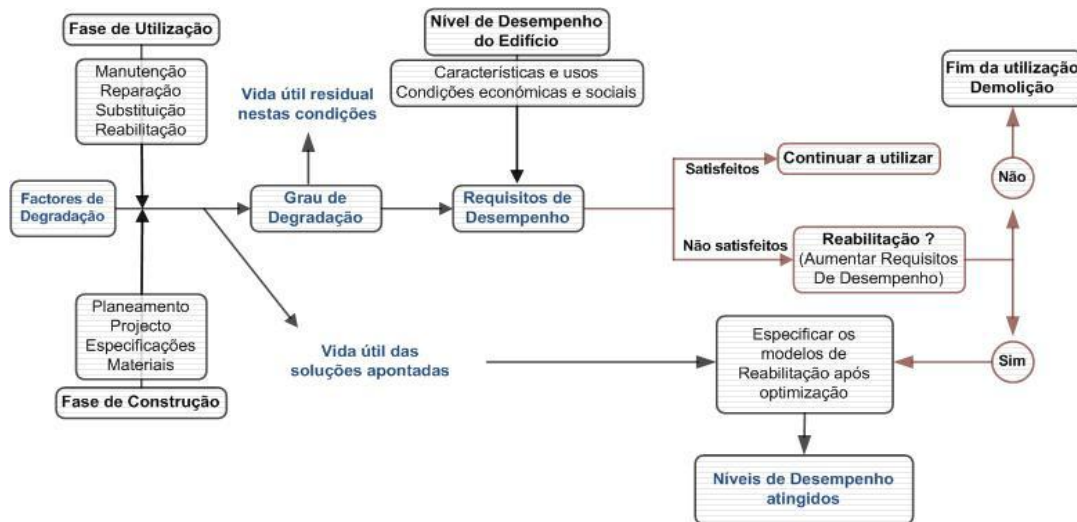


Figura 2.1. Factores relacionados com o nível de desempenho e com a durabilidade dos edifícios (Adaptado de AIJ, 1993)

2.4.2 O regulamento geral de edificações (RGE)

A revisão do Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU) de 1951 para o Regulamento Geral de Edificações (RGE), de acordo com a Portaria n.º 62/2003 de 16 de Janeiro, apresenta grandes avanços na regulamentação portuguesa. Apesar de a revisão ter sido aprovada em 2003, o RGE ainda não se encontra activo e o actual RGEU não cobre matérias como: a durabilidade e manutenção; qualidade da edificação; segurança da intrusão, não estando em conformidade com as normas regulamentares específicas que existem para as

edificações; evoluções tecnológicas, entre outras. No domínio do desempenho, são impostos níveis mínimos, “adoptando-se o princípio da flexibilidade conceptual e potenciando-se a responsabilidade profissional, actualizando-se quanto às matérias ausentes no anterior RGEU, tais como durabilidade e manutenção, qualidade da edificação, segurança na utilização, segurança da intrusão e acessibilidades” (CSOPT, 2004).

O RGE estabelece, relativamente à vida útil das construções, as seguintes considerações (Silva, 2009):

- a vida útil de uma edificação corresponde ao período em que a respectiva estrutura não apresenta degradação dos materiais, em resultado das condições ambientais, que conduzam à redução da segurança estrutural inicial (Artigo 117º, n.º 1);
- durante a vida útil das edificações, devem realizar-se actividades de inspecção, manutenção e reparação, nomeadamente em relação aos diversos componentes da edificação que tenham durabilidade inferior à vida útil (Artigo 117º, n.º 2).

As grandes inovações do RGE são essencialmente determinadas por elevados padrões de qualidade, relativos ao aumento das áreas mínimas dos edifícios, à exigência de projecto de execução, à revisão de projectos, à criação de níveis de intervenção, entre outros.

2.4.3 ISO 15686 (2000) – Planeamento da vida útil

A *International Organization for Standardization* é o organismo regulamentar que apresenta o conjunto de documentos normativos que mais vezes serve de base aos investigadores na matéria da durabilidade. Concretamente na norma ISO 15686 (2000 a 2010), as exigências funcionais são traduzidas em critérios que são avaliados através de métodos de ensaio ou teórico-analíticos. De acordo com a norma, existem três tipos de desempenho (técnico, económico e ambiental) na comparação entre alternativas de projecto. As suas várias partes pretendem fornecer directrizes para o planeamento de tempos de serviço de edifícios e restante património construído. A norma BS 7543 (2003), também pertencente ao organismo internacional de normalização (ISO) apresenta um guia de durabilidade para edifícios e seus elementos, componentes ou produtos. Por sua vez, a norma CIB (2004a, 2004b, 2004c) agrupa num guia a bibliografia necessária para esse estudo. O conjunto de normas ISO 15686, ainda em elaboração, constitui segundo diversos autores, uma das fontes de informação mais relevantes no que respeita à previsão da vida útil (Athena Institute, 2006; Gaspar, 2008; Sjöström e Davies, 2005; Silva, 2009). É composto pelos seguintes documentos⁴:

⁴Encontram-se, em 2011, publicadas as partes 1, 2, 3, 6, 7 e 8 da norma ISO 15686.

- ISO 15686-1: 2000 (*General principles*) – define os princípios gerais e fornece orientações relativas aos procedimentos a adoptar na fase de projecto, tendo em vista a durabilidade das construções;
- ISO 15686-2: 2001 (*Service life prediction procedures*) – apresenta uma metodologia para a estimativa da vida útil;
- ISO 15686-3: 2002 (*Performance audits and reviews*) – descreve os procedimentos a adoptar para garantir a implementação do planeamento da vida útil;
- ISO 15686-4 (*Data requirements/ data formats*) – descreve os requisitos dos dados, necessários à realização do planeamento da vida útil das estruturas, considerando as diferentes condições ambientais e de uso;
- ISO 15686-5: 2008 (*Life cycle costing*) – desenvolve modelos de custo, de gestão e manutenção das construções, tendo em vista o custo global;
- ISO 15686-6: 2004 (*Procedure for considering environmental impacts*) – foca-se nos impactos ambientais das diferentes soluções de projecto; estabelece uma relação entre os custos globais e o planeamento das construções durante o período de vida útil;
- ISO 15686-7:2006 (*Performance evaluation for feedback of service life data from practice*) – guia para a recolha de informação relativa ao desempenho durante a vida útil de edifícios construídos. Este documento providencia uma base geral para a avaliação do desempenho como forma de retorno da informação sobre a vida útil de edifícios existentes, incluindo a definição de termos a serem usados na descrição do desempenho técnico. (Flores-Colen, 2009);
- ISO 15686-8: 2008 (*Reference service life and service life estimation*) – descreve a metodologia de aplicação do método factorial;
- ISO 15686-9: 2008 (*Service life declarations*) – fornece indicações relativas à harmonização de produtos da construção;
- ISO 15686-10 (*Using requirements for functionality and ratings of serviceability during the service life*);
- ISO 15686-11 (*Terminology*).

2.5 Métodos de recolha e de análise de dados de vida útil

A previsão da vida útil de um edifício, ou dos seus componentes, pode ser um processo complexo e moroso que tem associados inúmeros factores (Hovde, 2004). A tarefa do investigador passa por definir esses factores e conjugá-los de tal forma que os métodos de previsão de vida útil possam ser os mais representativos possíveis da realidade. Os produtos

ou materiais em estudo definem, pelas suas características específicas ou pelo desempenho que deles se pretenda, o método de avaliação a utilizar. (Silva, 2009).

Os métodos de quantificação de valores de vida útil a apresentar são utilizados para determinar durabilidade física das construções, numa análise de dados de desempenho. A vida útil funcional não pode ser determinada por métodos de previsão, uma vez que as suas propriedades estão associadas aos utentes. Não sendo um conceito absoluto nem quantificável, não pode ser modelado por uma função matemática.

Os métodos experimentais, numa fase inicial do processo de previsão da vida útil, fornecem metodologias de recolha de dados de desempenho. Entendidos como conhecimento empírico, deles fazem parte a observação visual e o ensaio de degradação, podendo este ser natural ou acelerado.

A observação de casos modelo, ou simplesmente de amostras de referência em serviço, dão a conhecer o comportamento dos componentes. Estas informações, se utilizadas num processo de avaliação de desempenho, trabalhadas por métodos de análise, relacionando as suas propriedades, exigências funcionais e ambientes de exposição, são denominadas por dados de desempenho.

Do conhecimento científico surgem métodos analíticos: estatísticos, determinísticos, probabilísticos e de engenharia, numa abordagem mais recente com características determinísticas e probabilísticas.

2.5.1 Método experimental

O método experimental pretende recolher informação habilitada para identificar quais os mecanismos e factores de degradação que mais afectam os requisitos considerados e quais os indicadores dessa mesma degradação. Com a experiência adquirida, estão criadas as condições necessárias à experimentação propriamente dita, realizada através de ensaios.

Sá (2005) planifica as fases de intervenção do método experimental do seguinte modo:

- *fase de preparação* (definição) – define-se quais as características essenciais do elemento ou componente que devem ser avaliadas e quais os seus valores mínimos. É nesta fase que se estabelecem os Requisitos e respectivos critérios.
- *fase de pré-teste* – envolve a realização de ensaios de curta duração sob condições extremas, tendo em vista a validação dos mecanismos de degradação.
- *fase de teste* – deve realizar-se ensaios de curta duração e longa duração. Os resultados dos ensaios de longa duração podem ser obtidos de inspecções realizadas a edifícios existentes, de resultados obtidos em experiências já realizadas ou de experiências em curso.

A realização dos dois tipos de ensaios, de curta e de longa duração, permite a comparação de ambos os resultados. Através dela procede-se à aceitação ou rejeição dos resultados obtidos nos ensaios de curta duração e o estabelecimento de uma correlação entre os tempos obtidos nos ensaios de envelhecimento artificial e os tempos reais de degradação do elemento em estudo.

Se a degradação provocada pelos mecanismos e factores estabelecidos, em condições extremas, nos ensaios de envelhecimento acelerado, for semelhante à degradação observada nos produtos sujeitos às condições normais de utilização, durante longos períodos de tempo, então podemos estabelecer modelos de previsão do tempo de vida útil do produto. Caso contrário, todo o processo é repetido, utilizando diferentes condições de exposição (diferentes factores e mecanismos ou diferentes tempos e intensidades de exposição) até se obterem os resultados de degradação semelhantes aos obtidos em condições naturais de exposição.

Com o processo supracitado é possível distinguir as seguintes categorias experimentais: observação visual; ensaio de degradação natural; ensaio de degradação acelerado/artificial.

2.5.2 Método determinístico – O método factorial

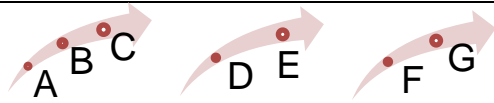
Estudos realizados por diversos autores, como Gaspar (2002) ou Zarzar Júnior (2007), confirmam que os métodos determinísticos são a forma mais equilibrada entre o investimento necessário, o tempo e os recursos disponíveis, e os resultados obtidos na estimativa da vida útil de uma construção, pela precisão verificada nas estimativas de vida útil de materiais e componentes. O método dos factores (MF), proposto pela Ordem dos Arquitectos Japoneses (Architectural Institute of Japan), foi adoptado pela norma ISO 15686-1 (2000) para prever a durabilidade física de um elemento construtivo, já que permite, para além de estimar a vida útil, planear a periodicidade necessária de manutenção e substituição dos materiais e componentes.

O MF permite determinar a vida útil de um elemento ou conjunto de elementos sujeitos a condições específicas. Este método baseia-se na vida útil de referência (VUR) que, usualmente é a vida útil expectável definida para as condições de uso de um componente ou conjunto de componentes, e numa série de factores de ajustamento relativos a condições específicas de cada caso de utilização (Lair, 2003). O método permite determinar a vida útil estimada (VUE) de um elemento através da multiplicação da VUR por factores determinísticos, tal como indicado no quadro 2.5, em que cada item da fórmula, segundo a norma ISO 15686 (2000), corresponde ao significado apresentado.

Segundo Bourke (1999), a VUR constitui uma das maiores fragilidades na utilização deste método. À primeira vista, parece claro que o rigor na atribuição de um determinado valor à VUR é muito mais difícil de obter, em relação ao que acontece com os factores de ajustamento. Sendo estes demasiado específicos, sobre condições de uso ou aplicação, a

atribuição de valores, próximos da unidade, torna-se num trabalho bastante representativo da verdade.

Quadro 2.5. Formulação do método factorial para estimativa da vida útil de elementos construtivos

RSLC	VUR		VUE	ESLC		
$ESLC = RSLC \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G$						
Factores de ajustamento	Projecto		Envolvente		Serviço	
	A	Qualidade dos materiais	D	Ambiente interior	F	Condições de uso
	B	Nível de projecto	E	Ambiente exterior	G	Nível de manutenção
	C	Nível de execução				

Os factores A, B e C estão relacionados com as características inerentes aos elementos construtivos. O processo de projecto é responsável por até 50% das deficiências no processo construtivo. Como a fase de projecto se encontra no início deste processo, as deficiências desta fase tendem a manter-se durante todo o processo e a provocar outras deficiências nas fases seguintes (Santos et al., 2004). Os factores D e E estão relacionados com condições ambientais, interior e exterior, respectivamente, e constituem um dos principais agentes de degradação dos edifícios. Os factores F e G, relacionados com condições de operação / manutenção, têm protagonismo crescente à medida que o edifício envelhece. Os factores correctivos do método factorial apresentam, tipicamente, valores compreendidos entre 0,8 e 1,2.

Como principais desvantagens à utilização deste método, refere-se que fornece resultados que representam o limite expectável da vida útil do elemento analisado, não dando informação da dispersão dos resultados; a não hierarquização das variáveis e a pressuposição de um ritmo de degradação constante e independência de cada factor (Sousa, 2008).

2.5.3 Método probabilístico – modelo de *Markov*

“O desenvolvimento de métodos probabilísticos decorreu da constatação empírica de que não existem duas construções que se degradem da mesma maneira ao mesmo tempo e de que não é possível prever absolutamente a natureza, frequência e momento de ocorrência das acções de degradação” (Gaspar, 2002). Segundo o autor, os métodos probabilísticos traduzem-se em modelos, em que a forma de avaliação é a diferença estatística dos parâmetros considerados, possibilitando análises mais complexas do que a resultante de métodos determinísticos. Um objecto de estudo deste método poderia ser a acção de degradação sofrida por um determinado elemento, “através do estudo da distribuição probabilística contendo a incerteza decorrente dos períodos de tempo considerados” (Gaspar,

2002). Torna-se então essencial o levantamento periódico do desempenho do elemento construtivo em estudo, de forma a garantir uma amostra⁵ representativa da realidade.

O modelo de Markov é o método probabilístico mais divulgado no estado da arte dos métodos de previsão de vidas úteis de elementos da construção. A sua utilização compreende a simulação do transporte de um nível de degradação para outro ao longo do tempo (Sousa, 2008). O modelo assume a deterioração como um processo estocástico e os critérios de desempenho são definidos por variáveis aleatórias. As observações de campo para cada variável ambiental formam as matrizes de probabilidade de passagem de estado. Desta maneira, apenas é necessário conhecer o estado actual do objecto em estudo. A principal desvantagem inerente a este método reside no facto de serem necessários muitos dados e observações e de os resultados não serem facilmente reconhecíveis em situações reais.

A necessidade de grandes quantidades de informação, retiradas de trabalhos de campo, ao longo de muito tempo, torna os métodos probabilísticos pouco eficazes na sua função de prever a vida útil de determinado elemento construtivo.

2.5.4 Métodos de Engenharia – FMEA e PLM

Os modelos de engenharia são um híbrido entre os modelos determinísticos e os modelos probabilísticos. O objectivo destes modelos é a obtenção de estimativas de vida útil com dados probabilísticos associados, mas mantendo a simplicidade de utilização e menor exigência de volume de dados característica dos modelos determinísticos (Garrido, 2010).

Os métodos de Engenharia mais utilizados são: *failure mode and effect analysis* (FMEA) e *performance limits method* (PLM). As principais características do primeiro são:

- garantir um nível adequado de sistemas com fiabilidade e durabilidade durante a fase de envelhecimento tendo em conta os diferentes componentes que potencialmente poderiam provocar critérios de desempenho;
- método de análise de risco, cujo princípio é definir todos os potenciais modos de degradação, as suas causas e consequências para cada par componente/função;
- determinar cenários de degradação de uma forma interactiva, onde se define passo a passo as possíveis degradações e as possíveis consequências;
- depois de explicitar para cada componente a evolução da degradação ao longo do tempo e de unificar as informações, a vida útil estimada vai corresponder ao cenário de degradação com a duração mais curta.

Por sua vez, O PLM é definido pelas seguintes características (Daniotti e Spangolo, 2008):

⁵Entenda-se por amostra o número de inspecções efectuadas ao elemento em questão, de modo a representar o seu desempenho ao longo do tempo.

- baseia-se na simulação do desempenho ao longo do tempo até se atingir um limite aceitável de funcionalidade ou desempenho;
- definição de metas de desempenho, individualização dos requisitos e especificações de desempenho que um componente tem que cumprir, tradução dessas especificações em características funcionais e técnicas, individualização do desempenho em limites para a vida útil, avaliação para a vida útil;

O modelo dos fenómenos de degradação é definido através da análise da cadeia de relação: Agentes – acções – efeitos.

No seguimento deste extenso estado da arte, torna-se fundamental a sua compilação. Assim, no anexo 1, encontra-se um modelo de raciocínio sustentável de uma metodologia de análise de ciclo de vida. O esquema aí apresentado pretende mostrar de que forma a experiência na arte de construir pode melhorar futuros projectos. Os edifícios novos não são mais duráveis que os antigos, nem a sua vida útil económica é maior. Ao invés de se continuar a investigar, este estudo defende que se deve compilar da melhor forma possível aquilo que se conhece, fazendo o adequado transporte para a prática.

2.6 Conclusões do capítulo

Ao longo do capítulo, apresentou-se o conceito de vida útil sob três perspectivas distintas de análise: funcionalidade, rentabilidade económica e durabilidade física. A complementaridade verificada entre os critérios de desempenho sugere uma análise integrada na atribuição de um valor de vida útil a um elemento construtivo, ou outro produto da construção de maior ou menor nível de particularidade – a análise hierárquica dos elementos de um edifício de habitação é objecto do capítulo 3.

Os indicadores de vida útil devem ser interpretados como um meio para escolher os produtos certos a aplicar em contextos específicos, por avaliação da viabilidade económica do desempenho de diferentes soluções para o mesmo ambiente de aplicação e/ou utilização. A validação deste ponto é determinada pelas necessárias análises de custos, das acções a efectuar em serviço, que suportam do ponto de vista económico, e garantem o valor de vida útil sugerido. O estudo que dá origem ao valor atribuído permite avaliar diferentes opções técnicas, planificar e optar entre diferentes estratégias de intervenção em serviço e decidir sobre a viabilidade dessas opções, assim como o período de actuação. Pode então concluir-se que a viabilidade entre diferentes alternativas é sempre económica, que no entanto é definida por um contexto específico de projecto, influenciado por questões de durabilidade física e/ou funcional. Analisando os três critérios de forma separada, retiram-se as conclusões apresentadas nos próximos parágrafos.

A vida útil física de um edifício corresponde ao limite teórico de durabilidade, raramente atingido, por se verificar primeiro a obsolescência funcional e física de elementos determinantes, perda de rentabilidade económica do edifício perante as alternativas,

degradação estética considerável, entre outros critérios passíveis de ocorrerem. Numa análise mais particular, por exemplo ao nível de uma janela, a durabilidade física terá que ser necessariamente considerada: o fim da vida útil física de elementos pode conduzir à degradação precoce de sistemas construtivos. De forma a evitar estas relações de dependência funcional, por perda de desempenho, o próximo capítulo irá abordar a constituição hierárquica dos edifícios de habitação.

A vida útil económica, a ser relacionada com a durabilidade de um elemento específico, impõe-se aos restantes critérios de desempenho, na medida em que os requisitos devem satisfazer um período economicamente razoável de tempo de serviço. A vida útil económica pode ser determinada pela ferramenta *Life Cycle Cost*, com a determinação dos custos iniciais e a avaliação dos previsíveis custos de operação, entendidos como: custos de manutenção, reparação e substituição de elementos; custos de gestão corrente e custos energéticos. Assim, o “Custo de Ciclo de Vida” inclui as acções que se façam necessárias para assegurar a completa funcionalidade do edifício, o seu bom aspecto estético e a preservação das exigências ambientais e de segurança, bem como a limitação dos custos e intervenções de manutenção corrente a níveis aceitáveis.

A vida útil funcional corresponde ao critério de desempenho menos conhecido ao nível da habitação, enquanto em usos de escritórios a necessidade de construção flexível⁶ não permitiria tal conclusão empírica. A longevidade funcional das construções é o parâmetro mais difícil de determinar, pela relatividade do conceito. Na mesma linha, os padrões de qualidade e conforto dos utilizadores dos imóveis evoluem consoante a sua situação económica, a conjectura global, entre outros factores do foro pessoal de cada um. Este parâmetro é muito difícil de prever, considerando-se ainda mais imprevisível na actual conjectura económica e social. Considera-se fundamental perceber a evolução nas exigências com a habitação, por parte dos utilizadores, na perspectiva de analisar o papel das mudanças do contexto social envolvente, no desempenho e vida útil dos edifícios de habitação.

Para responder à pergunta: «Qual é a vida útil das construções?», o pensamento deve ser de carácter económico, recaindo em questões de rentabilidade dos investimentos em serviço. É neste domínio que se deveria atingir o fim da vida útil das construções, uma vez que se não for economicamente viável mudar os usos de um edifício ou reabilitar as suas características físicas, então não faz sentido mantê-lo. Significa que o conhecimento e intervenção do Homem, não permitiriam, salvo situações extraordinárias⁷ que elementos construtivos chegassem ao fim da sua vida útil por razões físicas e funcionais. Por este motivo, e por se constatar que os elementos construtivos de edifícios de habitação são muitas vezes aplicados em ambientes semelhantes, tal como sujeitos a condições de utilização comparáveis, pretende-se contribuir para o conhecimento do desempenho e durabilidade,

⁶ Caracteriza a aptidão de edifícios para a alteração de espaços internos, ou até de usos para utilização, a apresentar de forma mais detalhada no próximo capítulo.

⁷ Inesperadas para o utilizador e profissionais da área, em situações de um projecto prescrito.

No seguimento das conclusões desta apresentação ao tema da vida útil, enquanto medida temporal de durabilidade de desempenho, o próximo capítulo será desenvolvido de modo a permitir o entendimento do funcionamento dos edifícios de habitação enquanto sistemas de elementos, na forma corrente como são projectados e edificados em Portugal, funcionando como um complemento ao estado da arte.

3. Caracterização das partes constituintes de edifícios de habitação

3.1 Considerações gerais

O objectivo geral do presente capítulo, no seguimento das conclusões do anterior, é contribuir para um entendimento mais alargado do funcionamento do edifício enquanto sistema, complementando, tal como referido, o estado da arte do tema. Através desta compreensão, torna-se possível desenvolver metodologias de projecto e de manutenção que, integrando os dados relacionados com o funcionamento das diferentes partes, permitam melhorar a qualidade do projecto e da gestão de bens construídos.

O presente capítulo tem ainda como objectivos parciais:

- I. Classificar os edifícios de habitação, definir aqueles que são referentes ao âmbito do estudo e enquadrar o seu estado de degradação actual com a evolução do sector da construção na conjectura económica;
- II. Introduzir uma abordagem de análise de durabilidade por camadas ao invés de considerar o edifício como um todo;
- III. Discutir, no seguimento do objectivo anterior, as relações de dependência funcional que partes de um edifício verificam entre si;

A integração dos estudos de durabilidade faz parte da evolução do conhecimento do funcionamento dos edifícios, não só das características inerentes dos materiais, mas do seu funcionamento a vários níveis sistémicos, assim como as relações de dependência que se verificam com outros. Gonçalves (2007) designa estas interações como *interfaces* de durabilidade que, segundo o autor, correspondem a dispositivos físicos ou lógicos que proporcionam a ligação ou adaptação entre sistemas do edifício e os seus elementos.

Os conceitos sugeridos no âmbito da funcionalidade dos edifícios e suas partes vistas como sistemas, ou componentes de sistemas, serão apresentados nos respectivos subcapítulos, importando para já apresentar a lógica de abordagem, esquematizada na figura 3.1, através do exemplo de um elemento específico. Partes de edifícios do mesmo nível hierárquico interagem de tal forma, estrutural e funcionalmente, que os seus desempenhos não podem ser analisados separadamente para situações reais. Esta dependência entre partes constituintes de um mesmo nível hierárquico provoca *interfaces* de durabilidade para os níveis superiores.

Os edifícios habitacionais sofrem transformações lentas no seu período de envelhecimento, comparativamente, por exemplo, com os edifícios de escritórios. Apesar desta fraca tendência para a mudança do espaço doméstico, os edifícios em geral “transformam-se desde o dia em que são ocupados” (Gaspar 2004). O autor afirma que são flexíveis os edifícios

“com características arquitectónicas intrínsecas que lhes possibilitam sobreviver fisicamente no tempo e aceitar diferentes usos, sem se tornarem obsoletos”. Esta característica de adaptabilidade permite que os edifícios mais antigos continuem a poder concorrer com os mais recentes, num mercado imobiliário exigente. Admite-se, para efeitos de análise, que a forma como os elementos construtivos estão interligados pode influenciar os respectivos desempenhos, ou mesmo ditar a viabilidade de acções em serviço, como a substituição de componentes, por exemplo. Num cenário menos provável, mas realista, a mudança de usos de um edifício poderá ficar muito condicionada por determinada falta de flexibilidade de projecto. Por exemplo, um edifício constituído por paredes interiores do tipo divisórias leves e tectos falsos, está mais habilitado para alterações de usos (de habitação para escritórios, ou vice versa, por exemplo) do que outro constituído por uma estrutura de suporte mais rígida, com recurso a alvenarias ou betão-armado.

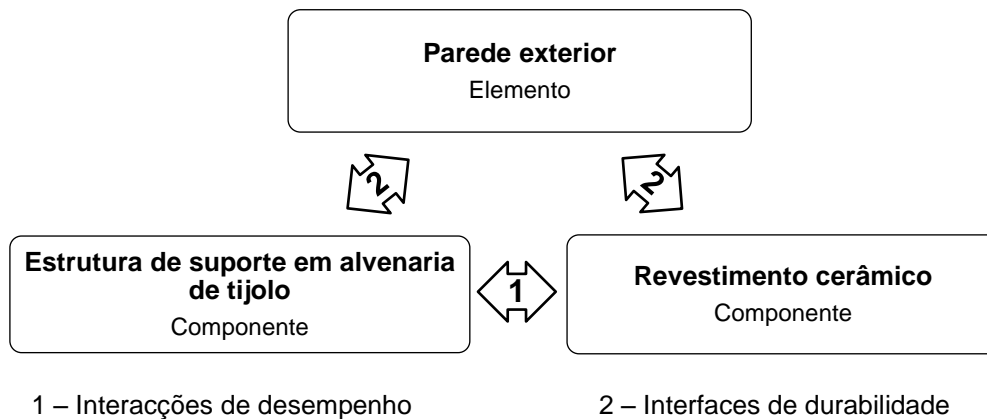


Figura 3.1. Relações de dependência funcional, que um elemento construtivo mantém com os seus componentes

Para o estudo da durabilidade das construções, alguns autores propõem que estas se classifiquem de acordo com camadas de durabilidade. Para este efeito, consideram-se sistemas constituídos por subsistemas, com ritmos de transformação distintos (Gaspar, 2008; Brand, 1994; Duffy, 1990). Como se apresentou no capítulo anterior, existem vários métodos para determinar a vida útil das construções, no entanto, esses métodos têm sido desenvolvidos sobretudo para factores de durabilidade física e de rentabilidade económica. Determinar a adaptabilidade de um edifício através dos métodos apresentados não é, na prática, possível pela subjectividade do âmbito. A estratégia para perceber a vida útil funcional das construções passa assim por uma abordagem sistémica do edifício, considerando diferentes camadas de durabilidade. Este conceito surgiu há 20 anos e constitui a flexibilidade como um critério de referência para a análise de soluções arquitectónicas (Gaspar 2004).

3.2 Caracterização de edifícios de habitação

Um edifício é caracterizado por ser uma construção independente, coberta, limitada por paredes exteriores ou paredes meias, que vão das fundações à cobertura, destinada a servir habitação (com um ou mais fogos/alojamentos) ou outros fins como serviços ou comércio. O

presente subcapítulo pretende identificar os tipos de edifícios de habitação, bem como apresentar e justificar aqueles que serão objecto de estudo. Como segunda meta a atingir, pretende-se apresentar de forma resumida o estado actual de degradação do parque edificado português.

3.2.1 Tradição construtiva

Na arquitectura tradicional portuguesa, essencialmente até meados do século XX, a separação entre estrutura e parede exterior era pouco frequente. Esta separação verificava-se com maior frequência nos prédios urbanos de maior altura, como por exemplo na Baixa Pombalina de Lisboa, nomeadamente em pisos superiores ao piso térreo ou em ampliações de pisos superiores. Nestas construções as estruturas de madeira (Cruz de Santo André, por exemplo) eram embutidas em suportes de alvenarias.

Actualmente, nas construções habitacionais convencionais, com as estruturas porticadas de betão armado, a separação entre *estrutura* e *envelope* tornou-se a solução quase sempre utilizada em paredes exteriores, ainda que os revestimentos exteriores e interiores cubram geralmente todos os elementos da parede e essa separação não seja visível.

A Figura 3.2 esquematiza a evolução das tipologias construtivas do edificado (lisboeta) ao longo do último milénio. À medida que o porte dos edifícios foi aumentando, os materiais utilizados foram evoluindo da madeira para a alvenaria e, no último século, para o betão armado (Gecorpa, 2001).

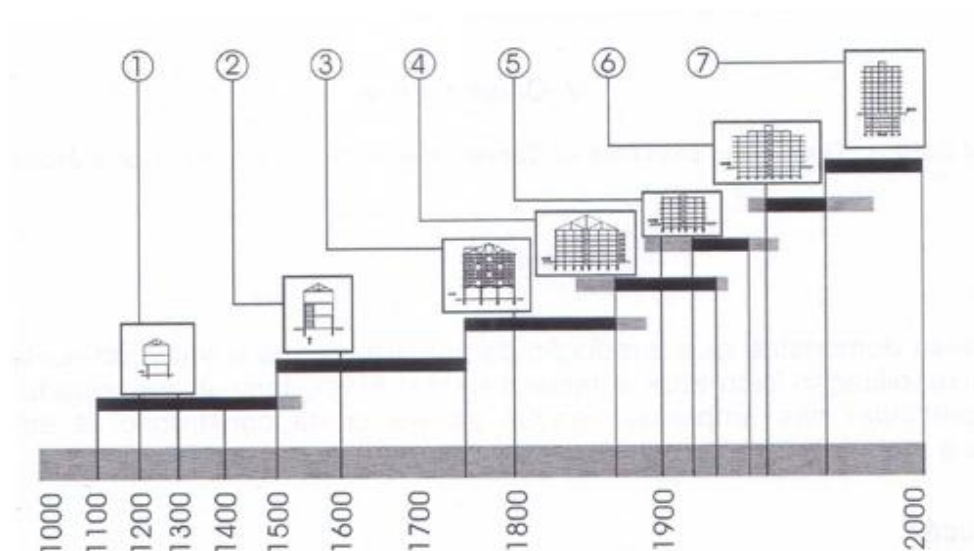


Figura 3.2. Evolução dos edifícios lisboetas no decorrer do último milénio (Gecorpa, 2001)

Os edifícios com andar de resalto são constituídos por um piso térreo em alvenaria de pedra e pavimento em arco que serve de suporte a um ou dois pisos com estrutura reticulada de madeira, salientes em relação ao rés-do-chão. O revestimento exterior das paredes era efectuado por uma alvenaria mista em enxadrezado. Os edifícios costumavam ter dois, três ou no máximo quatro andares geralmente com pé-direito muito reduzido, grande densidade de

paredes e poucas aberturas para o exterior. (LNEC, 2005). As casas de andares de ressalto eram caracterizadas por: baixos-relevos em estuque ou cimento; painéis policromados de mosaico cerâmico, ornatos salientes, pilastras e frisos, balaustradas, frontões e alpendres (LNEC, 2011).

Os prédios de duas águas com fachada de bico apresentam soluções estruturais idênticas às casas de andares de ressalto. Os tipos de construções supracitados também podem ser comparados em termos de arranjo dos espaços e de materiais de revestimento utilizados. As grandes diferenças, que justificam a separação das tipologias (praticamente da mesma época), residem no ressalto – inexistente nas últimas – e no número de andares projectados – superiores nos prédios com fachada de bico. Estas, influenciadas pela construção convencional do norte da Europa (Amesterdão, Bruges, Antuérpia, entre outras cidades vizinhas), permitiam um melhor desempenho da drenagem das coberturas, assim como um melhor desempenho estético.

As figuras 3.3 e 3.4 ilustram prédios tipos das tipologias supracitadas, pela mesma ordem da sua apresentação, encontrando-se ainda hoje em serviço, na cidade de Lisboa.

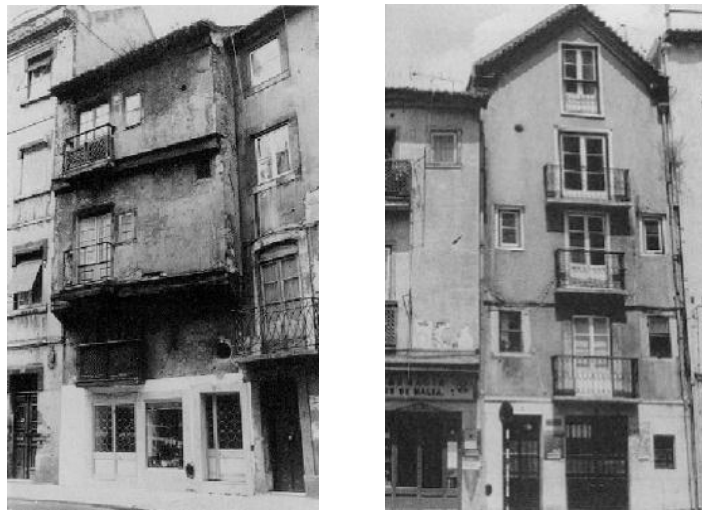


Figura 3.3. Rua do Benfornoso, 101, 103 (LNEC, 2005). Figura 3.4. Rua dos Remédios, 1, 3 (LNEC, 2005)

O Plano urbano pombalino é caracterizado pela coerência, homogeneidade e equilíbrio, assentes numa estrutura reticulada e regular do traçado dos eixos viários, na proporção e no posicionamento relativo dos quarteirões, e na uniformidade dos edifícios projectados quer em termos de alçados quer em termos de compartimentação interior (LNEC, 2005).

A construção original dos edifícios pombalinos era de excelente qualidade para a época, do ponto de vista estrutural, arquitectónico e de salubridade pública, mostrando ser uma obra da vanguarda da engenharia, segundo Córias e Silva (1999). De um modo geral, cada edifício pombalino está inserido numa lógica de quarteirão, tendo sido o seu comportamento estrutural pensado em termos de conjunto de edifícios e não individualmente.

Os edifícios com estrutura de alvenaria do tipo “gaioleiro” caracterizam-se pela existência dos seguintes elementos (LNEC, 2005):

- paredes de alvenaria classificadas em três categorias: paredes mestras, paredes resistente de tijolo maciço e paredes interiores de tabique;
- caboucos cheios com alvenaria de pedra rija, com uma largura praticamente dupla das paredes que suportam e a altura necessária para encontrar terreno firme;
- pavimentos de madeira, com estrutura constituída por barrotes assentes directamente sobre as paredes.

Os edifícios de betão armado são caracterizados pela simplicidade estrutural que, segundo Santos (2011), fomenta o aumento do grau de fiabilidade sobre o comportamento da estrutura, pela sua previsibilidade. A generalização da aplicação do betão armado como material de construção não se deve apenas a uma necessidade de um mercado mais competitivo, mas também às exigências de concepção sísmica dos dias de hoje.

No quadro 3.1, é possível encontrar informações relativas ao período de construção e distribuição urbana das diversas tipologias estruturais identificadas.

Quadro 3.1. Período de construção e distribuição (em Lisboa) das tipologias estruturais de edifícios de habitação (Gecorpa, 2001)

Tipologia estrutural		Período de construção	Distribuição (%)
1	Casas de andares de ressalto	Anteriores a 1755	50
2	Prédio de duas águas com fachada de bico		
3	Pombalino		
4	Gaioleiro	1755-1860	
5	Paredes de alvenaria e placa	1860-1930	
6	Betão-armado	1930-1960	20
7	Recentes de betão-armado: dúcteis		> 1960
			5

O quadro 3.1 resulta de uma estimativa feita a partir da informação recolhida pelo INE no Censos (1991), distribuindo os 57 000 edifícios de alvenaria e betão armado pelas seis tipologias construtivas actualmente existentes, utilizando como referências os estudos parcelares já efectuados em zonas mais restritas. Passados 20 anos, certamente que os edifícios recentes de betão armado aumentaram a sua ocorrência, fazendo baixar a percentagem de edifícios anteriores a 1755.

3.2.2 Classificação de edifícios de habitação

Segundo a Classificação Portuguesa das Construções (CC-PT), elaborada pelo INE (com a colaboração das entidades representativas do sector da Construção), os edifícios são divididos segundo os tipos de utilizações a que estão sujeitos, numa primeira instância. Divididos que estão pelos usos a que se destinam, os edifícios agrupam-se ainda por outros

níveis. No âmbito da habitação, os edifícios que asseguram esta função podem ser classificados consoante a sua utilização (ex. 1 só fogo) e tipificados de acordo com o ordenamento (ex. geminados). Os edifícios de habitação compreendem ainda aqueles em que pelo menos metade da sua área total é utilizada para habitação, segundo o conceito apresentado pelo INE. O quadro 3.2. esquematiza a classificação dos edifícios de habitação. O código da coluna da esquerda apoia o leitor a perceber os vários níveis de classificação.

Quadro 3.2. Classificação dos edifícios de habitação

Código	Nível	Classificação	Tipologias
1	1	Edifícios de habitação	
11	2	Edifícios de 1 só fogo	Individuais Geminados Em banda
12	2	Edifícios de 2 e mais fogos	
121	3	Edifícios de 2 fogos	
122	3	Edifícios de 3 e mais fogos	
13	2	Residências de alojamento colectivo	Esquerdo / Direito Em galeria Em torre
131	3	Residências de alojamento colectivo	<i>Exemplo:</i> Lar de idosos

Numa primeira divisão, os edifícios de habitação podem ser de um só fogo, de dois ou mais fogos ou residências de alojamento colectivo. Nos edifícios de um só fogo inserem-se as moradias individuais, tais como: vivendas de 1 só piso ou mais, chalés, casas de montanha, casas de quinta, casas de campo, casas de praia, entre outras. Estas podem ainda ser subdivididas em edifícios isolados, geminados ou em banda, possuindo cada fogo o seu telhado e a sua entrada própria directamente a partir do exterior do edifício.

A classificação dos edifícios de dois fogos é em tudo idêntica à dos edifícios de um só fogo, tirando o facto de aqueles terem um alojamento adicional. Os edifícios geminados com dois fogos compreendem edifícios separados por paredes contíguas ou comuns, dispostos dois a dois, com dois alojamentos/fogos por edifício, possuindo cada edifício telhado próprio e cada fogo entrada independente que dá directamente para a rua, corredor ou *hall*. Os edifícios em banda são em tudo semelhantes aos geminados, no entanto a sua definição exige mais do que dois edifícios separados por paredes contíguas ou comuns.

Os edifícios com mais de três fogos são os denominados prédios de apartamentos de habitação, cujos fogos podem ser agrupados em esquerdo / direito, em galeria, em torre ou numa combinação destas tipologias de organização. Por fim, existem edifícios de alojamento colectivo. Pertencem a este grupo os edifícios para habitação e de serviços destinados a estudantes, crianças, idosos e outros grupos sociais, tais como lares para idosos, residências para trabalhadores, lares de convívio, orfanatos, entre outros.

No presente estudo, serão considerados apenas os edifícios com três ou mais fogos, vulgarmente designados por prédios de habitação, visto ser este o alvo prioritário de

reabilitação nos grandes centros urbanos e por serem estes edifícios os principais responsáveis pela degradação que se verifica no parque imobiliário português Lopes (2010).

3.2.3 Estado actual de degradação e evolução do sector da construção

O parque edificado português, tal como todos os outros, verifica uma “articulação privilegiada com o espaço da cidade” (Costa, 2003), tendo por isso a capacidade de “trazer a memória de um povo de determinada época” (Matos, 2007). Actualmente, os edifícios de habitação apresentam-se degradados em relação ao que se desejaria. Seja por erros de projecto, ou soluções duvidosas nessa fase; por um período de serviço pouco sustentável ou incoerente com as soluções anteriormente tomadas; por degradação construtiva ou funcional, o estado de conservação do parque imobiliário não agrada aos profissionais da área e utilizadores dos imóveis. Paiva (2003) considera que os problemas de maior gravidade resultam do reduzido investimento na manutenção periódica dos edifícios e dos erros sucessivos que têm vindo a ser cometidos no processo de construção. De forma a traduzir estas considerações, o gráfico da figura 3.5 apresenta indicadores do estado de conservação dos edifícios de habitação em Portugal, recolhidos pelo INE (2001).

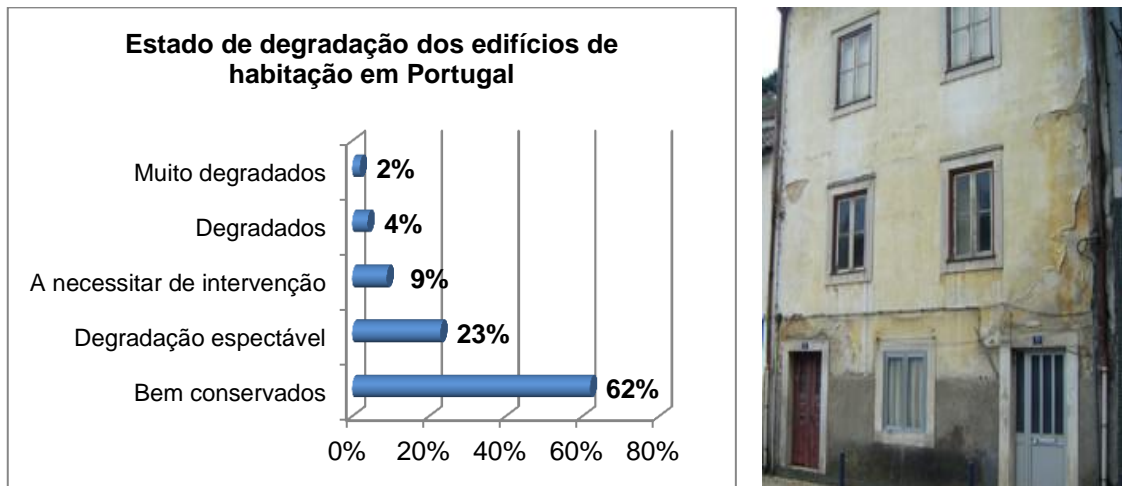


Figura 3.5. Estado de degradação dos edifícios de habitação em Portugal:

- a) Indicadores do estado de degradação dos edifícios de habitação em Portugal (INE, 2008)
- b) Prédio de habitação no bairro dos Anjos em Leiria

Paralelamente à avaliação do estado de degradação do parque edificado, torna-se necessário contextualizar a evolução do sector da construção. Actualmente, a conjuntura económica determina que a indústria da construção está em crise, tal como muitas outras. O custo associado à execução de novo edificado, especialmente habitacional, está a tornar-se inoportável, uma vez que o risco inerente a essas actividades é diferente daquele que se verificava há poucos anos. As margens financeiras e de decisão dos vários intervenientes são menores, bem como a facilidade da obtenção de crédito bancário, fazendo diminuir a procura de casas novas. Esta realidade é bem visível no decréscimo de produção e emprego associados ao sector da construção civil, como demonstram os gráficos das figuras 3.6 e 3.7.

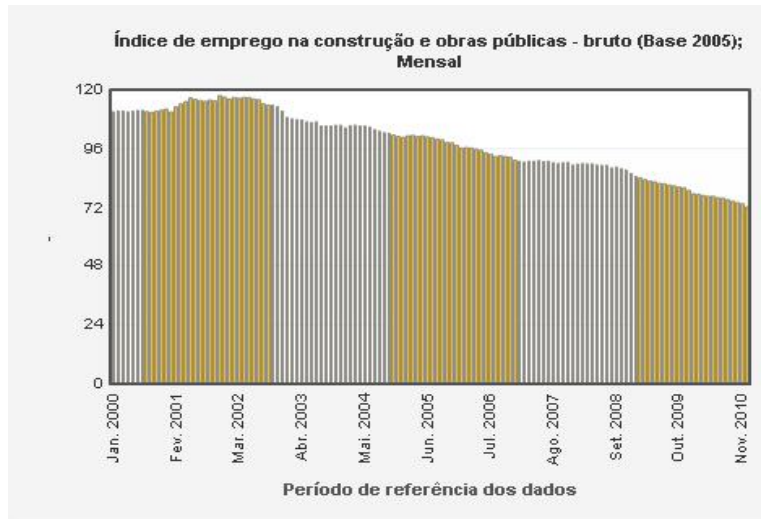


Figura 3.6. Índice de emprego na construção civil durante a última década (INE, 2008)

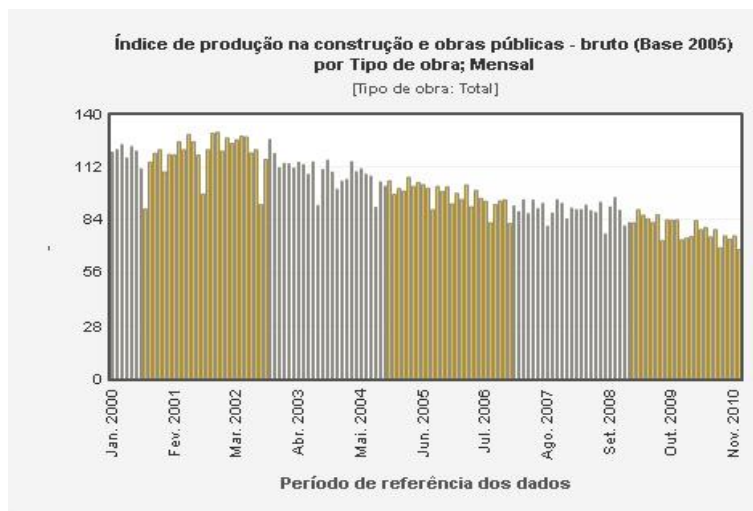


Figura 3.7. Índice de produção na construção civil durante a última década (INE, 2008)

A evolução do sector da construção depende directamente do grau de desenvolvimento da economia. Mais do que em qualquer outro sector de actividade, a sua evolução depende do montante e das fases de investimentos em outros sectores, caracterizando-se como uma actividade pro-cíclica, segundo (Góis et al., 2002) – expansões acima da economia global em fases positivas do ciclo e recessões mais profundas em períodos negativos, sendo, por isso mesmo a sua dinâmica frequentemente considerada como um dos principais barómetros da economia.

Aliado ao estado de degradação dos edifícios e da conjectura económica actual, verifica-se que nos grandes centros urbanos não há muito espaço físico disponível para construir. Desta maneira, a actividade da Reabilitação tem-se tornado mais apetecível apostando em soluções optimizadas no âmbito desta actividade, dado o crescente volume de obras desta natureza. Por exemplo, a escolha de materiais a aplicar num determinado projecto de Reabilitação é uma decisão que terá que ser apoiada na comparação de desempenho e durabilidade, caso existam outras soluções. Por outro lado, conhecendo a vida útil dos

elementos construtivos, de durabilidade determinante face à globalidade do edifício, é possível planear a vida útil deste na perspectiva da manutenção.

A sistematização de valores de vida útil para os seus elementos/ componentes é pois uma mais-valia para a indústria da construção, vindo colmatar a ignorância em termos de desempenho daquilo que se está a projectar, assim como o período tempo em que as diversas partes constituintes verificam o cumprimento das funções que lhes estão destinadas.

3.3 Análise sistémica de edifícios

No presente ponto pretende-se analisar os edifícios de habitação por camadas de durabilidade, hierarquizando a divisão das camadas, com base na terminologia que tem sido habitual nas propostas de vários autores, em estudos desenvolvidos e códigos padronizados de valores de vida útil para elementos construtivos.

A terminologia correntemente utilizada nesta matéria tem como base os termos e definições da norma ISO 15686-1 (2000). A noção de sistemas em edifícios, partindo da identificação de diversas referências, é apresentada de acordo com a evolução das abordagens por ordem cronológica das respectivas propostas. Numa segunda fase, pretende-se caracterizar os sistemas considerados, para a determinar as relações de dependência funcional entre os elementos construtivos de edifícios de habitação.

No sentido da decomposição do edifício nas suas partes constituintes, alguns autores referem-se às noções de camada (*layer*) e nível (*level*), justificadas por Rodrigues (2007) como necessárias à observação dos padrões de longevidade e adaptabilidade do edifício e das suas partes. Nesse sentido, camada relaciona-se com a noção de durabilidade, enquanto o conceito de nível propõe uma hierarquia de particularização, pensando num edifício como um todo até a um material. Segundo Gaspar (2002) a importância da abordagem sistémica no domínio da durabilidade pode ser empiricamente comprovada comparando a durabilidade e a resistência à transformação de elementos com diferentes ciclos de reparação e de substituição, como são os exemplos de estruturas em betão, revestimentos pétreos, rebocos, portas e janelas, ou acessórios como torneiras e puxadores.

3.3.1 Terminologia de análise

A designação de sistema, derivada de terminologia científica, indica que componentes formam grupos inter-relacionados, ligados por fluxos de forças, de material ou de informação (Bachman, 2003; Valor, 1997). Nesta perspectiva, um edifício é um sistema formado por um conjunto independente de componentes que, pela sua localização próxima, podem ser distinguidos como partes diferentes (Brand, 1994) e que tipicamente envelhecem e mudam a ritmos diferentes, que resultam da durabilidade dos diferentes materiais envolvidos. A noção de sistema em edifícios, segundo Rodrigues (2007), é entendida como o conjunto de elementos

que desempenham as mesmas funções gerais, tendo cada componente a sua função específica. No entanto, avaliar em termos de durabilidade apenas as partes de um edifício não possibilita um conhecimento suficiente, uma vez que partes do edifício mantêm uma interação mútua (Bellinger, 2004).

O conceito de subsistema de um edifício pode ser entendido como parte de um edifício preenchendo uma ou diversas das funções necessárias para satisfazer as necessidades dos utilizadores (ISO, 1984). Se a um sistema construtivo se faz corresponder a estrutura de um edifício, por exemplo, ao nível de particularização de um subsistema, corresponde a superestrutura e as fundações.

Como componente de um edifício entende-se o produto manufacturado encarado como unidade distinta a servir uma ou diversas funções específicas. Por subcomponente entende-se o produto fabricado que integra um componente (ISO 2000).

A terminologia sugerida pela norma identifica ainda:

- *produto* – item manufacturado ou processado, integrado nos trabalhos de construção de um edifício.
- *material* – matéria-prima que pode ser usada para formar produtos ou integrar trabalhos de construção;
- *“components assembly”* – conjunto de componentes utilizados em conjunto (traduzido com o mesmo significado do conceito de sistema, no presente trabalho).

Ao longo do presente texto far-se-á referência a elementos da construção. Apesar dos termos apresentados e da sua hierarquia, existem elementos tradicionais que acompanham o engenheiro ao longo da história e claramente identificados até por leigos, como paredes, tectos ou pavimentos, entre outros, que, inseridos em sistemas, correspondem a componentes (revestimentos, por exemplo) e a respectivos subcomponentes (camadas de revestimento).

3.3.2 Camadas de durabilidade

A norma ISO 6241, publicada em 1984, propõe a subdivisão dos edifícios em sistemas e subsistemas conforme se apresenta no quadro 3.3. Os sistemas considerados são os seguintes:

- estrutura – constituída por fundações e esqueleto (componentes estruturais do edifício acima da cota do terreno, ou seja, a superestrutura);
- envelope exterior – correspondente ao conjunto de fachadas e coberturas;
- divisões espaciais – exteriores ao envelope ou interiores.

Para melhor compreensão da hierarquia proposta pela norma, Flores-Colen e Brito (2004) elaboraram um corte transversal de um edifício, onde se representa os sistemas considerados, ilustrado na figura 3.8.

Duffy (1990) desenvolveu o conceito de *layering* – camadas arquitectónicas de longevidade, considerando que os edifícios são constituídos por quatro sistemas hierarquizados: *Estrutura*; *Serviços*; *Lay-Out* e *Cenário*.

Brand (1994) sugeriu, no livro *How Buildings Learn*, que os edifícios podiam ser divididos em 6 sistemas, tal como se apresenta na figura 3.9. Como alterações à abordagem de Duffy (1990), aparecem agora a *Envolvente* e a *Pele* do edifício. A *Envolvente* corresponde ao espaço edificado e terreno envolvente ao edifício. Esta camada é a de mudança mais lenta, por ser caracterizada por um conjunto de factores e elementos difíceis de generalizar, e não apenas a durabilidade do edifício ou parte dele. A *Pele*, de definição similar ao conceito da própria palavra, engloba as fachadas e seus revestimentos, juntamente como a cobertura do edifício. Assim, nesta abordagem, as camadas consideradas relacionam-se com o grau de velocidade com que se procede à mudança dos componentes do edifício, na medida em que ao longo do tempo o edifício necessita de ser desfeito e refeito.

Quadro 3.3. Sistemas e subsistemas de edifícios, segundo a norma ISO 6241 (1984)

	Sistemas	Subsistemas
Exterior	1. Estrutura	Fundações; Esqueleto.
	2. Envelope exterior	Envelope abaixo do terreno; Envelope acima do terreno.
	3. Divisões espaciais exteriores ao envelope	Escadas exteriores; Divisão vertical exterior; Divisão vertical interior.
Interior	4. Divisões espaciais interiores	Escadas interiores; Divisão vertical interior; Divisão vertical exterior.
	5. Instalações	Distribuição e drenagem de água; Aquecimento e ventilação; Distribuição de gás; Electricidade e Telecomunicações; Transporte mecânico e electromecânico, pneumático e gravítico; Segurança.

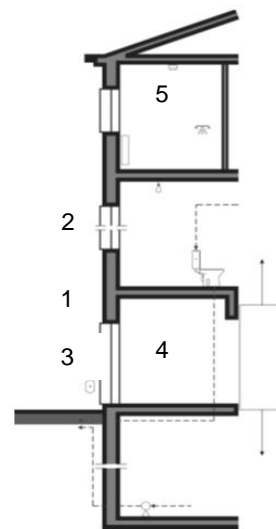


Figura 3.8. Representação esquemática do corte de um edifício (Flores-Colen e Brito, 2004)

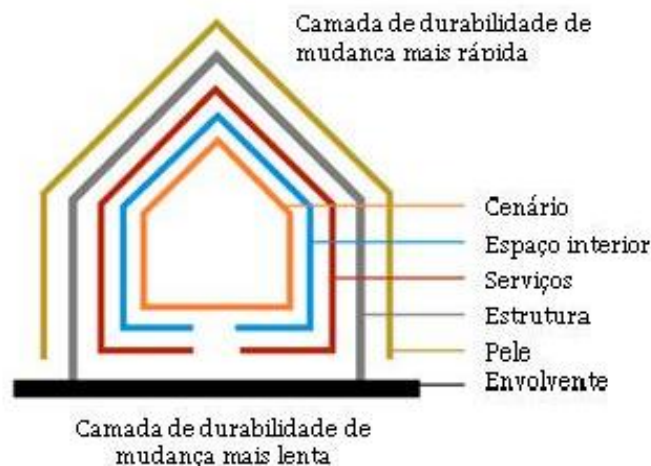


Figura 3.9. O conceito de *layering* aplicado aos edifícios, traduzido de Brand (1994)

O recurso ao sistema Envolvente é justificado, até porque, segundo Brand (1994), as suas características sobrevivem a diversas gerações de edifícios. Facilmente se percebe que um sistema, legendado como cidade, e um dos seus elementos individualizados – edifícios, não tenham a mesma tendência para a mudança. Gaspar (2004) afirma que a envolvente ao edifício, composta pelas características topológicas do local, pela cultura, tipo de lotes e edificações da região ou “estrutura cadastral da propriedade”⁸ contribuem para enquadrar o valor do solo, a construção em altura, a densificação das áreas urbanas, entre outras características, habilitadas para afectar a vida útil de uma construção (no domínio económico, físico ou funcional). No entanto as características da envolvente raramente sofrem alterações de grande escala, tornando-se discutível a análise directa deste sistema, para a referência de durabilidade dos elementos construtivos.

A pele do edifício destaca-se no modelo apresentado por Brand (1994), em relação às restantes camadas de mudança rápida. Este facto é justificado por se considerar que as superfícies exteriores – fachadas, coberturas e respectivos revestimentos, mudam em cada 20 anos (Gaspar 2004), “prazo ainda mais dilatado no caso de edifícios habitacionais, normalmente sujeitos a maior inércia de transformação e com maiores restrições financeiras”, segundo o mesmo autor. Ora, para as restantes camadas de mutação mais rápida, é expectável que ocorram mudanças em períodos dessa ordem de grandeza para edifícios de habitação.

Na proposta de Brand (1994), as *Infra-estruturas*, a *Compartimentação interior e Mobília* (cenário), correspondem aos sistemas “mais sensíveis à inovação e por isso muito dependentes da evolução tecnológica e das mudanças dos hábitos dos utilizadores” (Gaspar 2004).

Perante os elementos bibliográficos em causa, conclui-se que a *Mobília* interage diariamente com os utentes, situação que responde pelo facto de este sistema ser aquele que mais alteração sofre no período de vida de um edifício. Por outro lado, Gaspar (2004) salienta que, pelo facto de ser a camada de menor importância hierárquica, é aquela que menos interfere com os restantes sistemas. Para o âmbito do estudo – Vida útil de elementos construtivos de edifícios de habitação – não se considera o sistema *Mobília/Cenário*, assim definido por diversos autores. O facto de este sistema não ser constituído por elementos construtivos está na base da decisão. É verdade que a aparência estética do interior de um edifício é influenciada por este sistema, no entanto, o domínio desta característica é maioritariamente determinado por questões de durabilidade de revestimentos, ao invés de ser ao nível do cenário.

Brand (1994), citado por Rodrigues (2007), defende as seguintes abordagens:

⁸ Articulação com vias e quarteirões, características dos lotes em termos de configuração, orientação e área, estrutura viária, acessibilidade, vizinhança (Gaspar 2004).

- no sentido de possibilitar a adaptabilidade do edifício, as camadas sujeitas a substituições ou alterações regulares, por exemplo as instalações, não devem ser obstruídas por outras camadas de carácter mais permanente;
- a durabilidade da *Estrutura* equivale à vida útil física do edifício, uma vez que se trata da camada de mudança mais lenta e, portanto, hierarquicamente dominante;
- os serviços correspondem às diversas instalações: eléctricas, de telecomunicações, de águas, entre outras, ou seja o conjunto de elementos que enquadram e suportam toda uma estrutura, possuindo concepções diferenciadas em diversas áreas;
- por *Lay-Out* entende-se todo o espaço interior, como é o caso das paredes interiores, pavimentos e tectos;
- o *Cenário*, como o próprio nome indica, corresponde à mobília dos imóveis e está, segundo Gaspar (2004), praticamente em constante mudança. Esta camada é alterada, praticamente, tantas vezes quantas as alterações de utentes de um fogo. O sistema em causa fornece o cenário de uma habitação. É constituído por objectos móveis, que os utentes utilizam com as mais variadas funções (móveis, tapetes, electrodomésticos, entre outros) e objectos de decoração como quadros, por exemplo.

A figura 3.9 pretende ilustrar que a taxa de degradação é mais rápida nas camadas superiores em relação às inferiores. Note-se, a título de exemplo, que a pintura da fachada irá sofrer uma mudança mais rápida comparativamente com a estrutura. Este conceito de análise sistémica tem sido desenvolvido e traduzido em Portugal por Gaspar (2001; 2004; 2008), como estratégia para o aumento da vida útil funcional das construções. O autor refere nos seus artigos e publicações que os edifícios podem ser entendidos como sistemas dinâmicos, “onde a mudança é mais acelerada nos aspectos que interagem com o uso do dia-a-dia e onde existe uma maior inércia nas camadas hierarquicamente dominantes”.

Comentando ainda a figura 3.9, chama-se a atenção para as camadas que asseguram a continuidade do edifício no seu tempo de serviço: *Envolvente* e *Estrutura* – conforme se analisou nos parágrafos acima. A estrutura, ao ser dimensionada de forma pouco tolerante a mudanças de usos, torna-se na camada que “mais constrange do ponto de vista da flexibilidade” (Gaspar 2004). Os outros quatro sistemas, mais sujeitos à evolução e mudanças de hábitos por ordem crescente: *Pele*⁹, *Infra-estruturas*, *Compartimentação* e *Mobília* – correspondem às camadas de mudança mais rápida na durabilidade do edifício, segundo Brand (1994) e Gaspar (2004).

⁹ Camada da construção onde se inclui toda a envolvente exterior.

Hoje em dia, existem previsões de valores de vida útil compiladas em diversas publicações. A HAPM (1999) – *Housing Association Provident Mutual*, por exemplo, reserva uma parte da estrutura do seu manual para aquilo a que define como *External Works and Outbuilding*. São atribuídos valores de vida útil para componentes como passeios, portas de garagem e outros aplicados no exterior, que possam contribuir para a perda de desempenho do edifício, tal como o estatuto social da zona de implantação, as condições climatéricas e/ou topografia da região, entre outros, o fazem

3.3.2.1 Estrutura

A vida útil da estrutura nem sempre corresponde à quantificação temporal da sua durabilidade enquanto sistema isolado, uma vez que pode ser prejudicada pelo fim da vida útil do edifício em termos económicos ou funcionais. No dimensionamento da estrutura de um edifício são utilizados diversos factores de segurança que, por exemplo, majoram as cargas desfavoráveis aplicadas, tendo em conta a sua origem e classificação. Ora, o projecto de estruturas é realizado de forma a obter-se uma probabilidade de colapso muito reduzida e para desempenhar as suas funções em períodos alargados. Assim, é comum fazer corresponder a vida útil da estrutura com o limite teórico de durabilidade de toda a construção, explicando a sua posição na hierarquia das camadas do edifício, pelo que determina também a longevidade das camadas inferiores (Gaspar 2004). Assim, no limite, o período de vida útil do imóvel é determinado pela durabilidade da estrutura, no sentido da impossibilidade de o edifício se manter em serviço, estando a sua estrutura fora do período de vida útil. No entanto, para que a vida útil do edifício seja igual à da estrutura, é necessário planear esse período, com actividades de manutenção, reparação, substituição de elementos com vida útil reduzida, entre outras actividades.

Nos edifícios de habitação correntes com estrutura em betão armado, a vida útil deste sistema ronda os 80 anos (Gaspar 2004), período demasiado alargado para que não ocorra: incapacidade física (noutros sistemas); o fim da vida útil económica ou funcional do edifício ou obsolescência funcional. Assim, uma das formas de garantir que o edifício chega ao fim da vida útil física, passa por projectá-lo com flexibilidade, de forma a ser considerado funcional em eventuais mudanças de uso, e contrariar a perda de desempenho de elementos determinantes para a durabilidade.

3.3.2.2 Envelope

O envelope, assim considerado neste estudo, ou pele de um edifício corresponde à camada que reveste a estrutura do edifício e que está sujeita a degradação física e a alterações das expectativas dos utilizadores. Esta camada inclui a fachada, que constitui a envolvente vertical exterior de um edifício, e a cobertura (Real, 2010) e apresenta funções ao nível da protecção / conforto – protege o seu espaço interior contra toda e qualquer acção

externa, e da estética – contribui para a beleza arquitectónica do edifício e para a sua integração paisagística.

A fachada é responsável por uma parte significativa dos custos de construção de um edifício. Por se encontrar sujeita a maior degradação por acção de agentes externos, torna-se um elemento com grande necessidade de manutenção e, portanto, elevados custos de manutenção associados. Uma vez que a fachada influencia directamente o conforto dos utilizadores, nomeadamente ambiental, também tem impacte no desempenho térmico do edifício (nas necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento) e, portanto, nos custos de consumo energético do mesmo. Desta forma, a fachada pode ser vista como um elemento preponderante na constituição de um edifício, cujo ciclo de vida deve ser estudado.

3.3.2.3 Interior

O envelope, assim considerado neste estudo, ou pele de um edifício corresponde à camada que reveste a estrutura do edifício e que está sujeita a degradação física e a alterações das expectativas dos utilizadores. Esta camada inclui a fachada, que constitui a envolvente vertical exterior de um edifício, e a cobertura (Real, 2010) e apresenta funções ao nível da protecção / conforto – protege o seu espaço interior contra toda e qualquer acção externa, e da estética – contribui para a beleza arquitectónica do edifício e para a sua integração paisagística.

A fachada é responsável por uma parte significativa dos custos de construção de um edifício. Por se encontrar sujeita a maior degradação por acção de agentes externos, torna-se um elemento com grande necessidade de manutenção e, portanto, elevados custos de manutenção associados. Uma vez que a fachada influencia directamente o conforto dos utilizadores, nomeadamente ambiental, também tem impacte no desempenho térmico do edifício (nas necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento) e, portanto, nos custos de consumo energético do mesmo. Desta forma, a fachada pode ser vista como um elemento preponderante na constituição de um edifício, cujo ciclo de vida deve ser estudado.

3.3.2.4 Infra-estruturas

As infra-estruturas de um edifício, camada de mudança mais rápida, estão sujeitas a obsolescência funcional e degradação física.

No âmbito da Engenharia, as *Infra-estruturas* englobam os serviços indispensáveis ao funcionamento do edifício, garantindo a habitabilidade e conforto do mesmo. Gaspar (2004) resume-os desta maneira: canalizações, tubagens de ar condicionado, redes eléctricas, telefónicas e de dados, sistemas de detecção e combate a incêndios, todas as partes mecânicas tais como escadas rolantes ou elevadores, entre outros. O autor considera um ritmo de substituição deste sistema num intervalo entre 7 a 15 anos, dependendo dos usos a que o edifício se destina. No caso de edifícios de habitação, considera-se uma vida útil alargada

dentro do intervalo indicado, uma vez que a necessidade de acompanhamento tecnológico não é tão acentuada como em edifícios de escritórios, por exemplo

3.3.2.5 Envolvente

O sistema *Envolvente* ao espaço do edificado, e que com ele interage, é considerado como a camada de mudança mais lenta. No entanto é condicionada por factores exteriores à análise concreta de durabilidade de um edifício específico, de um determinado lugar, tais como as características topológicas dos espaços urbanos; vias de comunicação circundantes; cultura, tipo de arquitectura e dimensão dos tipos de lotes, entre outros. Estes parâmetros têm influência naquilo que é esperado que seja o tempo de serviço do edificado, sendo a sua consideração fundamental para a obtenção de factores de ajustamento para condições particulares, contribuindo de forma indirecta para o valor de vida útil em condições de referência. Desta maneira, a definição de envolvente de um edifício, é um resultado esperado da avaliação da sua durabilidade. Para melhor compreensão deste sistema, o quadro 3.4 contempla o conjunto de características inerentes à integração do edifício com o contexto do ambiente onde se insere. Estas características, representativas de diversos âmbitos, são reunidas por Rodrigues (2007), citando diversos autores.

Quadro 3.4. Caracterização do sistema Envolvente ao edifício, adaptado de Rodrigues et al. (2007)

Sistema Envolvente	
Âmbito	Caracterização
<i>Clima</i>	Temperatura, humidade, vento, pluviosidade e radiação solar.
<i>Terreno</i>	Base de implantação do edifício, situando abaixo deste ou sobre diversos níveis, através de escavações, modelações e muros de contenção do terreno. A morfologia e a qualidade do solo constituem factores que o caracterizam.
<i>Estruturas envolventes</i>	Sombra, vento e vista determinada pela envolvente próxima.
<i>Implantação</i>	Posição, orientação, extensão, profundidade e volumetria do edifício.
<i>Perímetro</i>	Limites do local definidos por vedações, guardas, muros, limite do edifício ou por arranjos exteriores.
<i>Paisagem envolvente</i>	Vegetação, presença de água e outros elementos naturais.
<i>Pavimentação</i>	Arruamentos, passeios, estacionamento, acessos, terraços e pátios.
<i>Infra-estruturas e outros serviços exteriores</i>	Redes de energia eléctrica, água, gás, telecomunicações e de saneamento, dispositivos de ligação das redes públicas às prediais, câmaras de visita, dispositivos de fecho, drenagem de espaços exteriores, depósitos de resíduos e outros equipamentos exteriores.
<i>Iluminação artificial exterior</i>	Iluminação dos arruamentos, dos acessos e da fachada.

3.3.2.6 Subsistemas de edifícios de habitação

Num domínio mais particular, subdividem-se as camadas de durabilidade apresentadas no ponto anterior, não apenas por geralmente verificarem períodos de mutação idênticos, mas também por formarem partes bem diferenciadas dos edifícios de habitação, mesmo que venham a integrar alguns componentes comuns. O quadro 3.5. apresenta os subsistemas principais em cada camada de durabilidade do edifício, entendidos como partes de sistemas capazes de representar em si fluxos de forças e materiais.

Quadro 3.5. Subsistemas principais de um edifício de habitação

Estrutura	Envelope	Infra-estruturas	Interior
Superestrutura	Fachada	Sistema de AVAC	Acessos
Fundações: Superficiais e/ou profundas	Cobertura	Instalações hidráulicas: Rede de distribuição e drenagem de águas e abastecimento de gás	Compartimentação
		Rede eléctrica e de telecomunicações	

A estrutura de um edifício representa o seu esqueleto e, como tal, tem as funções principais de sustentar a construção e dar-lhe forma. Deste sistema fazem parte as fundações, responsáveis por transmitir as cargas ao terreno, e a superestrutura. Ambos são elementos estruturais, no entanto, as durabilidades físicas, geralmente verificadas, criam condições de analisar de forma separada. O “revestimento” da estrutura, nas diversas faces e na cobertura, corresponde ao envelope. Este subdivide-se nas fachadas e na cobertura, ambas constituídas por vários elementos, formados por componentes. As infra-estruturas ramificam-se em três subsistemas, divididas pelo serviço que pretendem assegurar ao edifício, de forma a perceber qual a vida útil das instalações das várias especialidades e compara-las em termos de durabilidade. De referir ainda que a iluminação do edifício está incluída no *Subsistema* Rede Eléctrica, bem como a rede de telecomunicações. Não é de esperar que os elementos deste sistema verifiquem um ciclo de vida alargado, ainda assim, no domínio da habitação, a sua análise não parece determinante. Os elevadores – equipamentos mecânicos, ao contrário de todas as outras infra-estruturas, são considerados no interior do edifício. Devido à importância que têm para a mobilidade em edifícios com mais de três pisos, estes elementos são frequentemente acompanhados por técnicos, ao longo da vida útil do edifício. A assistência técnica eficaz, prestada pelas entidades competentes a estes equipamentos mecânicos, faz com que o estudo da sua durabilidade se torne menos prioritária no presente documento. Fazem parte do *Sistema Interior* os *Subsistemas* Acessos e Compartimentação. Por compartimentação entende-se o conjunto de elementos interiores, sujeitos a deterioração causada por factores intrínsecos aos apartamentos. Por fim, os acessos correspondem às áreas comuns, circuláveis no interior da construção.

Os sistemas do edifício estabelecem interfaces entre si, que devem ser coordenadas em fase de projecto com vista à sua integração no conjunto da edificação (Rodrigues, 2007). O autor refere que as instalações de um edifício devem ser entendidas como substituíveis. Para tal, é necessário a sua adaptabilidade com os sistemas estrutura, envelope e interior do edifício, não sendo, neste caso, prioridade de estudo a avaliação da sua durabilidade.

3.3.3 Níveis de durabilidade

Como se viu até aqui, o sistema edifício de habitação pode ser separado em camadas de durabilidade, a dois níveis de particularização – sistemas e subsistemas. Estes conjuntos de elementos mostram alguma coerência no seu arranjo e proximidade dos mesmos.

Num raciocínio hierárquico de especificidade e dimensão das partes constituintes irá separar-se, nos próximos pontos, o sistema edifício de habitação até aos seus componentes mais particulares, por vezes sujeitos a substituição em serviço. Assim, cada sistema de durabilidade poderá ser decomposto em vários níveis (de durabilidade para ser coerente com o conceito de camada).

3.3.3.1 Elementos de um edifício de habitação

Os produtos da construção como revestimentos de paredes, por exemplo, são por si só interpretados como componentes de edifícios. Podem estar inseridos nos sistemas *Envelope* e *Interior*, conforme estejam aplicados na fachada de um edifício ou no seu interior, respectivamente. Ainda no interior do edifício, os revestimentos de paredes podem ser associados à compartimentação dos espaços ou aos acessos em áreas comuns. Ora, os revestimentos de paredes são identificados em partes dos edifícios, a um nível mais particular do que a compartimentação do imóvel, sendo que no meio da hierarquia supracitada, aparecem os elementos do edifício, como é o caso das paredes. O exemplo seguinte pretende clarificar a hierarquia supracitada, de forma crescente em termos de particularização:

Edifício → *Envelope* → *Fachada* → *Parede exterior* → *Suporte e Revestimento*.

No subsistema cobertura, a identificação de elementos diferentes (como paredes ou pavimentos facilmente separáveis no interior de um edifício) seria um processo sem sentido. É verdade que uma cobertura está ao nível de uma fachada, na hierarquia das partes que formam um edifício, enquanto subsistema do edifício, no entanto tradicionalmente o elemento que a forma em termos de camadas é apenas um: a própria cobertura do edifício¹⁰. Desta maneira, e ficando coerente com elementos como paredes ou pavimentos, a particularização será feita ao nível dos seus componentes, casos da estrutura de suporte e da camada de forma, ou revestimentos, dependendo da tipologia da cobertura.

¹⁰ Fazem parte do subsistema cobertura outros elementos acessórios, como caleiras e clarabóias, por exemplo.

O quadro 3.6 apresenta os principais *Elementos* dos *Sistemas* considerados para edifícios de habitação, por ordem decrescente de importância dentro de cada sistema¹¹. De salientar a existência de elementos semelhantes em mais do que um sistema ou subsistema. Os próximos parágrafos serão explicativos do horizonte do conceito de elemento e elucidativos sobre as decisões tomadas na abordagem da análise sistémica de edifícios.

As paredes, se exteriores, podem ser consideradas tanto na superestrutura como na fachada, dependendo do sistema estrutural adoptado. Em situações em que o projecto estrutural apenas identifica vigas, pilares e lajes, as paredes exteriores são analisadas no domínio da fachada, solução estrutural corrente considerada. As paredes interiores podem ser de compartimentação do imóvel ou comunicantes com as áreas comuns do edifício, tornando-se provável que para estas últimas, os requisitos de qualidade sejam maiores. Apesar disso, devido ao meio e condições de utilização, é fundamental que os elementos das áreas comuns apresentem a durabilidade esperada – situação corrente comparativamente com os mesmos elementos, mas ao nível dos imóveis. Assim, serão apenas consideradas as paredes interiores de compartimentação, como acontecerá com outros elementos que integrem os dois subsistemas. Ao nível dos acessos, as maiores preocupações de projecto recaem na compatibilidade destas áreas com as instalações das várias especialidades, partindo do princípio que a escolha dos revestimentos, de paredes e pavimentos, foi feita em consciência com as condições específicas de utilização.

Em princípio, janelas só existem para o exterior, sendo discutível se interagem mais com o *Envelope* ou com o *Interior* do edifício, apoiado no facto de estes elementos sofrerem degradação a diferentes níveis, tanto pelo exterior, como pelo interior. A fachada funciona como a primeira imagem de desempenho de um edifício e, por isso, deve sempre fornecer bons indicadores de durabilidade, em edifícios pretendentes a existir durante muitos anos, num período de serviço conhecido.

Quadro 3.6. Elementos dos Sistemas *Envelope* e *Interior*

Envelope		Interior	
Fachada	Cobertura	Acessos	Compartimentação
<i>Paredes exteriores</i>	<i>Camada de cobertura</i>	<i>Paredes interiores</i>	<i>Paredes interiores</i>
<i>Varandas e vãos</i>		<i>Tectos</i>	<i>Pavimentos</i>
<i>Janelas</i>	<i>Caleiras</i>	<i>Pavimentos</i>	<i>Tectos</i>
<i>Portas de acesso exterior</i>	<i>Chaminés e outros elementos de ventilação</i>	<i>Escadas</i>	<i>Portas</i>
<i>Tubos de queda</i>	<i>Clarabóias</i>	<i>Elevadores</i>	<i>Janelas</i>
		<i>Portas</i>	

¹¹ Esta hierarquia de importância (empírica) pode não corresponder à verdade, no entanto assume-se como ponto de partida da investigação.

Analisando a cobertura, há que identificar o seu tipo de funcionamento e o modo como este influencia o desempenho do edifício. As coberturas de edifícios podem ser classificadas como inclinadas ou em terraço. De modo empírico, é legítimo afirmar que as coberturas em terraço têm uma vida útil inferior, comparativamente com as inclinadas, facto explicado pela maior complexidade do sistema (engloba várias camadas e tem maiores riscos de infiltração, inerentes à solução) (AIJ, 1993). No entanto, tal conclusão só será feita numa avaliação do desempenho de elementos construtivos com tipologias específicas em ambientes particulares. Por se considerar a constituição das camadas como o principal responsável pela perda de desempenho das coberturas, elementos secundários como caleiras e chaminés não serão analisados. Assim, considera-se a cobertura o principal elemento do seu subsistema, definida como o conjunto das camadas que a formam.

Apesar dos elementos de fundação poderem ser compostos por um sistema complexo, dependendo do nível de cargas a transmitir ao terreno, e das características deste último, não serão particularizados ao nível dos componentes, por se considerar, desde já, a sua pouca influência na perda de desempenho do edifício. Partindo do pressuposto que o projecto foi feito de acordo com as exigências regulamentares, a sua vida útil não irá ser inferior à da estrutura, limite teórico de durabilidade de toda a construção. O mesmo é aplicável em relação à estrutura, cuja vida útil corresponde ao limite teórico de durabilidade do edifício, raramente atingido. A excepção é feita em edifícios cujo funcionamento estrutural determina a existência de paredes estruturais, em detrimento dos pilares e das vigas.

Como acontecimento corrente no parque habitacional português, nota-se a degradação física precoce em elementos do interior do edifício, da fachada ou da cobertura, por exemplo. Em várias situações, vemos edifícios em período de utilidade estrutural e funcional, no entanto a caminhar para o fim da sua vida útil, devido a degradação estética generalizada ao nível dos seus revestimentos. Situações como esta fazem com que o edificado perca grande parte do seu valor aos olhos de um utilizador exigente com a qualidade da habitação.

Motivando o projectista para o facto de a construção orientada para a prescrição de elementos específicos em condições particulares ser o primeiro passo para o melhor estado de degradação das construções, a generalidade dos estudos desenvolvidos nesta área de investigação em Portugal, aplicam as suas abordagens usualmente às seguintes famílias de elementos construtivos:

- elementos de compartimentação, essencialmente ao nível dos revestimentos – a consequência da degradação dos elementos interiores, ao ponto de não cumprirmos com os requisitos dos clientes, pode ser a perda de valor do imóvel. A vida útil dos componentes de revestimento de elementos comuns a sistemas diferentes, como paredes ou pavimentos pode ser ampliada com intervenções regulares em serviço, por vezes de manutenção, outras vezes de reabilitação ou substituição. Este cenário pode ficar comprometido em casos de negligência ao nível de outros elementos, que sofram de degradação de qualquer espécie, por exemplo.

- elementos de revestimento do edifício, tal como é encarada a fachada. São visíveis em muitas cidades portuguesas conjuntos de edifícios funcionalmente aptos a exercer os seus usos, com perdas de desempenho consideráveis ao nível das fachadas principais – principal “montra” para avaliação do valor de um edifício, por parte do utilizador;

Por estar sair do âmbito do presente estudo, neste trabalho não se considera a durabilidade os elementos da estrutura.

3.3.3.2 Componentes de um edifício de habitação

O termo *componente* já foi por diversas vezes utilizado nos pontos anteriores. O exemplo seguinte pretende esclarecer a que nível de particularização, a definição de componente deixa de fazer sentido.

O componente revestimento de paredes pode ser de vários tipos, decorrente da escolha do material, no entanto, todos eles são componentes e, em princípio, apenas um será utilizado no mesmo elemento – parede, neste caso. Um revestimento cerâmico, aderente à estrutura de suporte de uma parede ou pavimento, é composto em situações comuns, segundo Sá (2005), por seis camadas de materiais diferentes: suporte, chapisco, emboço, cimento-cola, junta e ladrilho cerâmico – Subcomponentes do Componente referido – manufacturados por materiais, segundo a norma ISO 15686-1 (2000). Este termo mais particular, aplicado ao âmbito do presente estudo, é adoptado sempre que seja possível distinguir várias partes de uma componente.

No âmbito da durabilidade dos revestimentos da envolvente, é necessário considerar não só as várias camadas de revestimentos, desde isolamentos e rebocos, entre outros, até ao revestimento em si – ladrilho cerâmico, como as várias soluções sistémicas disponíveis para a sua manufactura, dependendo dos materiais que se pretenda utilizar para o efeito de revestimento. Este subcomponente está em contacto com o exterior ou interior do edifício e, portanto, é aquele que está mais sujeito a ser influenciado por condições de ajustamento diferenciadas.

A este nível, a escolha do material é um factor de afectação de vida útil.

3.3.3.3 Componentes principais de edifícios de habitação

Uma vez identificados os principais elementos de edifícios de habitação construído no domínio da tradição portuguesa, faz-se o seguinte exercício num primeiro contacto a um elemento caso de estudo, esquematizado na figura 3.10 – hierarquia dos produtos da construção considerada na avaliação de durabilidade, particularizada a partir dos elementos construtivos, de acordo com a seguinte metodologia:

- Escolher um tipo de elemento – parede exterior;

- identificar os componentes principais – estrutura de suporte (neste exemplo considera-se que a estrutura de suporte integra os sistemas de impermeabilização e isolamento térmico) e revestimentos;
- exemplificar dois tipos de componentes utilizados correntemente em Portugal – alvenaria e revestimento cerâmico, respectivamente;
- identificar o subcomponente explicativo da durabilidade do elemento – tijolo e ladrilho cerâmico.

Apesar da lógica apresentada, os resultados pretendidos são ao nível do tipo de componentes. Assim, os subcomponentes são utilizados com o intuito de identificar: o material escolhido a avaliar, quando a particularização a esse nível se exige; e os factores de afectação ao elemento, consoante a escolha.

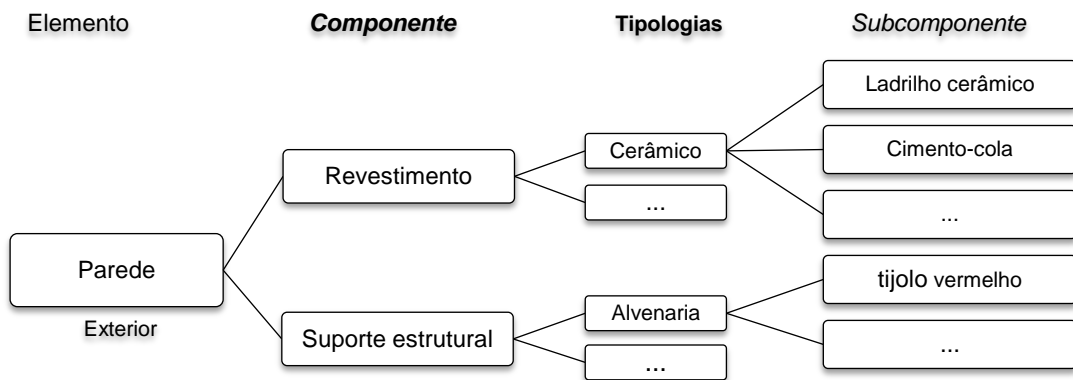


Figura 3.10. Decomposição hierárquica do elemento parede de alvenaria de tijolo

De forma a facilitar a pesquisa e análise de dados de ciclo de vida, os componentes de edifícios de habitação são agrupados por famílias dos elementos de que fazem parte, identificados nas camadas hierarquicamente superiores, conforme o quadro (exemplo) 3.6.

Em relação à cobertura, consideram-se as chaminés e outros elementos de ventilação, bem como dispositivos de drenagem, como elementos secundários. Estes elementos têm influência no desempenho de uma cobertura, no entanto, estudos de prevenção de anomalias neste elemento, ditam que é ao nível das camadas que compõem o elemento principal (o telhado ou a cobertura invertida), que se deve focar a avaliação de durabilidade. Ferreira (2004) refere que uma deficiente ventilação pode provocar descasque das telhas, desenvolvimento prematuro de musgos e de verdete e maior susceptibilidade às condensações. Neste sentido, o estudo das camadas de revestimento e factores responsáveis pela sua perda de desempenho, indirectamente conduzirão às directrizes de projecto de elementos considerados como secundários, tais como caleiras e chaminés.

Diversos manuais de sistematização de vidas úteis, como a HAPM (1999) assumem os componentes listados no quadro 3.7 como as principais “famílias de componentes” presentes em edifícios de habitação, estando a sua localização associada geralmente a mais do que um sistema.

Quadro 3.7. Quadro de componentes que constituem os elementos construtivos mais comuns de um edifício de habitação, numa adaptação e tradução de BPG (1999), HAPM (1999) e BMI (2001)

Elementos	Componentes principais	Sistema	Subsistema
<i>Paredes</i>	Estrutura de suporte	Interior	Acessos Compartimentação
	Revestimentos		
<i>Pavimentos e tectos</i>	Revestimento	Envelope	Fachada
		Interior	Acessos Compartimentação
<i>Camada de cobertura</i>	Estrutura de Suporte	Envelope	Cobertura
	Camada de forma / Revestimento		
	Sistema de impermeabilização e isolamento		
<i>Portas</i>	Moldura	Envelope	Fachada
	Porta		
<i>Janelas</i>	Moldura e caixilharia	Interior	Acessos Compartimentação

É importante que a análise do desempenho de edifícios, mesmo para casos de estudo de níveis hierarquicamente superiores nas respectivas camadas de durabilidade, seja feita considerando a parte constituinte mais particular dos sistemas de edifícios. Deste modo é possível a avaliação do *ranking* de viabilidade de determinadas soluções específicas de projecto, para o mesmo elemento construtivo, numa mesmo contexto de aplicação.

3.4 Relações de dependência funcional

O termo interface significa “dispositivo físico ou lógico que faz a adaptação entre dois sistemas” (Rodrigues, 2007). Segundo o autor, “dispositivo” tem correspondência com a noção de “mecanismo, método ou conjunto de meios dispostos para se obter determinado fim ou resultado”. Fazendo-se a devida transposição para os edifícios, é possível considerar que uma interface representa uma dependência de interligação entre camadas de durabilidade diferentes, importando analisar os factores que definem a natureza da ligação entre as partes de um edifício.

Para aprofundar a noção de determinada interface, exige-se a caracterização da natureza desta e o estabelecimento de factores que concorram para esta acepção.

Para Rodrigues (2007), as interfaces em edifícios encontram-se catalogadas em três escalas diferentes, traduzidas para a presente terminologia como:

- interface edifício – envolvente: corresponde à interacção do edifício com a envolvente externa que o caracteriza e na qual ele está inserido;
- interface sistema – sistema: relação de dependência funcional entre diferentes camadas de durabilidade, como seja a influência que a estrutura do edifício provoca na durabilidade das infra-estruturas, por exemplo;

- interface na pormenorização: Interações de desempenho entre componentes, podendo estar ou não associados à mesma camada de durabilidade.

Rodrigues (2007) propõe quatro modos de reflectir as interfaces em edifícios: organização, percepção, desempenho e junção.

A existência de diversos sistemas num edifício, em número crescente com o grau de particularização a considerar, deve pressupor a organização das suas partes de um modo articulado. A organização do edifício e da sua planta pode estar associada com determinadas configurações tipológicas. Deste modo, importa relacionar o contexto urbanístico e a definição da planta com a organização da estrutura, da pele, das instalações e do interior. Esta organização deve ser estabelecida em termos de espaços e localizações afectas aos diversos elementos do edifício, tendo em conta o encadeamento de actividades a realizar.

Assim, a estrutura pode estar associada à ideia de princípio gerador ou mecanismo de ordenação, como se pode ler, segundo referenciou Rodrigues (2007):

“(...) O ordenamento da construção é a unidade que surge num edifício quando as partes tomadas em conjunto determinam o todo, e inversamente, quando as partes isoladas derivam desse todo de modo igualmente lógico. A unidade resultante do projecto que emprega consistentemente essa reciprocidade – partes determinando o todo e determinadas por ele, pode num certo sentido ser vista como estrutura.”
(HERTZBERGER, 1999).

Bachman (2003) considera que os componentes do edifício são exibidos e expressos de modo combinado, com vista a uma integração visual dos componentes do edifício. Deste modo, o projecto deve considerar as propriedades relativas à percepção dos componentes e dos materiais utilizados no edifício, considerando o seu efeito combinado. Pode assim concluir-se que a ligação entre os componentes representa, para certos casos, um transmissor da intenção do arquitecto, com um determinado significado. Essas interfaces estão sujeitas à percepção do observador e, segundo Beim (2004), dependem também da forma como o arquitecto percebe e interpreta a construção, assim como o significado que eles transferem para as soluções físicas do projecto de arquitectura (Rodrigues, 2007).

A norma ISO 6241 (1984) estabelece os requisitos de desempenho de um edifício, classifica os subsistemas associados a componentes e montagens e descreve os requisitos dos utilizadores, os agentes de degradação relevantes para o desempenho e ainda os diferentes usos dos edifícios. As diferentes funções dos componentes estão intimamente ligadas ao seu desempenho e, por vezes, pertencem a mais do que um sistema ou se neles se encontram simultaneamente, como é demonstrado nos exemplos seguintes:

- uma unidade de fachada pode ser parte de uma estrutura autoportante, do *Envelope*, das instalações prediais, ou das instalações eléctricas (ISO, 1984);

- uma janela tanto pertence à fachada como ao interior de um edifício, sendo espectável que seja pelo exterior que sofra maior degradação, sendo por isso usualmente considerada no sistema *Envelope*;
- a pintura tanto pode revestir a parede da fachada como as paredes interiores dos imóveis, tendo soluções particulares para o efeito e estando sujeitos a diferentes condições de degradação, o seu desempenho é necessariamente diferente.

Como base nestas considerações, comprova-se que é necessário atingir a optimização de funcionamento das diversas partes interligadas do edifício, tendo presente que as funções atribuídas dependem do sistema em causa, da sua organização, da percepção que dele se tem e do seu desempenho, influenciado pelas anteriores. Neste sentido Ford (1990) refere que um bom edifício deverá usar um número mínimo de componentes e cada qual deverá desempenhar um número máximo de funções.

Por último, a caracterização de uma interface é completada pelo modo como os elementos são ligados. Os detalhes de arranjo entre subcomponentes podem ser determinantes no desempenho de sistemas / elementos, levando à definição (física) de *junção* entre partes, através de uma geometria estrutural associada a uma determinada sequência construtiva que, segundo Rodrigues (2007), determina as possibilidades de dissociação dos componentes com vista à sua reparação ou substituição. Dado o âmbito do estudo, facilmente se reconhece a potencial responsabilidade das junções no desempenho dos elementos / sistemas, ou até mesmo do edifício – a acontecer, de efeito indirecto e crescente nos níveis superiores das diferentes camadas.



Nos estudos realizados na perspectiva do controlo do projecto, os níveis de integração de uma interface reflectem a natureza da ligação entre elementos dos diversos sistemas. Assim, de acordo com Bush e outros (1986), *contacto*, *conexão* e *mesclagem* definem uma gradação da natureza da junção entre elementos, reflectindo uma progressão na dependência dos diversos elementos uns com os outros, assim como para níveis diferentes de particularização de uma mesma ou diferente camada. As interfaces podem também ser caracterizadas de acordo com a geometria do contacto entre materiais que, quando verificado, pode ser pontual, linear, medido em área ou em volume (Sequeira, 2003). Por exemplo, quando fisicamente separados e se funcionalmente relacionados, as partes mantêm uma interface conhecida como remota, enquanto se estiverem fundidas física e funcionalmente, definem uma interface unificada. O quadro 3.8 apresenta a classificação das interfaces segundo Rodrigues (2007) e outros, verificando-se que o edifício, entendido no seu todo, pode ser interpretado como um sistema que se relaciona com a envolvente e que, por sua vez, pode ser entendido pela sua divisão em sistemas, designadamente em *Envelope*, *Estrutura*, *Interior* e *Instalações técnicas*, aplicando-se o raciocínio aos níveis inferiores.

Ferreira (2004) conclui num trabalho sobre prevenção de anomalias na óptica da arquitectura, que a redução de vida útil por perda de durabilidade é devida, em grande parte,

ao não cumprimento do desempenho previsto / estabelecido no projecto e que geralmente conduz a grandes intervenções após 20 ou 30 anos. É assim imprescindível a adopção de medidas preventivas durante o projecto de arquitectura.

A selecção de elementos, na óptica o arquitecto, é baseada no paralelo entre os requisitos de desempenho dos elementos da construção e os seus desempenhos esperados após avaliação. Um projecto de arquitectura, na prática corrente do processo de edificação, começa com uma encomenda, ou seja com uma vontade / necessidade específica vinda de um indivíduo particular, de uma entidade ou da sociedade (Gama, 2005). Segundo o autor, a resposta do arquitecto, materializada no projecto, “deve satisfazer essa vontade e deve incorporar e ter em conta outros factores e estímulos como por exemplo o sítio onde se vai inserir o edifício, a topografia, a envolvente construída”.

Quadro 3.8. Classificação de interfaces de durabilidade (Rodrigues, 2007)

Escala	Classificação	Correlações de dependência
<i>Edifício – envolvente</i>	<i>Relação do edifício com o lugar e o seu contexto.</i>	
<i>Sistema – sistema</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1 <i>Envelope e Estrutura</i> 2 <i>Estrutura e Interior</i> 3 <i>Interior e Infra-estruturas</i> 4 <i>Envelope e Infra-estruturas</i> 5 <i>Infra-estruturas e Estrutura</i> 6 <i>Envelope e Interior</i> 	<div style="border: 1px solid red; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Macro dimensão</div> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div>
<i>Elemento - elemento</i>	<i>Permite a compreensão, mais rigorosa, da influência de uma interface de pormenorização numa interface entre sistemas.</i>	<div style="border: 1px solid red; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Média</div> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div>
<i>De pormenorização</i>	<i>Ligação entre componentes e materiais, ao nível mais particular</i>	<div style="border: 1px solid red; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Micro</div>

O projecto de arquitectura é pois uma solução de compatibilidade, entre o desejo do cliente e as condições de integração da construção a edificar, funcionamento como uma interpretação da envolvente.

Gama (2005) refere que “os valores do arquitecto” são não só identificáveis na volumetria, implantação e relação dos produtos da construção com a envolvente, mas também no projecto técnico, “directamente ligado aos materiais e às soluções construtivas”. O mesmo autor refere que, sem pôr em causa as opções de base do projecto de arquitectura, é possível, na fase de projecto, adoptar procedimentos que poderão otimizar o desempenho dos edifícios ao longo da sua vida útil, ou seja melhorar a sua durabilidade.

3.5 Conclusões do capítulo

De um ponto de vista do projecto para a durabilidade, seria desejável a existência de uma base de dados completa compilando dados de durabilidade – valores de vida útil, e custos associados ao seu ciclo de vida - disponíveis para todos os componentes utilizados nos processos de construção, existentes em edifícios. No entanto, verifica-se que a informação existente hoje em Portugal se encontra fragmentada. Por outro lado, como o confirma a pesquisa bibliográfica, a informação existente relativamente aos componentes possíveis de se encontrar num edifício não apresenta um grau de desenvolvimento homogéneo.

Mesmo assumindo que componentes tão correntes na tradição construtiva portuguesa, como o revestimento em reboco tradicional ou cerâmico, por exemplo, possam já reunir todas as informações sobre o seu desempenho, é inequívoca a seguinte reflexão: os dados disponíveis são, numa primeira fase, apenas indicadores intrínsecos dos materiais envolvidos. A variabilidade do contexto de aplicação e/ou de projecto de uma solução construtiva, representa alternâncias ao nível da sua funcionalidade; a informação sobre o desempenho de elementos obtida pelo conhecimento, primeiro empírico e depois através de um ciclo repetitivo de ciência e experiência, é explicativa disso mesmo, das suas respostas perante os agentes a eles externos.

Torna-se assim evidente a necessidade de uma compilação de valores de vida útil adaptada às condições portuguesas, que incida nos principais elementos construtivos utilizados. Entenda-se por elementos principais, aqueles que, partindo dos subsistemas, desempenhem uma função hierarquicamente dominante. Imagine-se para isso, o que seria de esperar do desempenho de uma parede, se não fosse conhecido o ciclo de vida do elemento seu revestimento. Neste sentido, há que reunir informação sobre a durabilidade e sobre as respectivas relações de dependência funcional de elementos como: paredes, pavimentos, tectos, portas, janelas e coberturas. Note-se que, apesar das justificações apresentadas ao longo do capítulo, nada garante que sejam estes os elementos determinantes na avaliação de durabilidade de um edifício de habitação, mesmo adaptando os seus componentes à realidade comum em Portugal. Este estudo pode pois ser considerado como um primeiro passo que deverá ser complementado por desenvolvimentos futuros.

O primeiro passo a dar na normalização de valores de vida útil para elementos construtivos é compilar os dados ao nível dos principais elementos e avaliar a viabilidade das suas soluções de tipologias, consoante o desempenho dos componentes específicos que os constituem em contextos particulares de utilização. Assim, os parágrafos seguintes apresentam a síntese das conclusões do capítulo.

A noção de sistema remete para a divisão do edifício em diferentes partes, considerando a sua anatomia e funções com vista à satisfação de determinados requisitos. A ideia de sistema está também associada à relação de fluxos de energia, material ou informação no edifício ou entre este e a sua envolvente.

Do ponto de vista do estudo da durabilidade, a noção de diferentes camadas de durabilidade permite a divisão do edifício em distintas partes, passíveis de serem analisadas individualmente e entre si, ao invés de considerar o edifício como um todo.

Na problemática da análise sistémica, o primeiro desafio é a definição daquilo que justifica a divisão das camadas. Esta noção foi contemplada por diversos autores no sentido de estabelecer determinados raciocínios no entendimento da edificação. Assim, a noção de camadas e níveis proporciona reflexões em termos funcionais e permite entender degradações inesperadas de natureza estética por influência de elementos vizinhos, ao nível da junção entre as diversas partes do edifício.

O segundo desafio passa por considerar este conceito funcional como um critério de projecto. De facto, a concepção arquitectónica e o projecto de arquitectura procuram responder a uma série de exigências aplicáveis aos edifícios, algumas de carácter geral, comuns a todos os edifícios, outras de carácter específico, enunciadas pelo (futuros) utilizadores do edifício. Manter a funcionalidade inicial, tanto ao nível arquitectónico como construtivo, contrariando a enorme diversidade de acções exteriores e de utilização é promover a durabilidade do edifício. Assim, no projecto devem ser considerados princípios de funcionamento, detalhes construtivos, modos de execução, critérios de selecção de materiais que permitam: (a) enfrentar as diversas agressões que o edifício vai sofrendo ao longo da sua vida útil, prevenindo a sua degradação; (b) integrar as várias partes de um edifício definidas por soluções e materiais específicos.

Entende-se que o parâmetro funcional da vida útil permite a compreensão física de diferentes partes constituintes dentro de um sistema que as contemple.

No seguimento das conclusões desta apresentação ao tema dos edifícios de habitação, e seu funcionamento enquanto sistemas de elementos, o próximo capítulo será desenvolvido de modo a tentar “colocar a descoberto” a subjectividade do conceito evolutivo das necessidades / desejos dos utilizadores. Pretende-se perceber a importância que estes dão à qualidade da habitação, de que forma o fazem, e quais as consequências ao nível do desempenho, e portanto durabilidade, dos edifícios. No capítulo 5, coerente com as conclusões do estado da arte, optou-se por uma abordagem macro ao nível do desempenho físico de componentes construtivos, de forma a contribuir para a sistematização da problemática das vidas úteis.

4. Vida útil na óptica do utilizador

4.1 Considerações gerais

Na análise sistémica de elementos da construção, o primeiro desafio consiste na definição e justificação das diferentes camadas de durabilidade, de forma a inserir o conceito funcional como critério de projecto. Considera-se que o critério funcional de desempenho de vida útil está associado a dois grandes grupos de variáveis: (a) o primeiro resulta do entendimento sistémico dos materiais da construção, traduzido nas relações de dependência funcional que as partes constituintes de um edifício verificam entre si; (b) o segundo, objecto deste capítulo, é provavelmente a variável de desempenho / durabilidade menos quantificável pelo investigador, definida pelas mudanças do contexto social. Para avaliar este critério, propõe-se estudar de forma sucinta a evolução nas exigências com a habitação.

Os padrões de qualidade e conforto dos utilizadores dos imóveis evoluem consoante um conjunto de factores, entre eles a situação económica daqueles ou o contexto global, por exemplo. Torna-se por isso necessário perceber o grau de importância que os utilizadores dão às características de qualidade de uma habitação.

Assim, o presente capítulo tem como objectivo estudar a variação das expectativas dos utentes que ocupam o espaço habitacional. Sendo determinantes para a definição do conceito funcional dos edifícios, desenvolve-se um trabalho de campo, através de um inquérito ao utilizador, que identifique as principais expectativas dos utentes do que é viver bem, sob o ponto de vista comparativo da importância das diversas características que definem a qualidade da habitação.

Pretende-se nomeadamente perceber se o utilizador dá mais importância a aspectos como o conforto, tendo a aspiração de viver com mais espaço, ou se prefere definir a sua referência de qualidade da habitação com características de localização e acessibilidade, a título de exemplo.

Assim introduzido, o capítulo da vida útil na óptica do utilizador tem os seguintes objectivos:

- I. definir os aspectos de qualidade (grupos e características) que caracterizam a habitação, apresentando assim o *input* do trabalho de campo – inquérito ao utilizador sobre as características de qualidade de uma habitação após ocupação;
- II. avaliar os aspectos aos quais os utilizadores atribuem maior importância e compilá-los enquanto características da qualidade dos edifícios de habitação; este exercício será realizado também ao nível dos principais grupos que caracterizam a qualidade da habitação.

4.2 Trabalho de campo – Qualidade de uma habitação após ocupação

O trabalho de campo apresentado neste subcapítulo destina-se a perceber como é avaliada a qualidade da habitação pelos utilizadores portugueses após a sua ocupação, na perspectiva de esta ser um bem de consumo imprescindível. A satisfação residencial dos utilizadores é avaliada com o intuito de fornecer indicadores de qualidade da habitação, de forma a integra-los como critérios de projecto. Para tal, elaborou-se um inquérito que lista a escala de importância que os utilizadores atribuem às características geralmente apontadas como definidoras da qualidade da habitação.

4.2.1 Objectivos do trabalho de campo

Este inquérito tem o objectivo directo de fazer um teste de suporte à selecção dos aspectos que definem a qualidade da habitação em Portugal, junto de alguns utilizadores que trabalham maioritariamente na área da construção civil.

O inquérito realizado tem ainda como objectivo o enquadramento dos resultados (expectativas dos utilizadores com a habitação) na vida útil dos elementos construtivos. Os resultados expectáveis passam por filtrar, dentro do universo de aspectos que definem a qualidade, aqueles que representam maior importância para os utilizadores. A ideia é que estes respondam com o necessário espírito comparativo, sensibilizando-os para o facto de não estarem a imaginar a casa ideal, mas sim a estabelecer graus de importância para determinados aspectos que definem a qualidade de um imóvel e sua envolvente.

4.2.2 Metodologia adoptada

O inquérito feito aos utilizadores sobre a qualidade da habitação, apresentado no Anexo 2, é baseado no trabalho de Rodrigues (2009). A autora, em fase de aceitação da proposta – “*Sistema de avaliação pós-ocupacional português*”, estudou os aspectos de qualidade determinantes, ao nível de uma habitação. Para esse efeito dirigiu o seu questionário a 30 utilizadores que habitam no concelho de Viseu. A partir dos resultados do inquérito foram inferidos os aspectos mais importantes que esses utilizadores consideram necessários para atribuir qualidade ao uso diário de uma habitação.

A definição da proposta da autora para Portugal foi conseguida através do levantamento e análise dos aspectos de qualidade identificados nos Sistemas de Avaliação Pós-ocupacionais noutros países e nos Sistemas e Estudos da Qualidade Habitacional realizados em Portugal, incluindo os Métodos de Avaliação de Projecto de Edifícios de Habitação (Rodrigues, 2009).

Através da realização deste inquérito, é possível perceber as diferenças de percepção entre utilizadores, quanto à qualidade dos edifícios de habitação, determinando-se as

prioridades quanto: (a) às prescrições de elementos específicos para situações particulares de envolvimento ou de agregado familiar; (b) ao projecto dos espaços e suas áreas; e (c) ao investimento para determinados sistemas construtivos, de acordo com as necessidades dos utilizadores.

4.2.3 Definição do inquérito ao utilizador

Rodrigues (2009), aquando da sua investigação, definiu a amostra com base no tipo de resultado que pretendia obter, com uma dimensão de 30 utilizadores de diferentes profissões, faixas etárias, freguesia de residência (em Viseu) e tipologia de habitação. Esta definição permitia obter uma representação preliminar dos aspectos que os utilizadores consideravam como mais importantes para a qualidade de ocupação de uma habitação, independentemente da tipologia em que habitavam.

Para o presente inquérito, apenas se considera inquiridos residentes em edifícios do tipo prédios de habitação, por corresponder ao caso de estudo vigente, não existindo qualquer semelhança entre as amostras, exceptuando a dimensão das mesmas.

A classificação é feita através do grau de importância que cada aspecto de qualidade representa para os inquiridos de acordo com a escala apresentada no quadro 4.1. As duas primeiras classificações não representam qualidade na opinião dos utilizadores, ao invés das duas últimas. O grau “3” representa indiferença por parte do utilizador.

Quadro 4.1. Escala de importância do inquérito

Escala de importância	
1 Nada	□□
2 Não muito	■□
3 Sem opinião	■□
4 Talvez	■□
5 Bastante	■□

Esclarecido o âmbito, descreve-se então de seguida o conteúdo de cada um dos grupos que constituem o inquérito, tal como se pode ler do quadro 4.2.

A organização do modelo define catorze grupos e é constituída por diferentes Características de Qualidade (CQ). O grupo inicial de questões dirigidas ao utilizador pretende obter a informação geral sobre o mesmo relativamente à profissão, idade, residência, tipo de habitação em que vive e características da mesma (tipologia e andar). Estas características pessoais apenas servem para balanço e para aumentar as hipóteses de combinações de resultados, pretendendo-se que os utilizadores respondam consoante a importância que dão aos devidos aspectos a que são confrontados. A descrição geral da amostra pode ser consultada no Anexo 3.

Relativamente ao conteúdo propriamente dito, salienta-se o facto de os grupos *Áreas comuns* e *Aparência* verificarem apenas uma característica de qualidade explicativa dos seus âmbitos. A suportar esta decisão, entendeu-se que seria mais benéfico, para o presente

estudo, perceber a importância das áreas comuns relativamente aos outros sistemas de edifícios de habitação, ao invés de quantificar o grau de importância dos seus diferentes elementos. Relativamente à aparência da habitação, conclui-se no estado da arte que esta influencia bastante o estatuto económico e social das mesmas, quando as anomalias se tornam evidentes. Ora, havendo já um grupo de *Aspectos construtivos* no inquérito, considerou-se relevante tratar a aparência da habitação na sua generalidade.

Privacidade, Estacionamento, Mobilidade, Acessibilidade e Sustentabilidade e Ambiente completam os grupos com menos de 5 características. A razão prende-se com a falta de particularização destes grupos relativamente a *Conforto* ou *Espaço envolvente*, por exemplo.

Quadro 4.2. Conteúdo dos grupos de qualidade que constituem o inquérito, adaptado de Rodrigues (2009)

Grupo	Âmbito	CQ	Grupo	Âmbito	CQ
I	Localização Distância aos principais serviços de um espaço urbano	7	VIII	Áreas Comuns Áreas dos espaços e arquitectura das zonas comuns do edifício	1
II	Áreas da Habitação Áreas das principais assoalhadas e possibilidade de divisão de espaços	7	IX	Segurança Segurança contra incêndios e roubo e ao uso normal da habitação	10
III	Funcionalidade dos Espaços Flexibilidade, funcionalidade e interacções de desempenho dos espaços	7	X	Estacionamento Quantidade de estacionamento, distância à entrada do edifício e existência de garagem	4
IV	Conforto Iluminação, térmica, acústica, ventilação e outras características do conforto interior de edifícios	13	XI	Espaço Envolvente Área envolvente, espaços, vias públicas e relação entre habitação e envolvente	12
V	Aspectos Construtivos Soluções construtivas de projecto e estado de degradação em serviço	11	XII	Mobilidade Facilidade e segurança na circulação de peões e rodoviária	3
VI	Privacidade Projecto de arquitectura na disposição dos espaços	3	XIII	Acessibilidade Nível de acessibilidade à habitação	4
VII	Aparência Estética do edificado interior e exterior	1	XIV	Sustentabilidade e Ambiente Características sustentáveis da habitação e relação com o ambiente	3
Legenda: CQ – Característica de Qualidade					

4.2.4 Inquérito de referência

No inquérito realizado por Rodrigues (2009), a análise dos grupos e aspectos de qualidade foi feita por dois conjuntos de classificação: sem importância e pouco importante; importante e muito importante. A autora concluiu que os aspectos menos importantes para o utilizador seriam: (a) a existência de um espaço de refeições separado da sala ou da cozinha; (b) quantidade de estacionamento para visitas e aspectos relacionados com as áreas comuns. Relativamente aos aspectos mais importantes, a análise não é tão individualizada, sendo o resultado da autora uma extensa lista de parâmetros de qualidade, hierarquizados consoante os seus resultados. A classificação é composta por 5 níveis de importância, desde o “Nada importante” até ao “Muito importante”, passando pelo patamar “Importante” (o 3.º numa escala de 1 a 5). Fornecer todas as características que compõem o inquérito, analisadas desta maneira torna difícil e pouco conclusiva a leitura dos resultados.

No presente trabalho, os grupos de qualidade do modelo do inquérito são hierarquizados consoante a importância conferida pelos utilizadores, de maneira a proporcionar as primeiras conclusões, relativamente às diferenças de importância dos vários grupos. Numa análise posterior, faz-se a hierarquia das características de qualidade avaliadas, permitindo verificar se as melhores classificadas pertencem todas aos grupos mais importantes. Uma análise assim conduzida permite verificar a coerência das respostas e retirar as devidas conclusões.

Assim, o modelo do inquérito é adaptado de Rodrigues (2009), no entanto o tratamento dos dados é independente desse estudo, tal como os objectivos inerentes ao seu desenvolvimento.

4.2.5 Dados da amostra

O Anexo 3 sistematiza a informação geral sobre os 31 utilizadores que responderam ao inquérito, verificando-se que 42% da amostra são Engenheiros civis e 71% estão habilitados a trabalhar no ramo da construção, entre Engenheiros Civis e do Ambiente, Arquitectos, Topógrafos, entre outros. Dirigiu-se o inquérito, maioritariamente, a pessoas que exerçam a sua actividade na indústria da construção, de forma a perceber as prioridades daqueles que directamente são responsáveis pela prática do sector.

A idade média da amostra foi de 32 anos. Cerca de 65% dos utilizadores que responderam ao inquérito são do sexo masculino. As restantes características da amostra utilizada estão representadas nos gráficos das figuras seguintes (4.1 e 4.2).

Os dados da amostra permitem a definição do utilizador-tipo que respondeu ao inquérito – engenheiro civil, de 32 anos, do sexo masculino, residente num T3 de um 1.º andar no distrito de Lisboa.

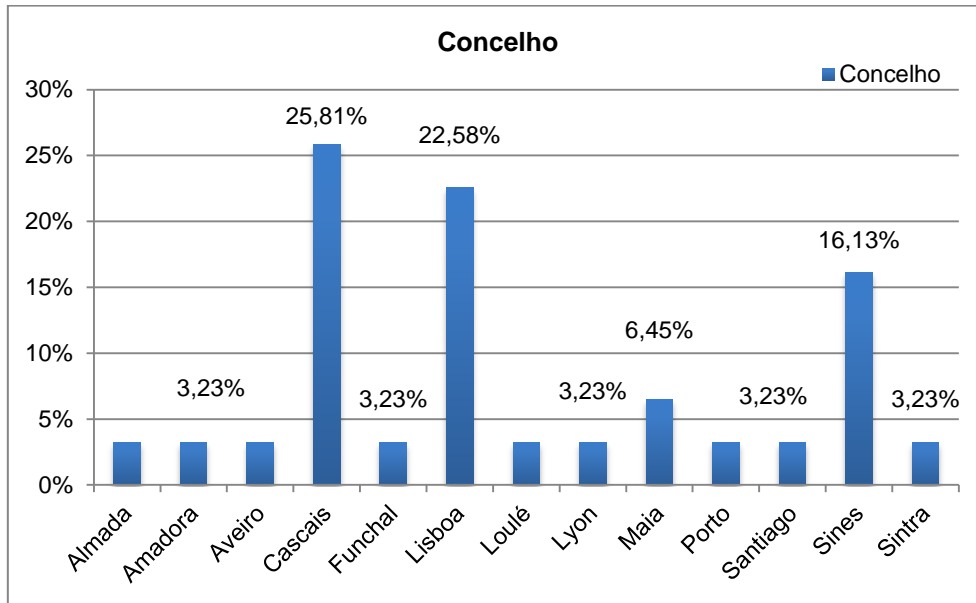


Figura 4.1. Distribuição da amostra de inquiridos por concelho de residência

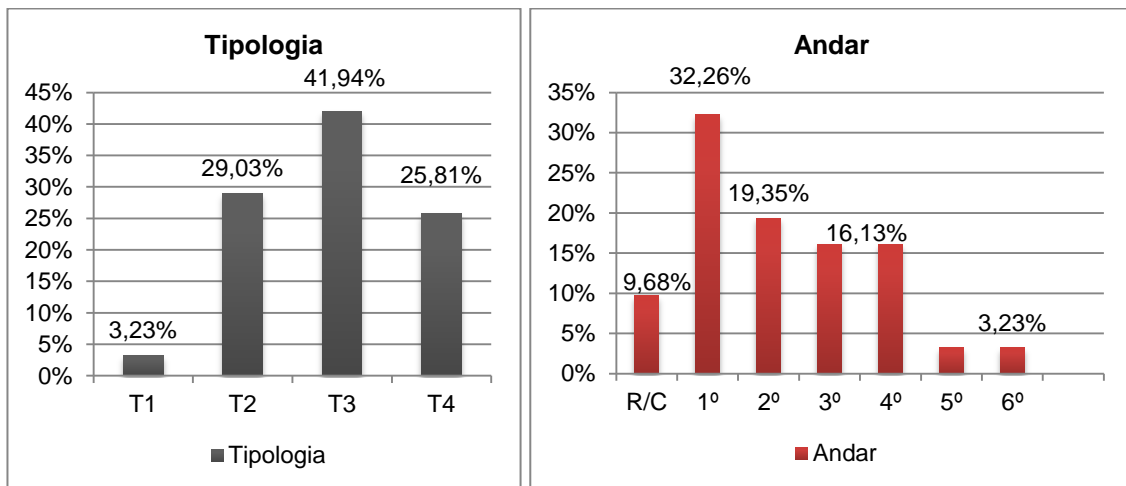


Figura 4.2. Distribuição da amostra de inquiridos por tipologia e andar das suas habitações

4.3 Resultados do inquérito

A compilação completa dos resultados alcançados neste trabalho pode ser observada no Anexo 4, comentando-se apenas neste capítulo aqueles que mais interessam ser esclarecidos.

O quadro 4.3 apresenta os resultados do inquérito por grupo de qualidade. Os valores apresentados representam a média do grau de importância que os utilizadores deram às características de qualidade de cada grupo. A coluna central representa a totalidade da amostra, enquanto os resultados da coluna da direita são referentes aos utilizadores Engenheiros Cíveis inquiridos.

Os resultados alcançados pelo total da amostra sugerem a separação dos grupos de qualidade em três outros grupos, hierarquizados em termos da importância que representam para os utilizadores, de acordo com a sua denominação apresentada no quadro 4.3. A escala de cores representada no quadro suporta esta decisão, tendo-se agregado o *Conforto*, os *Aspectos construtivos*, a *Privacidade*, o *Funcionamento dos espaços* e a *Sustentabilidade e Ambiente* no Grupo A (mais importantes para os utilizadores). Os grupos de qualidade com resultados na escala do amarelo representam o Grupo B e os que incidem no vermelho completam o Grupo C.

Quadro 4.3. Grupos de importância de qualidade

Grupo de importância	Designação
A	Grupos de qualidade de importância alta
B	Grupos de qualidade de importância média
C	Grupos de qualidade de pouca importância

Pela análise dos resultados, é possível observar que os aspectos a que os inquiridos deram menor importância foram: “Estacionamento para visitas” (*Áreas de Habitação*) e “Habitação que permita uma futura expansão ou alteração de espaços” (*Funcionalidade dos Espaços*). Enquanto o primeiro parece ser efectivamente pouco importante para as exigências dos utilizadores, o segundo é, como já foi referido, uma variável de elevada importância na qualidade de uma habitação, na perspectiva do prolongamento da sua vida útil. Assim, não será encarada como representando pouca importância, apesar da desconsideração nas respostas. Mais curioso ainda é o facto do valor do seu índice de importância ter diminuído, quando considerada apenas uma amostra formada por Engenheiros Civis. Esta situação vem provar ainda mais a falta de coerência verificada entre o estado da investigação e a mentalidade do pessoal envolvido na prática da actividade construtiva.

Relativamente ao total da amostra, os Engenheiros Civis deram menor importância à *Localização*, *Privacidade*, *Estacionamento*, *Mobilidade* e *Acessibilidade*. Em todos os outros grupos de qualidade o grau de importância foi superior, tendo-se verificado as maiores subidas nas *Áreas comuns* e *Sustentabilidade e Ambiente*. O resultado mais interessante de verificar é a alteração dos grupos inseridos na escala do “verde”, no quadro 4.4. Para o total da amostra, a *Privacidade* é mais importante que o *Conforto* interior da habitação, situação contrária para a amostra formada apenas pelos Engenheiros Civis.

O quadro 4.5 representa o significado da escala de cores utilizada. Trata-se de uma escala flexível, uma vez que o início de cada cor é determinado pela distribuição dos valores obtidos. Assim, a escala vermelha e verde identificam as piores e melhores médias, respectivamente, dentro dos resultados obtidos.

Quadro 4.4. Resultados por grupo de qualidade

Grupos de qualidade	Média (0-5)	
	Amostra	Eng. Civil
I. Localização	3,80	3,74
II. Áreas de habitação	3,82	3,85
III. Funcionalidade dos espaços	4,12	4,26
IV. Conforto	4,29	4,31
V. Aspectos construtivos	4,49	4,57
VI. Privacidade	4,44	4,28
VII. Aparência	4,16	4,17
VIII. Áreas comuns	4,00	4,25
IX. Segurança	3,85	3,97
X. Estacionamento	4,12	4,10
XI. Espaço envolvente	3,91	3,94
XII. Mobilidade	4,12	4,06
XIII. Acessibilidade	3,65	3,63
XIV. Sustentabilidade e Ambiente	4,16	4,42
Média	4,07	4,11

Quadro 4.5. Significado da escala de cores utilizada

Escala de cores
1,00
2,00
3,00
4,00
5,00

A figura 4.3 apresenta a mesma informação que o quadro 4.4, mas em representação esquemática, sendo mais perceptível o grau de importância de cada grupo de qualidade (ordenados de forma decrescente) e as diferenças entre as duas amostras consideradas. Este último exercício relevou-se de enorme valor, uma vez que permitiu averiguar a importância da *Sustentabilidade e Ambiente* e *Funcionalidade dos Espaços*, imperceptível nos resultados do total da amostra, no entanto, muito valorizados pelos profissionais da área.

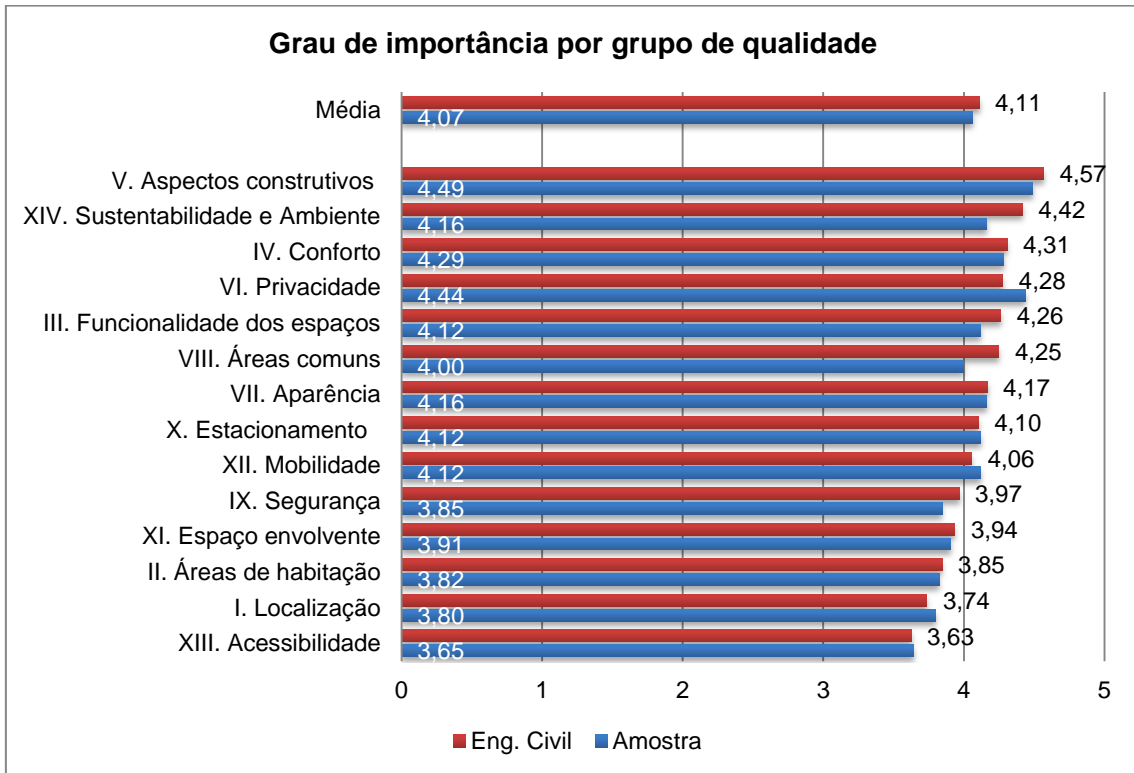


Figura 4.3. Resultados por grupo de qualidade

A figura 4.4 representa a distribuição pelos graus de importância das respostas dos utilizadores inquiridos, tendo-se verificado que 77% dos resultados correspondem aos dois graus mais importantes: 4 (Talvez) e 5 (Bastante). Destes, 41% representam respostas de grau 5. Apenas 9% das respostas não garantem qualquer tipo de importância nas características de qualidade apresentadas – 6% das respostas são de grau 2 e 3% de grau 1. De referir ainda que 14% das respostas revelam uma aparente falta de opinião dos utilizadores.

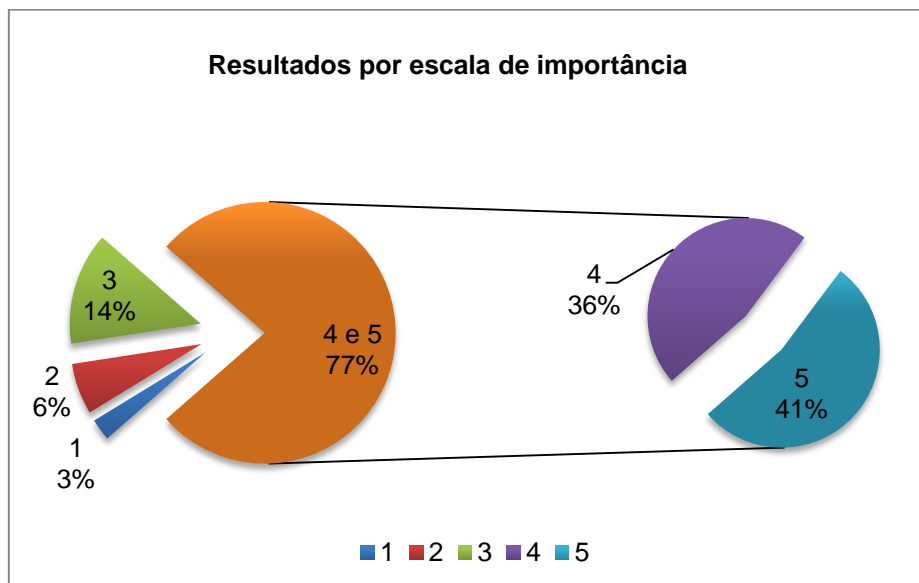


Figura 4.4. Distribuição de resultados por grau de importância

As figuras 4.5 a 4.7 representam a distribuição dos resultados por grau de importância e por grupo de qualidade, separados pela hierarquia de importância já esclarecida. Assim, os gráficos das figuras 4.5, 4.6 e 4.7 representam os grupos A (*Conforto, Aspectos Construtivos e Privacidade*), B e C, respectivamente. Apresentam a sua constituição e as percentagens de respostas de cada grupo de qualidade por cada grau de importância. De forma a comparar a tendência de cada gráfico foram escolhidas linhas polinomiais para todos eles. Como se pode observar na figura 4.5 a *Privacidade* e a *Sustentabilidade e Ambiente* não obtiveram nenhuma resposta de importância 1 para qualquer uma das suas características. Observa-se uma linha de tendência exponencial à medida que se percorre os índices de importância de 1 até 5, coerente com os grupos representados – os mais importantes na óptica do utilizador.

O grupo B é o que apresenta os resultados mais difíceis de explicar. Existem semelhanças entre as percentagens de respostas dos níveis 1-2 e 4-5, notando-se, mais nos dois últimos, um grande salto para a escala de indiferença (nível 3). Resultados tão dispare são aceites pelo exemplo que se coloca: o estacionamento é um dos dois únicos grupos presentes na figura 4.6 que contempla respostas de nível 1; por outro lado, é aquele que adquire mais respostas com o máximo de importância, relativamente aos restantes grupos do grupo B.

Das três tendências polinomiais apresentadas, a que define o grupo C é a mais linear. Se a linha exponencial do grupo A é coerente com a divisão dos grupos de qualidade, a do grupo C também será, justificada pela falta de importância dessas características.

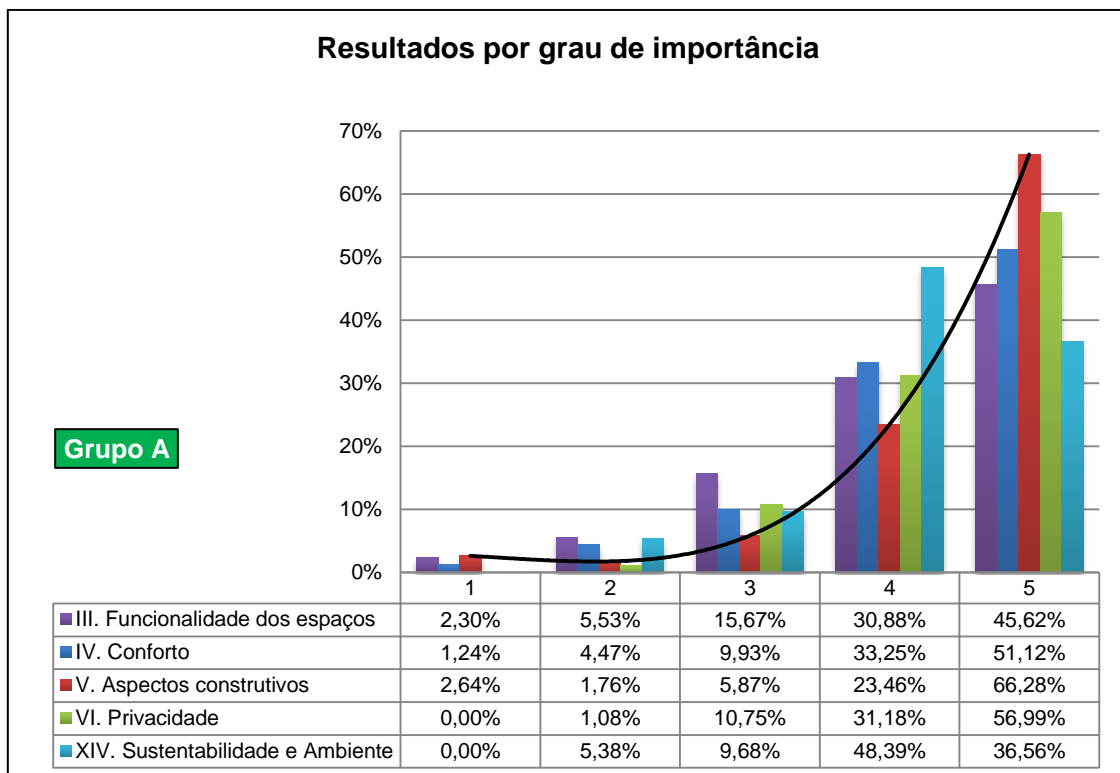


Figura 4.5. Distribuição de resultados do grupo A, por grau de importância

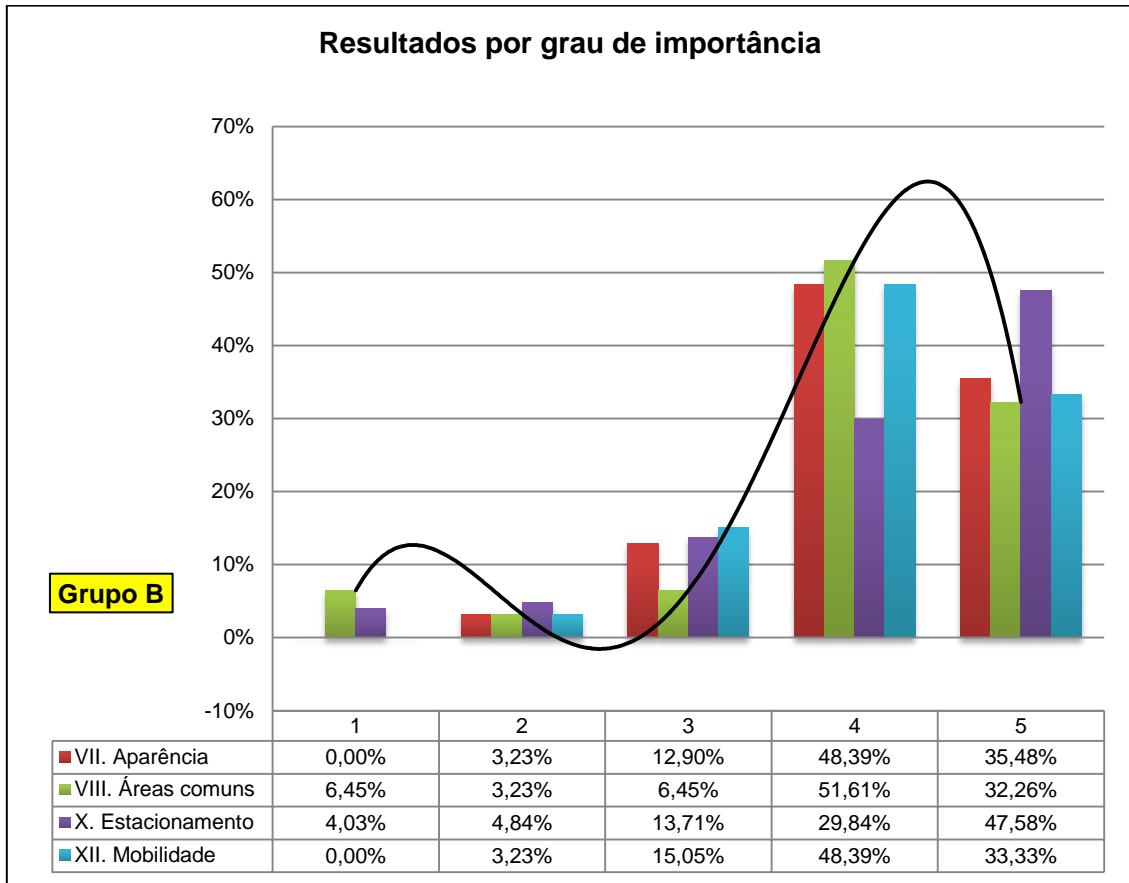


Figura 4.6. Distribuição de resultados do grupo B, por grau de importância

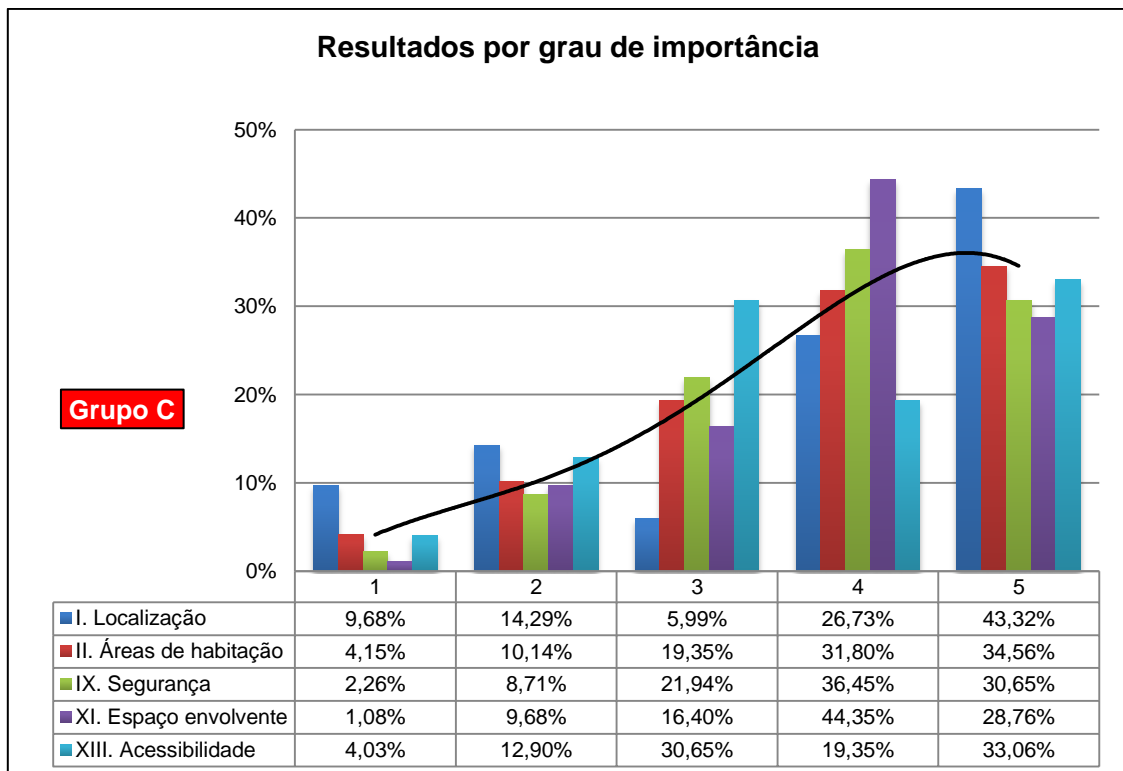


Figura 4.7. Distribuição de resultados do grupo C, por grau de importância

4.4 Características de qualidade de uma habitação

Através dos resultados do inquérito, é possível elaborar um catálogo com as características de qualidade a que os utilizadores de uma habitação conferem maior importância, independentemente da percentagem dos grupos A, B ou C da compilação de resultados anterior, tal como se apresenta no quadro 4.6. A escala de cores utilizada é a mesma que serviu para classificar os grupos de qualidade mais importantes na óptica do utilizador.

As características de qualidade seleccionadas não pertencem todas aos grupos *Conforto*, *Aspectos Construtivos* e *Privacidade* (grupo A), embora representem uma boa amostra desses grupos. Como não poderia deixar de ser, os grupos *Funcionalidade dos Espaços* e *Sustentabilidade e Ambiente* também se encontram representados. As escolhas foram feitas consoante a escala de cores do índice de importância das características de qualidade (Anexo 4). Considerou-se uma média de 4,2 de importância como o início da escala “verde”.

Particularizando ainda mais os melhores resultados, é possível identificar as cinco características mais importantes na perspectiva da qualidade de uma habitação, para a amostra seleccionada. São elas, por ordem decrescente:

1. **(V.1)** – Não existência de manchas de humidade e bolores nas paredes e tectos das cozinhas e casas de banhos;
2. **(V.2)** – Não existência de manchas de humidade nas paredes e tectos nos outros compartimentos;
3. **(V.8)** – Não existência de manchas de humidade ou bolores em paredes e tectos;
4. **(IV.2)** – Janelas que não tenham obstáculos, como paredes e muros, que não permitam a entrada de luz natural;
5. **(IV.4)** – Existência de ventilação natural na cozinha

As características de qualidade, identificadas como mais importantes na óptica do utilizador de uma habitação, servirão para enquadrar o contexto funcional da vida útil de elementos construtivos. Esta análise, a efectuar no capítulo 5, irá utilizar apenas as características de qualidade que estejam associadas aos elementos caso de estudo, filtradas do quadro 4.6. Para o caso de uma parede interior, a área da sala não será associada como característica da sua qualidade, mesmo que influenciando a vida útil funcional da compartimentação interior de um imóvel. Ora, sendo a análise realizada através da dependência funcional do sistema, relativamente às suas partes constituintes, a característica de qualidade supracitada não será compatibilizada no valor de vida útil proposto para o interior de um edifício de habitação. O mesmo raciocínio se aplica às restantes características de qualidade, assim como às partes constituintes dos sistemas caso de estudo.

Quadro 4.6. Características de qualidade de maior importância para os utilizadores

Grupos de qualidade		Características de qualidade		
I. Localização	3,80	I.4	Zona não poluída (linhas de água, redes de alta voltagem, cheiros, etc.)	4,58
		I.5	Zona sem poluição sonora (indústrias, estradas, caminhos de ferro, aeroportos, etc.)	4,35
II. Áreas de habitação	3,82	II.4	Área da sala	4,55
III. Funcionalidade dos espaços	4,12	III.4	Existência de espaço suficiente para abrir e fechar, portas e janelas, uma vez mobilado	4,61
		III.5	Espaço para o mobiliário no quarto permitindo boa circulação	4,45
		III.6	Sequência da bancada de trabalho na cozinha (ex.: preparar, cozinhar, lavar)	4,26
		III.7	Espaço de preparação e confeção de alimentos na cozinha	4,42
IV. Conforto	4,29	IV.1	Dimensão das janelas dos compartimentos principais	4,52
		IV.2	Janelas que não tenham obstáculos, como paredes e muros, que não permitam a entrada de luz natural	4,71
		IV.3	Boas características térmicas da habitação que permitam reduzir ou anular a necessidade de utilização de sistemas de aquecimento ou arrefecimento (ex.: habitação fresca de Verão e quente no Inverno)	4,48
		IV.4	Sistema de aquecimento da sua habitação no Inverno	4,58
		IV.5	Sistema de aquecimento de águas	4,58
		IV.10	Existência de ventilação natural nas casas de banho	4,35
		IV.11	Existência de ventilação natural na cozinha	4,71
		IV.12	Cozinha com boa iluminação	4,45
		IV.13	Sala com boa iluminação	4,68
V. Aspectos construtivos	4,49	V.1	Não existência de manchas de humidade e bolores nas paredes e tectos das cozinhas e casas de banhos	4,81
		V.2	Não existência de manchas de humidade nas paredes e tectos nos outros compartimentos	4,81
		V.3	Não existência de paredes e tectos com descasque de tinta ou de reboco	4,58
		V.4	Não descolagem de revestimentos cerâmico	4,45
		V.5	Não descolagem de rodapé	4,35
		V.6	Não existência de pavimentos de madeira danificado	4,42
		V.7	Não existência de ferrugem ou apodrecimento da caixilharia	4,48
		V.8	Não existência de manchas de humidade ou bolores em paredes e tectos	4,81
		V.9	Não existência de fissuras nas paredes e tectos	4,45
		V.10	Não existência de degraus danificados nas escadas	4,26
VI. Privacidade	4,44	VI.1	Privacidade dentro da sua habitação (zonas privativas separadas das zonas comuns ou que não as utilize para circulação como por exemplo fazer a passagem de um quarto para uma casa de banho sem ter que passar pela sala)	4,68
		VI.2	Privacidade em relação a outras habitações	4,39
		VI.3	Janelas que possuam dispositivos de oclusão (estores, cortinas)	4,26
X. Estacionamento	4,12	X.2	Existência de garagem	4,23
		X.4	Estacionamento seguro	4,23
XI. Espaço envolvente	3,91	XI.4	Vista das janelas livres de obstáculos visuais	4,29
		XI.6	Vantagem solar para a paisagem, calor e luz	4,42
		XI.9	Iluminação artificial nas vias públicas do conjunto habitacional (evita pontos escuros)	4,45
XIV. Sustentabilidade e Ambiente	4,16	XIV.1	Não existência de perdas de calor de modo a aumentar o consumo de energia	4,26
		XIV.3	Habitação com equipamentos e acessórios de baixa energia	4,26

4.5 Conclusões do capítulo

Este estudo, aplicado a uma amostra maior, pode ser representativo da sociedade actual portuguesa, e como tal pode influenciar o mercado habitacional, dado que os promotores / construtores procuram sempre construir segundo as necessidades ou desejos actuais dos utilizadores.

Na vertente das vidas úteis, os resultados são bastante esclarecedores. Conclui-se que, ao pensar em qualidade, o utilizador de uma habitação (ainda para mais se trabalhar na indústria da construção) identifica características de conforto do espaço interior e de estética dos componentes de revestimento dos elementos principais, como paredes, pavimentos ou tectos, antes de se preocupar com questões de mobilidade ou acessibilidade. Esta conclusão é coerente com o que se assumiu no capítulo 3, quando se fez a correspondência da *Envolvente* ao espaço edificado, e terreno envolvente ao edifício, à camada de mudança mais lenta, por ser caracterizada por um conjunto de factores e elementos difíceis de generalizar, e não apenas a durabilidade do edifício ou parte dele.

Os grupos de qualidade mais importantes para os utilizadores foram os que formam o grupo A: (III.) *Funcionalidade dos espaços*; (IV.) *Conforto*; (V.) *Aspectos construtivos*; VI. *Privacidade* e (XIV.) *Sustentabilidade e Ambiente*.

Outra conclusão a retirar é a falta de importância que utilizadores, e neste caso Engenheiros Civis, dão à flexibilidade / adaptabilidade a outros usos do produto final. Este parâmetro é determinante na da vida útil funcional de um edifício, que, ficando limitado a uma estrutura rígida, pode muito bem atingir o fim da sua vida útil precocemente.

Considera-se que o modelo do inquérito proposto cumpriu os objectivos, não só deste capítulo, mas também da sua aplicabilidade na abordagem do presente estudo. A principal razão prende-se com o facto de o modelo ser caracterizado por diversas características de qualidade, associadas a um elevado número de grupos diferentes. Aquilo que empiricamente se verifica é que seria possível aliar parcelas desta amostra de características a todos os elementos construtivos, dos diversos sistemas envolvidos.

Desta maneira, será interessante verificar a distribuição das características de qualidade mais importantes, na opinião dos utilizadores, pelos elementos principais de um edifício de habitação. Esta análise é objecto do capítulo 5 que pretende contextualizar o conceito funcional da vida útil aos valores obtidos por degradação física.

5. Vidas úteis das partes constituintes do *Envelope e Interior* de edifícios de habitação

5.1 Considerações gerais e objectivos

É fundamental o conhecimento, o mais rigoroso e real possível, dos valores de vida útil dos diversos componentes que constituem um edifício. Tal conhecimento representa o ponto de partida para o desenvolvimento das actividades de gestão, manutenção e reabilitação das construções. Permite ainda modelar, com os necessários dados de custos de ciclo de vida, o desempenho económico dos edifícios (não monumentais) – o que se considera como critério de desempenho determinante.

O presente capítulo pretende criar uma compilação que reúna os tempos de vida útil dos partes constituintes considerados como correntes nos sistemas *Envelope e Interior* de edifícios de habitação em Portugal. A sistematização dos valores é concretizada ao nível das tipologias dos componentes construtivos envolvidos.

Este estudo é baseado, numa primeira instância, na informação fornecida por manuais e tabelas de base estatística, com uma definição clara dos períodos de vida expectáveis para a maior parte dos materiais e partes do edifício de menor nível de particularidade, em face de diversas condições operacionais e ambientais, que se podem prever e classificar por antecipação. Sobre esta etapa recai a quase totalidade dos objectivos propostos para este trabalho e da sua realização dependerá o maior ou menor sucesso do mesmo. Os valores de vida útil (física) propostos são calculados pelo somatório do produto dos dados de vida útil, recolhidos por pesquisa bibliográfica, pelos índices multiplicativos associados a cada referência, após a sua classificação.

Numa segunda instância, considera-se que a vida útil dos elementos listados é representada pela vida útil do componente construtivo de maior durabilidade, quando se verificar a presença de mais do que um componente responsável pelo seu desempenho. Nesta perspectiva, assume-se que os componentes de menor vida útil, relativamente à do elemento que constituem, são sujeitos a substituição no decorrer do ciclo de vida desse elemento.

Por fim, avalia-se o parâmetro funcional da vida útil relativamente aos valores da sistematização anterior. Este passo é alcançado pelo enquadramento das expectativas de qualidade dos utilizadores, analisadas no capítulo anterior, sobre os elementos construtivos envolvidos. O índice funcional de cada elemento resulta assim do somatório do grau de importância (0-5) das características de qualidade, mais importantes para os utilizadores, que lhes estejam associadas. Com esta metodologia, a vida útil proposta para os subsistemas caso de estudo (*Fachada, Cobertura, Compartimentação interior e Acessos*) resulta do somatório do

produto da vida útil dos elementos constituintes, pela razão entre o seu índice funcional e o do subsistema em causa.

Para o âmbito do estudo, definiu-se como caso de estudo de partida os componentes construtivos dos sistemas *Envelope* e *Interior*. A justificação desta decisão prende-se com valores, de base estatística, que comprovam claramente ser nestes sistemas a maior incidência de anomalias nos edifícios de habitação (Watt, 1999).

Face ao que foi exposto, o presente capítulo tem os seguintes objectivos:

- I. justificar estatística e empiricamente a escolha do caso de estudo – sistemas *Envelope* e *Interior*, e respectivas partes constituintes, de edifícios de habitação;
- II. caracterizar e classificar as referências utilizadas para a concretização da proposta de vidas úteis de componentes construtivos, através da análise das principais diferenças de abordagem;
- III. sistematizar valores de vida útil física para os componentes e elementos construtivos dos sistemas *Envelope* e *Interior* de edifícios de habitação, nas suas tipologias mais correntes em Portugal;
- IV. avaliar o parâmetro funcional da vida útil associado aos elementos construtivos estudados, traduzido pelas expectativas dos utilizadores, e propor o tempo de serviço dos subsistemas associados ao caso de estudo – *Fachada*, *Cobertura*, *Compartimentação interior* e *Acesso*.

5.2 Selecção do caso de estudo

A figura 5.1 apresenta a incidência de anomalias nos elementos construtivos mais afectados em edifícios de habitação. No gráfico da esquerda, a fonte caracteriza-se por pesquisas bibliográficas efectuadas em Inglaterra. Os dados do gráfico da direita são obtidos pela *Construction Quality Forum* – que construiu uma base de dados sobre as anomalias em edifícios baseada num inquérito aos seus membros, tendo sido efectuados 862 inquéritos, dos quais 303 aplicados a edifícios residenciais. Estes dados, ambos compilados por Watt (1999) permitiram a elaboração do gráfico apresentado na figura 5.2 – onde se utilizam os valores médios dos gráficos da figura 5.1 e se apresentam os resultados da incidência das anomalias nos sistemas construtivos de edifícios de habitação.

Relativamente aos dados apresentados, pode-se concluir ainda que:

- os revestimentos, identificados no gráfico da direita da figura 5.1, são associados aos Sistemas *Envelope* e *Interior*, por falta de referência sobre a sua localização no edificado;

- as representações gráficas anteriores não deixam dúvidas sobre a grande percentagem de incidência de anomalias nos sistemas *Envelope* (52%) e *Interior* (24%).

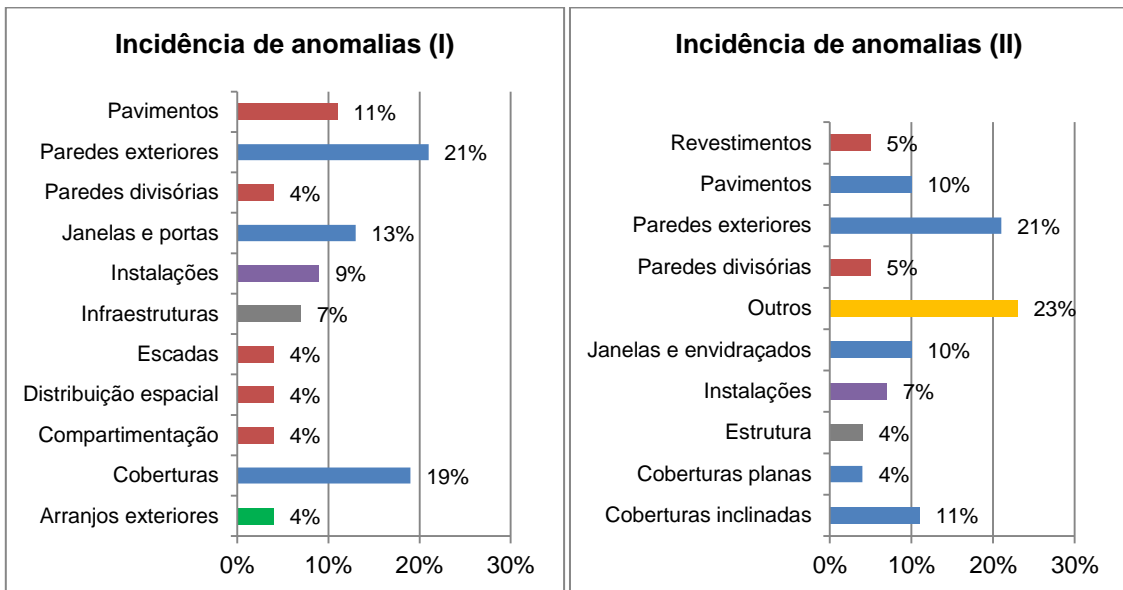


Figura 5.1. Incidência de anomalias por elemento construtivo, numa adaptação de Watt (1999)

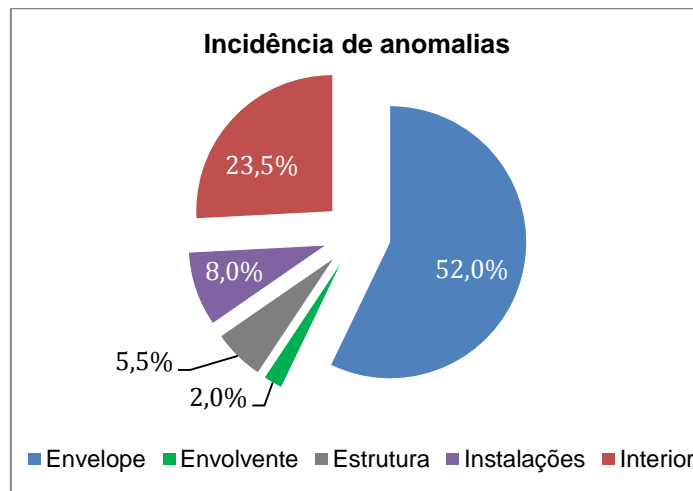


Figura 5.2. Incidência de anomalias por camadas de durabilidade

Os sistemas *Envelope* e *Interior* de um edifício de habitação, parecem ser casos de estudo candidatos, na perspectiva de necessidade prioritária da transposição do estado da investigação para a prática da construção civil.

Como se discutiu no capítulo 3, a escolha de um edifício-tipo de habitação é um exercício complexo e difícil de individualizar no contexto da cultura portuguesa. Desta maneira, os elementos construtivos que caracterizam os sistemas em causa são relativos a edifícios de habitação, com estrutura em betão de armado (construídos após 1950). A escolha dos componentes construtivos foi feita de forma empírica, pela frequência da sua ocorrência em

edifícios de habitação em Portugal. No que respeita às tipologias dos componentes, a selecção foi feita com maior rigor: listaram-se aquelas que mais frequentemente se observam na cidade de Lisboa, dentro das opções das referências utilizadas para listar vidas úteis.

Os quadros 5.1 e 5.2 apresentam, respectivamente, os componentes construtivos dos sistemas *Envelope* e *Interior*, utilizados no âmbito do presente estudo. Apresentam-se igualmente as tipologias mais correntes dos componentes que justificam a durabilidade dos elementos principais, em edifícios de habitação com estrutura em betão armado e paredes exteriores de alvenaria de tijolo. Alguns elementos apresentam apenas um componente construtivo, por ser o único responsável (determinante) pela durabilidade do sistema.

Quadro 5.1. Componentes construtivos do *Envelope* de um edifício de habitação

Ref. No.	Elemento construtivo	Ref. No.	Tipologia do Componente
1	Envelope - Fachada		
1.1	Paredes exteriores	1.1.1	Alvenaria de tijolo (suporte)
		1.1.2	Blocos de betão (suporte)
		1.1.3	Revestimento de Reboco + Estuque
		1.1.4	Revestimento cerâmico
		1.1.5	Revestimento de pintura
1.2	Varandas e vãos	1.2.1	Betão pré-fabricado
		1.2.2	Impermeabilização (betão)
1.3	Guarda-corpos	1.3.1	Ferro pintado
		1.3.2	Alumínio
		1.3.3	Betão pré-fabricado
		1.3.4	Painéis de vidro com aço / metal
1.4	Janelas	1.4.1	Envidraçado
		1.4.2	C/ Caixilho de madeira (<i>softwood</i>)
		1.4.3	C/ Caixilhos de alumínio
		1.4.4	C/ Caixilhos de vinil
		1.4.5	C/ Caixilhos metálico de correr
1.5	Portas exteriores	1.5.1	Portas de correr de vidro e metal
		1.5.2	Madeira/ Compósito
1.6	Tubos de queda	1.6.1	Alumínio
		1.6.2	PVC
2	Envelope - Cobertura		
2.1	Cobertura convencional	2.1.1	Betume modificado
		2.1.2	Camadas de cobertura
		2.1.3	Monocamada
2.2	Cobertura invertida	2.2.1	Betume modificado
		2.2.2	Camadas de cobertura
		2.2.3	Monocamada
2.3	Parapeitos	2.3.1	Betão
2.4	Tela asfáltica	2.4.1	Com folha de alumínio
2.5	Terraço	2.5.1	Deck de madeira
		2.5.2	Deck de betão
2.6	Caleiras	2.6.1	Alumínio
		2.6.2	PVC

Quadro 5.2. Componentes construtivos do *Interior* de um edifício de habitação

Ref. No.	Elemento construtivo	Ref. No.	Tipologia do Componente
3	Interior - Compartimentação		
3.1	Tectos	3.1.1	Betão pintado
		3.1.2	Betão estucado
		3.1.3	Tecto falso
3.2	Paredes interiores	3.2.1	Revestimento cerâmico
		3.2.2	Pintura
		3.2.3	Divisórias leves
		3.2.4	Revestimento cerâmico (azulejo)
		3.2.5	Folheado de pedra
3.3	Pavimentos	3.3.1	Rodapés de madeira
		3.3.2	Revestimento cerâmico - GL
		3.3.3	Revestimento cerâmico - UGL
		3.3.4	<i>Engineering wood</i>
		3.3.5	Carpete
		3.3.6	Vinil
		3.3.7	Linóleo
		3.3.8	<i>Parquet</i>
3.4	Portas interiores	3.4.1	Compósito
		3.4.2	Madeira
4	Interior - Acessos		
4.1	Tectos	4.1.1	Pintura (betão)
		4.1.2	Estucado (betão)
		4.1.3	Tecto falso
4.2	Paredes interiores	4.2.1	Revestimento cerâmico
		4.2.2	Pintura
4.3	Pavimentos	4.3.1	Betão
		4.3.2	Linóleo
		4.3.3	Vinil
4.4	Degraus de escada	4.4.1	Betão
4.5	Corrimãos de escada	4.5.1	Ferro pintado
4.6	Portas interiores	4.6.1	Chapas metálicas
4.7	Elevadores	4.7.1	Compartimento de elevação
		4.7.2	Motor
		4.7.3	Equipamento eléctrico
		4.7.4	Estrutura de cabos
		4.7.5	Revestimento do compartimento

5.3 Vidas úteis de componentes nos sistemas *Envelope* e *Interior*

Neste subcapítulo, apresenta-se a compilação de valores de vida útil (física) para os componentes construtivos já seleccionados e justificados. Para tal, apenas serão utilizadas referências bibliográficas que sistematizem valores de vida útil sob o tipo de manuais ou

tabelas, excluindo-se autores cujo objecto de trabalho tenha sido a previsão da vida útil de um componente construtivo específico.

Este será o principal resultado do presente trabalho, sendo que a sua apresentação é acompanhada pela caracterização das respectivas referências, seus pressupostos de abordagem e diferenças que verifiquem.

5.3.1 Referências bibliográficas

Os pontos seguintes têm como objectivo apresentar e caracterizar os estudos das referências utilizadas na sistematização de valores de vida útil para sistemas construtivos de edifícios de habitação.

A análise comparativa das abordagens de referência – pressupostos defendidos e origem dos dados – é determinante para o sucesso do trabalho vigente, uma vez que as vidas úteis propostas baseiam-se em médias ponderadas dos valores sistematizados, calculadas por índices multiplicativos, sendo estes atribuídos consoante a fiabilidade das fontes. O quadro 5.3 identifica as referências utilizadas neste estudo.

Quadro 5.3. Quadro resumo das referências utilizadas para a compilação das vidas úteis

Ref.:	Fonte:
Ref.1	<i>Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC, 2001)</i>
Ref.2	<i>Ontario Housing Corporation (OHC)</i>
Ref.3	<i>National Association of Home Builders (NAHB, 2007)</i>
Ref.4	<i>Cost "Modelling" Limited (CML)</i>
Ref.5	<i>Housing Association Performance Management (HAPM, 1999)</i>

5.3.1.1 CMHC – *Canada Mortgage and Housing Corporation (2001)*

A primeira referência utilizada resulta de um estudo no Canadá para determinar a vida útil dos elementos de edifícios de habitação residenciais e possíveis implicações para a sua substituição. Neste estudo, foram consultados profissionais da área para a obtenção da vida útil, em mais de 230 componentes presentes em edifícios de apartamentos de mais de 5 andares. Foi ainda seleccionado um edificio modelo para a obtenção da duração mínima, média e máxima da vida útil.

Em 2001, a CMHC (2001) publicou o projecto – *Service Life of Multi-Unit Residential Building Elements and Equipment*, com os seguintes pressupostos:

- a manutenção de sistemas construtivos em edifícios de habitação requer, ao longo da sua vida útil, um investimento significativo dos proprietários;
- é limitada a quantidade de informação disponível para o suporte dos proprietários na antecipação do desempenho dos elementos construtivos, relativamente à sua qualidade, uso e tempo de serviço.

Os objectivos do projecto foram:

- reunir informações reais para a determinação da vida útil de elementos-chave em edifícios de habitação;
- identificar os principais factores que afectam o ciclo de vida dos componentes, baseando o raciocínio no método dos factores;
- demonstrar que um investimento anual para o planeamento da vida útil admite vários cenários;
- desenvolver uma ferramenta prática que auxilie os proprietários de edifícios no planeamento da vida útil das partes constituintes.

Uma parte essencial do projecto consistiu na compilação de dados de vida útil de componentes construtivos de edifícios de habitação. Para isso, participaram neste estudo 54 pessoas envolvidas na indústria da construção habitacional dos sectores públicos, privados e não lucrativos, que responderam a dois questionários, assim processados:

- no primeiro, os entrevistados introduzem estimativas de valores de vida útil mínima e máxima para os elementos construtivos listados, segundo a sua opinião e experiência, e seleccionam os factores que consideram ser justificativos da perda de desempenho.
- no segundo, as médias do 1º questionário circulam pelos mesmos entrevistados, que são “convidados” a comparar as suas primeiras respostas com as médias obtidas, tendo a possibilidade de ajustar essas mesmas respostas.

A segunda parte do projecto determina e compila valores de vida útil para elementos construtivos de edifícios de habitação identificados no estudo. Paralelamente é feita uma comparação desses valores com os desenvolvidos pela *Ontario Housing Corporation* (OHC).

Os resultados são compostos pelos valores de vida útil dos elementos construtivos, acompanhados pelos factores com eles relacionados. A vida útil média foi dividida em 3 categorias: abaixo da média, na média e acima desta. Estes intervalos são particularmente úteis para os profissionais da área na estimativa dos custos de ciclo de vida, pois permitem ajustar as metodologias à situação real verificada em campo.

A parte final do projecto consistiu em realizar uma análise financeira para o planeamento da vida útil determinada, objecto que sai fora do âmbito deste trabalho.

O quadro 5.4 apresenta dois exemplos de elementos específicos (com a indicação do tipo de material empregue ou solução construtiva associada) apresentados aos entrevistados aquando do 1º questionário. No quadro 5.5 é possível verificar as alterações ao formato do 2º questionário. O quadro 5.6 apresenta um excerto dos resultados do estudo e da comparação com as tabelas OHC.

Quadro 5.4. Excerto do 1º questionário, traduzido de CMHC (2001)

Ref. No.	Elemento construtivo	Tipologia do componente	A sua opinião de VU estimada.			Sem opinião	A sua opinião dos 2 factores mais importantes na afectação da vida útil de uma parte constituinte de um edifício. (Ref. Lista)								Sem opinião
				a			A	B	C	D	E	F	G	H	
2.4	Parede exterior	Estuque		a			A	B	C	D	E	F	G	H	
2.5	Varanda	Betão		a			A	B	C	D	E	F	G	H	

Factores de afectação da vida útil

A = Projecto de materiais
 B = Qualidade de materiais
 C = Execução e mão-de-obra
 D = Conhecimento & Experiência do pessoal envolvido na construção

E = Clima/Exposição a condições atmosféricas
 F = Manutenção regular e reparação
 G = Características de ocupação (Utilizadores)
 H = Outros factores

Quadro 5.5. Excerto do 2º questionário, traduzido de CMHC (2001)

Ref. No.	Elemento construtivo	Tipologia do componente	A sua opinião de VU estimada.			Média do inquérito de opinião da estimativa da VU.			A sua opinião revista de VU estimada. Sem alteração, marque “-”			A sua opinião dos 2 factores mais importantes na afectação da vida útil de uma parte constituinte de um edifício. (Ref. Lista). Sem alteração, marque “-”					
				a			a			a		A sua opinião		Top 2 das escolhas do inquérito		Opinião revista	
2.4	Parede exterior	Estuque		a		17	a	26		a		A	B	C	D	E	F
2.5	Varanda	Betão		a		23	a	32		a		A	B	C	D	E	F

Factors affecting length of service life

A = Projecto de materiais
 B = Qualidade de materiais
 C = Execução e mão-de-obra
 D = Conhecimento & Experiência do pessoal envolvido na construção

E = Clima/Exposição a condições atmosféricas
 F = Manutenção regular e reparação
 G = Características de ocupação (Utilizadores)
 H = Outros factores

Quadro 5.6. Excerto dos resultados do estudo e da comparação com as tabelas OHC, traduzido de CMHC (2001)

Ref. No.	Elemento construtivo	Tipologia do componente	Vida útil mínima	Vida útil média	Vida útil máxima	Vida útil proposta por OHC
2.4	Parede exterior	Estuque	17	25	21	20
2.5	Varanda	Betão	21	29	25	n/a

5.3.1.2 OHC – Ontario Housing Corporation

O estudo levado a cabo pela *Ontario Housing Corporation* não foi consultado na íntegra. Como se referiu, os dados alcançados por esta entidade foram obtidos através da

publicação *Service Life of Multi-Unit Residential Building Elements and Equipments*, usados pela CMHC (2001) para comparar os seus valores com valores médios em condições normais de utilização. Tal necessidade surgiu do método de determinação das vidas úteis aplicado pela CMHC, através de formulários.

Os valores de vida útil indicados pela OHC não pretendem ser específicos de materiais empregues nem de quaisquer outras condições de projecto ou de serviço. São valores obtidos através da consideração do elemento / componente em causa, sem grande variação por qualquer decisão tomada no seu projecto.

5.3.1.3 NAHB – *National Association of Home Builders (2007)*

O centro de pesquisa Americana NAHB (2007) – *National Association of Home Builders*, desenvolveu e publicou o estudo *Life Expectancy of Housing Components*, cujas estimativas de vida útil foram baseadas em pesquisas de fabricantes, associações comerciais e representantes de produtos e marcas.

Como todos os autores de publicações neste âmbito, a NAHB admite que são muitos os factores que afectam a vida útil dos componentes de edifícios de habitação, sendo necessário considerá-los na tomada de decisões de projecto e de substituição das partes constituintes de edifícios. De facto, associadas aos componentes construtivos, levantam-se questões sobre a qualidade dos materiais empregues e das soluções construtivas, o nível de manutenção, as condições climatéricas e climáticas, a intensidade do seu uso, entre outras. Por fim, alguns componentes tornam-se obsoletos em períodos precoces do seu ciclo de vida, mesmo que verifiquem um bom desempenho noutros domínios. Este fenómeno pode ser justificado por alterações nos conceitos gosto e moda dos utilizadores, ou nas referências tecnológicas da sociedade (NAHB, 2007).

5.3.1.4 CML – *Cost “Modelling” Limited*

A *Cost modelling Limited* foi criada em 2002 para desenvolver *software* de modelação de custos de ciclo de vida de elementos construtivos em edifícios britânicos. Não foi possível, por falta de informação, aceder aos pressupostos do seu estudo, assim como a origem dos valores fornecidos para a vida útil dos componentes construtivos.

5.3.1.5 HAPM – *Housing Association Performance Management (1999)*

A HAPM – *Housing Association Property Mutual*, encomendou o *Component Life Manual CR-Rom*, cuja escrita ficou a cargo da *Construction Audit Limited*. Este manual é um dos mais reconhecidos no âmbito das vidas úteis de elementos construtivos de edifícios. Esta publicação foi a primeira a fornecer a vida útil de uma vasta gama de componentes de edifícios, classificados dentro do conceito de qualidade. A principal característica destas tabelas reside

no facto de não pretenderem ser prescritivas, mas sim indicativas do intervalo de referência de durabilidade. Parte integrante e inovadora da estrutura do manual é uma abordagem orientada para a prevenção (HAPM, 1999).

A utilização do manual é expedita. A sua estrutura é composta por sete grupos principais de componentes, consoante a utilização dos mesmos. Dentro de cada grupo, existe uma grande quantidade de tipologias de componentes, diferenciadas ao nível dos materiais. A particularização não fica por aqui, uma vez que até o mesmo material pode ter diferentes composições, arranjos ou concentrações de matéria. É a este nível que se atribui uma gama de valores de vida útil, partindo-se do princípio que se verificam uma utilização, manutenção e condições de exposição normais. O sistema de codificação encontra-se apresentado no quadro 5.7. A acompanhar cada tipologia de componentes pode haver ainda referência à periodicidade de manutenção, factores de ajustamento e pressupostos (HAPM, 1999).

É importante interpretar este manual de forma correcta. O objectivo não é limitar as escolhas de projecto disponíveis para os construtores ou arquitectos. Escolher um componente de menor vida útil até pode ser a melhor solução para determinado sistema construtivo, em que seja mais importante garantir o acesso à manutenção ou substituição das suas partes constituintes, do que garantir uma longevidade muito grande que certamente não será cumprida, por obsolescência ou perda de desempenho funcional, por exemplo.

Quadro 5.7. Funcionamento do manual, traduzido de HAPM (1999)

	Estrutura	Localização	Factores de ajustamento
1. Componentes de pavimentação 2. Paredes e componentes de revestimento 3. Componentes de cobertura 4. Portas, janelas e componentes de carpintaria 5. Componentes de equipamentos mecânicos 6. Componentes de equipamento eléctrico 7. Trabalhos exteriores e <i>Outbuilding</i>	Código: A = +35 anos; B = 35 anos; C = 30 anos; D = 25 anos; E = 20 anos; F = 15 anos; G = 10 anos; H = +5anos; U = O componente não está de acordo com as normas britânicas, é inadequado para o fim específico ou não há informação suficiente para considerar um valor de vida útil. A primeira instância de cada codificação é numerada com 1, a segunda com 2 e assim sucessivamente, de forma a se obter códigos exclusivos dentro de cada subtipo.	Quando a vida útil de determinado componente não é afectada pela sua localização no edifício, é descrita como <i>geral</i> .	A classificação dos componentes com uma vida útil de referência pode ser afectada por determinadas condições locais, tais como: ambientais, de poluição, entre outras, para as quais são indicados factores de ajustamento.

Na atribuição de um valor de vida útil aos componentes construtivos, existem certos pressupostos gerais, além dos pressupostos específicos que dizem respeito a componentes específicos. Os pressupostos gerais incluem a instalação de acordo com as instruções dos fabricantes, boas práticas normalizadas ou o recurso a arranjos sistémicos adequados, por exemplo. A incapacidade de manutenção adequada de certos componentes, por exemplo coberturas, pode resultar em perda de desempenho prematuro de outros componentes, à partida ao abrigo da cobertura. É aqui que se destaca o protagonismo das relações de dependência funcional no desempenho de um edifício, encarado como um sistema de

elementos. Para garantir que estas interfaces de durabilidade não respondem pela vida útil de uma parte constituinte, o planeamento do ciclo de vida deve ser cuidadosamente respeitado, neste caso ao nível da manutenção e substituição de elementos / componentes (HAPM, 1999).

No Anexo 5 é representado um excerto do manual, em que se pode observar a indicação da secção – *Flooring components*, as tipologias a avaliar – *Web joists* e *Laminated veneer lumber*, as tipologias mais particulares e o nível de manutenção a elas exigido, os factores de ajustamento e pressupostos.

5.3.2 Análise das diferenças de abordagem

Não havendo qualquer referência sobre a origem dos valores de vida útil que estão na base do estudo da **CML**, optou-se por não o considerar relativamente aos outros. Outro factor que levou a esta decisão, prende-se com o facto de os valores serem demasiado díspares relativamente aos apresentados pelas restantes referências, para os mesmos componentes construtivos. De igual modo, também se desconhece a fonte da OHC, utilizada como suporte ao estudo da **CMHC**. Os valores obtidos são entendidos como referência, sem variações de contexto de aplicação ou serviço.

As três melhores referências, em termos de origem de valores e pressupostos da sua atribuição, são a **NAHB**, **HAPM**, **CMHC**. A classificação é justificada pela origem dos valores e proporciona factores multiplicativos, quantificando assim a fiabilidade das referências bibliográficas (quadro 5.8).

Quadro 5.8. Diferenças de abordagem das referências utilizadas

Ref.	Origem dos valores	Condicionamentos
CMHC	54 profissionais da área	Sem recurso a estimativas teóricas
OHC	Desconhecida	Não aplicável
NAHB	Fabricantes, associações comerciais e representantes de produtos e marcas	Formato do inquérito desconhecido
CML	Desconhecida	Não aplicável
HAPM	Abordagem orientada para a prevenção: valores conformes com o sistema normativo inglês.	Tabelas não prescritivas, mas indicativas do intervalo de referência de durabilidade

5.3.2.1 Classificação – índices multiplicativos

Neste trabalho, o valor de vida útil proposto para um componente construtivo é calculado através de uma média ponderada dos valores apresentados nas cinco referências bibliográficas, consoante a sua classificação.

A ponderação inicial das referências, definida qualitativamente pela classificação do ponto anterior, é arbitrada em termos quantitativos, segundo a avaliação representada no quadro 5.9.

O objectivo do quadro 5.9 é atribuir índices multiplicativos (**IM**) às referências bibliográficas utilizadas. Este processo é realizado através da origem dos valores das referências e do número de componentes caso de estudo avaliados, numa proporção de 2 para 1, respectivamente. Tal ponderação é justificada por não se atribuir a mesma importância no número de componentes avaliados, relativamente à fiabilidade da fonte dos valores.

Relativamente à origem dos valores, o quadro 5.9 apresenta a classificação quantitativa das referências. São atribuídos valores de 5 a 1 (por corresponder ao número de referências), por ordem decrescente de classificação, tendo por base as diferenças de abordagem do ponto anterior. A distribuição dessa classificação (numa amostra de 12 pontos atribuídos), permite apresentar os respectivos índices (I_{val}).

O índice correspondente ao número de componentes avaliados (I_{comp}) é calculado através do mesmo raciocínio, no entanto, pela existência de dados concretos, não é necessário o recurso a um *ranking* classificativo como ponto de partida da análise.

A classificação da penúltima coluna (I_{total}) é calcula através da equação 5.1. O ajuste desses valores, com base nos condicionamentos das abordagens bibliográficas, permite obter os índices multiplicativos das referências (**IM**).

$$I_{total} = \frac{2 \times I_{val} + I_{comp}}{3} \quad (5.1)$$

Quadro 5.9. Classificação das referências bibliográficas – Índices multiplicativos (IM)

Ref.	Origem dos valores		Número de componentes avaliados			I_{total}	IM
	<i>Ranking</i>	I_{val}	N.º	I_{comp}			
CMHC	3	0,25	52	78,79%	0,29	0,26	0,25
OHC	n/a	0,00	33	50,00%	0,18	0,06	0,05
NAHB	4	0,33	27	40,91%	0,15	0,27	0,30
CML	n/a	0,00	21	31,82%	0,12	0,04	0,05
HAPM	5	0,42	46	69,70%	0,26	0,36	0,35
Σ	12	1,00	66 ¹²	-	1,00	1,00	1,00

Relativamente ao quadro 5.10, os valores da segunda coluna (combinação 1) representam a ponderação inicial entre as referências utilizadas (IM_{ref}), quando todas elas atribuem um valor de vida útil para o mesmo componente construtivo.

Tal como se esperaria em termos de probabilidade, a pesquisa bibliográfica não iria conseguir reunir valores de todas as referências para todos os componentes envolvidos na sistematização de vidas úteis. Sendo assim, todas as outras colunas modelam a distribuição do(s) índice(s) multiplicativo(s) em falta pelos restantes que atribuem valores a um mesmo

¹² Total da amostra de componentes construtivos avaliados.

componente, respeitando sempre a ponderação inicial e garantindo que o somatório dos índices multiplicativos é igual à unidade.

A distribuição mantém sempre a ponderação inicial, sendo apresentadas todas as combinações possíveis entre as cinco referências. As cruces (X) significam que as referências correspondentes não participam na avaliação da vida útil de determinado componente construtivo. Os valores dos índices multiplicativos das referências, para qualquer combinação entre as 5, são calculados através da equação 5.2.

$$IM_i = IM_{ref} + \frac{IM_{ref,i} \times \sum_j IM_j}{\sum_z IM_z} \quad (5.2)$$

Ou seja, para qualquer combinação de referências na avaliação de um componente construtivo, os índices multiplicativos das referências presentes são ajustados pela contribuição do(s) índice(s) das referências que não atribuem valor a esse componente, à escala da ponderação inicial. Os valores ajustados que constituem o corpo do quadro 5.10 representam o parâmetro IM_i da equação 5.2.

Relativamente à equação anterior, fazem-se os seguintes comentários:

- o índice *i* representa a referência bibliográfica alvo de ajustamento do índice multiplicativo;
- o índice *j* representa a(s) referência(s) bibliográfica(s) ausente(s) na combinação relativa a *i*.
- o índice *z* representa o somatório das referências bibliográficas presentes na combinação relativa a *i*.

Quadro 5.10. Combinações dos índices multiplicativos das referências de vida útil

Comb / Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CMHC		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
OHC			X				X	X	X	X	X	X	X
NAHB				x						X	X		X
CML					X			X		X	X		
HAPM						x			X		X		
$\sum_z IM_z$	1,00	0,75	0,70	0,45	0,70	0,40	0,40	0,65	0,35	0,35	0,00	0,95	0,65
CMHC	0,250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,263	0,385
OHC	0,050	0,067	-	0,111	0,071	0,125	-	-	-	-	-	-	-
NAHB	0,300	0,400	0,429	-	0,429	0,750	-	0,462	0,857	-	-	0,316	-
CML	0,050	0,067	0,071	0,111	-	0,125	0,125	-	0,143	-	-	0,053	0,077
HAPM	0,350	0,467	0,500	0,778	0,500	-	0,875	0,538	-	1,000	-	0,368	0,538

Quadro 5.10. Combinações dos índices multiplicativos das referências de vida útil (continuação)

Comb / Ref.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
CMHC													
OHC	X	X	X	X	X								X
NAHB			X	X	X	X	X	X	X				
CML	X		X		X		X		X	X	X		X
HAPM		X		X	X			X	X		X	X	X
$\sum_z IM_z$	0,90	0,60	0,60	0,30	0,25	0,70	0,65	0,35	0,30	0,95	0,60	0,65	0,55
CMHC	0,278	0,417	0,417	0,833	1,000	0,357	0,385	0,714	0,833	0,263	0,417	0,385	0,455
OHC	-	-	-	-	-	0,071	0,077	0,143	0,167	0,053	0,083	0,077	-
NAHB	0,333	0,500	-	-	-	-	-	-	-	0,316	0,500	0,462	0,545
CML	-	0,083	-	0,167	-	0,071	-	0,143	-	-	-	0,077	-
HAPM	0,389	-	0,583	-	-	0,500	0,538	-	-	0,368	-	-	-

5.3.3 Sistematização de valores de vida útil física de componentes

No quadro 5.11, apresenta-se a legenda dos quadros de sistematização de valores de vida útil (quadros 5.12 a 5.15), para uma melhor compreensão dos métodos e respectivos resultados. Estes quadros apresentam a sistematização de valores de vida útil para os componentes construtivos do caso de estudo, por consulta das cinco referências identificadas, caracterizadas e classificadas, para a *Fachada*, *Cobertura*, *Compartimentação interior* e *Acessos*, respectivamente. Para cada componente identificado, o Valor de Vida útil Proposto (VU_{comp}) é calculado através da média ponderada dos valores atribuídos pelas referências (de 1 até 5), de acordo com a equação 5.3. Os índices multiplicativos podem ser consultados do quadro 5.10 do ponto anterior, para qualquer combinação de referências envolvidas.

Quadro 5.11. Legenda da sistematização de valores de vida útil de componentes e elementos.

Ref. 1	<i>CMHC</i>	VU,máx.	Valor máximo da vida útil (consultado)
Ref. 2	<i>OHC</i>	VU_i	Vida útil consultada
Ref. 3	<i>NAHB</i>	IM_i	Índice multiplicativo
Ref. 4	<i>CML</i>	VU,med	Vida útil média (referências)
Ref. 5	<i>HAPM</i>	VU_{comp}	Vida útil proposta para componente construtivo
VU,min.	Valor mínimo da vida útil (consultado)	10	10+ (vida útil superior a 10 anos)

$$VU_{comp} = \sum_i VU_i \times IM_i \quad (5.3)$$

Quadro 5.12. Sistematização de valores de vida útil de componentes do sistema *Envelope* (Fachada)

Ref. No.	Elemento construtivo	Ref. No.	Tipologia do componente	Vida útil													
				Ref. 1				Ref. 2		Ref. 3		Ref. 4		Ref. 5		VU med	VU _{comp}
				VU,min.	VU ₁	VU,máx.	IM ₁	VU ₂	IM ₂	VU ₃	IM ₃	VU ₄	IM ₄	VU ₅	IM ₅		
1	Envelope – Fachada																
1.1	Paredes exteriores																
		1.1.1	Alvenaria de tijolo (suporte)	27	35	42	0,250	20	0,050	100	0,300	86	0,050	35	0,350	35	56
		1.1.2	Blocos de betão (suporte)	34	42	49	0,417							35	0,538	39	36
		1.1.3	Revestimento de reboco + estuque	17	21	25	0,263	20	0,053	75	0,316			30	0,368	26	41
		1.1.4	Revestimento cerâmico											35	1,000	35	35
		1.1.5	Revestimento de pintura							15	0,125			15	0,875	15	15
1.2	Varandas e vãos																
		1.2.1	Betão pré-fabricado											35	1,000	35	35
		1.2.2	Impermeabilização (betão)	12	16	20	1,000									16	16
1.3	Guarda-corpos																
		1.3.1	Ferro pintado	11	15	18	0,385	15	0,077					20	0,538	15	18
		1.3.2	Alumínio	20	25	30	0,714	15	0,143			28	0,143			25	24
		1.3.3	Betão pré-fabricado	23	28	32	0,417							30	0,583	29	29
		1.3.4	Painéis de vidro com aço/metal	19	23	27	1,000									23	23
1.4	Janelas																
		1.4.1	Envidraçado							10	1,000					10	10
		1.4.2	C/ Caixilho de madeira (<i>softwood</i>)							30	0,429	36	0,071	30	0,500	30	30
		1.4.3	C/ Caixilhos de alumínio	19	24	28	0,250	15	0,050	18	0,300	44	0,050	35	0,350	24	27
		1.4.4	C/ Caixilhos de vinil	15	19	23	0,417	15	0,083	25	0,500					19	22
		1.4.5	C/ Caixilhos metálico de correr	18	23	27	0,385	15	0,077					20	0,538	20	21
1.5	Portas exteriores																
		1.5.1	Portas de correr de vidro e metal	18	21	24	0,385	20	0,077					25	0,538	21	23
		1.5.2	Madeira/ compósito	14	17	20	0,263	20	0,053	40	0,316			25	0,368	23	27
1.6	Tubos de queda																
		1.6.1	Alumínio							30	0,857	40	0,143			35	31
		1.6.2	PVC									30	0,125	30	0,875	30	30

Quadro 5.13. Sistematização de valores de vida útil de componentes do sistema *Envelope* (Cobertura)

Ref. No.	Elemento construtivo	Ref. No.	Tipologia do componente	Vida útil													
				Ref. 1				Ref. 2		Ref. 3		Ref. 4		Ref. 5		VU med	VU _{comp}
				VU,min.	VU ₁	VU,máx.	IM ₁	VU ₂	IM ₂	VU ₃	IM ₃	VU ₄	IM ₄	VU ₅	IM ₅		
2	Envelope – Cobertura																
2.1	Cobertura convencional																
		2.1.1	Betume modificado	17	22	27	0,250	15	0,050	20	0,300	19	0,050	35	0,350	20	25
		2.1.2	Camadas de cobertura	16	20	24	0,263	15	0,053	23	0,316			25	0,368	22	23
		2.1.3	Monocamada	14	19	23	0,263	20	0,053	23	0,316			20	0,368	20	21
2.2	Cobertura invertida																
		2.2.1	Betume modificado	18	22	26	0,250	20	0,050	20	0,300	19	0,050	35	0,350	20	26
		2.2.2	Camadas de cobertura	18	23	27	0,263	17	0,053	23	0,316			25	0,368	23	23
		2.2.3	Monocamada	16	20	24	0,263	20	0,053	23	0,316			20	0,368	20	21
2.3	Parapeitos																
		2.3.1	Betão	21	27	33	0,455			23	0,545					25	25
2.4	Tela asfáltica																
		2.4.1	Com folha de alumínio	15	20	24	0,263	20	0,053	20	0,316			35	0,368	20	26
2.5	Terraço																
		2.5.1	Deck de madeira	12	15	18	0,250	10	0,050	20	0,300	34	0,050	25	0,350	20	21
		2.5.2	Deck de betão	19	24	28	0,250	15	0,050	24	0,300	37	0,050	35	0,350	24	28
2.6	Caleiras																
		2.6.1	Alumínio							20	0,429	40	0,071	30	0,500	30	26
		2.6.2	PVC									30	0,125	20	0,875	25	21

Quadro 5.14. Sistematização de valores de vida útil de componentes do sistema Interior (Compartimentação)

Ref. No.	Elemento construtivo	Ref. No.	Tipologia do componente	Vida útil													VU med	VU _{comp}
				Ref. 1				Ref. 2		Ref. 3		Ref. 4		Ref. 5				
				VU,min.	VU ₁	VU,máx.	IM ₁	VU ₂	IM ₂	VU ₃	IM ₃	VU ₄	IM ₄	VU ₅	IM ₅			
3	Interior – Compartimentação																	
3.1	Tectos																	
		3.1.1	Betão pintado	23	30	36	0,417							35	0,583	32	33	
		3.1.2	Betão estucado	19	25	30	0,417							30	0,583	27	28	
		3.1.3	Tecto falso	18	23	27	0,357	20	0,071				24	0,071	30	0,500	23	26
3.2	Paredes interiores																	
		3.2.1	Revestimento cerâmico	29	37	44	0,278			50	0,333			35	0,389	37	40	
		3.2.2	Pintura	24	30	36	0,278			15	0,333			30	0,389	30	25	
		3.2.3	Divisórias leves	18	24	29	0,357	15	0,071				18	0,071	30	0,500	21	26
		3.2.4	Revestimento cerâmico (azulejo)	16	22	27	0,417							25	0,583	23	24	
		3.2.5	Folheado de pedra	25	33	41	0,417							35	0,583	34	34	
3.3	Pavimentos																	
		3.3.1	Rodapés de madeira										51	1,000		51	51	
		3.3.2	Revestimento cerâmico - GL	17	23	29	0,385	20	0,077					20	0,538	20	21	
		3.3.3	Revestimento cerâmico - UGL											30	1,000	30	30	
		3.3.4	<i>Engineering wood</i>							25	1,000					25	25	
		3.3.5	Carpete	7	10	12	0,250	10	0,050	9	0,300	13	0,050	10	0,350	10	10	
		3.3.6	Vinil	10	13	16	0,385	10	0,077	25	0,462	18	0,077			16	19	
		3.3.7	Linóleo									20	0,125	10	0,875	15	11	
		3.3.8	<i>Parquet</i>									39	1,000			39	39	
3.4	Portas interiores																	
		3.4.1	Compósito	16	21	26	0,833	15	0,167							18	20	
		3.4.2	Madeira	12	16	20	0,417							30	0,583	23	24	

Quadro 5.15. Sistematização de valores de vida útil de componentes do sistema Interior (Acessos)

Ref. No.	Elemento construtivo	Ref. No.	Tipologia do componente	Vida útil												VU med	VU _{comp}
				Ref. 1				Ref. 2		Ref. 3		Ref. 4		Ref. 5			
				VU,min.	VU ₁	VU,máx.	IM ₁	VU ₂	IM ₂	VU ₃	IM ₃	VU ₄	IM ₄	VU ₅	IM ₅		
4	Interior – Acessos																
4.1	Tectos																
		4.1.1	Pintura (betão)	23	30	37	0,278			15	0,333			35	0,389	30	27
		4.1.2	Estucado (betão)	20	26	31	0,417							30	0,583	28	28
		4.1.3	Tecto falso	19	23	27	0,385	20	0,077					25	0,583	23	25
4.2	Paredes interiores																
		4.2.1	Revestimento cerâmico	29	36	43	0,385					37	0,077	35	0,538	36	36
		4.2.2	Pintura	24	31	37	0,278			15	0,333			25	0,389	25	23
4.3	Pavimentos																
		4.3.1	Betão	25	32	38	0,385	20	0,077					35	0,583	32	34
		4.3.2	Linóleo	10	14	17	0,385	10	0,077					10	0,583	10	12
		4.3.3	Vinil	10	14	17	0,833	10	0,167							12	13
4.4	Degraus de escada																
		4.4.1	Betão	25	32	38	0,833					74	0,167			53	39
4.5	Corrimãos de escada																
		4.5.1	Ferro pintado	18	22	26	0,417							30	0,583	26	27
4.6	Portas interiores																
		4.6.1	Chapas metálicas	15	20	25	0,385	15	0,077					20	0,538	20	20
4.7	Elevadores																
		4.7.1	Compartimento de elevação	19	25	30	0,833	20	0,167							23	24
		4.7.2	Motor	15	19	23	0,833	20	0,167							20	19
		4.7.3	Equipamento eléctrico	16	20	24	0,833	15	0,167							18	19
		4.7.4	Estrutura de cabos	19	25	30	1,000									25	25
		4.7.5	Revestimento do compartimento	10	14	18	0,833	15	0,833							15	24

Analisando os quadros 5.12 a 5.15, consta-te que os valores de VU_{comp} não são muito diferentes dos resultantes da média simples entre as referências envolvidas. Ainda assim, a média ponderada, que justifica os valores de VU_{comp} atingiu os seus objectivos, aproximando-se sempre dos valores fornecidos pelas referências melhor classificadas.

O quadro 5.16 identifica os componentes construtivos com valores de vida útil proposta superior a 35 anos e inferior a 20 anos, para uma melhor análise dos resultados mais difíceis de aceitar.

Quadro 5.16. Componentes construtivos com VU_{comp} superior a 35 anos e inferior a 20 anos

Componente construtivo	VU_{comp}	Componente construtivo	VU_{comp}
Revestimento de carpete	10	Revestimento cerâmico	35
Envidraçado de janelas	10	Betão pré-fabricado	35
Revestimento de linóleo (compartimentação)	11	Revestimento cerâmico	36
Revestimento de linóleo (acessos)	12	Blocos de betão (suporte)	36
Revestimento de vinil (acessos)	13	Betão de degraus de escada	39
Revestimento de pintura	15	Revestimento de <i>parquet</i>	39
Impermeabilização (betão)	16	Revestimento cerâmico	40
Ferro pintado de guarda-corpos	18	Revestimento de reboco + estuque	41
Revestimento de vinil (compartimentação)	19	Rodapés de madeira	51
Equipamento eléctrico do elevador	19	Alvenaria de tijolo (suporte)	56
Motor do elevador	19		

Nesse âmbito, critica-se desde já a vida útil dos rodapés de madeira (51 anos) e do revestimento de reboco + estuque (41 anos), percebendo-se que as fontes destes valores, assumiram a vida útil como limite teórico de durabilidade física. Os componentes referentes a estruturas de suporte de paredes e a revestimentos cerâmicos, assim como os que são constituídos por betão, apresentam vidas úteis superior a 35 anos. Estes resultados eram expectáveis dado as características resistentes das tipologias envolvidas para as funções que vão desempenhar, mesmo no caso do revestimento cerâmico aplicado no exterior e sujeito a uma grande exposição. A avaliar pela cidade de Aveiro, os revestimentos cerâmicos do tipo azulejo podem manter-se em serviço durante muitos anos, com visíveis perdas de desempenho, mas conferindo uma beleza urbana tradicional, devido aos mosaicos aplicados. Os revestimentos de *Parquet* apresentam, à primeira vista, uma vida útil superior relativamente ao que é empiricamente comprovado na prática. No entanto, o valor proposto merece ser encarado como uma aproximação válida, uma vez que a percepção de uma menor durabilidade advém da sua associação a edifícios escolares, onde aí sim, é caracterizado por uma vida útil bem inferior relativamente a uma aplicação em habitação, pelo enorme desgaste que sofre em serviço.

Os componentes construtivos de menor vida útil são todos eles aceitáveis. Seja por razões de elevada circulação, como é o caso dos revestimentos no acesso ao interior de edifícios de habitação, pela pouca durabilidade intrínseca do material, como é caso do revestimento de carpete ou pintura, pela elevada exposição em serviço, como seja a impermeabilização do betão em varandas, ou por motivos de segurança, relacionados com os elevadores, os resultados apresentados são coerentes com a durabilidade expectável destes componentes.

5.4 Vidas úteis de elementos e subsistemas do *Envelope* e *Interior*

O objectivo do presente subcapítulo é propor vidas úteis para os elementos construtivos presentes nos sistemas *Envelope* e *Interior* de edifícios de habitação. Na sequência do processo de análise, os próximos pontos tratam da definição da constituição dos elementos estudados, da proposta dos seus valores de vida útil e da sobreposição das respectivas expectativas dos utilizadores perante o desempenho.

5.4.1 Constituição dos elementos

Os elementos construtivos listados apresentam, por vezes, mais do que uma solução construtiva para o mesmo componente constituinte. Nessas situações, seleccionou-se a tipologia de menor vida útil e abandonaram-se as restantes, uma vez que a contabilização de todas provocaria resultados distantes da realidade para um elemento específico. A sistematização de valores de vida útil, a apresentar mais à frente, traduz os resultados dessa filtragem, para os sistemas *Envelope* e *Interior*.

5.4.2 Vida útil física de elementos construtivos

Partindo das vidas úteis dos componentes construtivos caso de estudo, o presente ponto propõe valores de vida útil para os elementos que os constituem. Numa abordagem sistemática como esta, em que os resultados propostos resultam do tratamento dos dados recolhidos, considera-se que a vida útil dos elementos listados (é representada pela vida útil do componente construtivo de maior durabilidade, quando se verificar a presença de mais do que um componente responsável pelo seu desempenho, tal como se apresenta na equação 5.4).

Nesta perspectiva, assume-se que os componentes de menor vida útil, relativamente à do elemento que constituem, são sujeitos a substituição no decorrer do ciclo de vida desse elemento.

$$VU_{elem} = \text{Máximo}(VU_{comp}) \quad (5.4)$$

5.4.3 Influência das expectativas dos utilizadores

Na sequência do capítulo anterior, classificam-se agora os elementos listados, relativamente à importância da sua qualidade, na opinião dos utilizadores. Para tal, faz-se o paralelo entre os resultados do inquérito – *Características de qualidade de maior importância para os utilizadores*, com as exigências funcionais dos elementos. Uma vez que o ponto de partida da análise passa pelos resultados do inquérito de qualidade, não se considera necessário definir as exigências funcionais dos elementos caso de estudo, sendo fácil a interpretação entre a aplicabilidade de cada característica a cada elemento. Das características de qualidade mais importantes para os utilizadores, seleccionaram-se aquelas que directamente estão relacionadas com os elementos construtivos caso de estudo. O quadro 5.18 apresenta os resultados desta análise, interpretado através dos seguintes comentários:

- as duas primeiras colunas do quadro 5.18 sistematizam os elementos construtivos caso de estudo; a descrição dos mesmos encontra-se no quadro 5.17;
- as duas primeiras linhas do quadro 5.18 representam as características de qualidade (CQ) mais importantes na óptica do utilizador (de acordo com os resultados do inquérito do capítulo anterior; pode ler-se a descrição destas características de qualidade no quadro 5.17;
- por baixo das características de qualidade, a terceira linha do quadro 5.18 identifica o grau de importância atribuído a cada CQ listada, de acordo com os resultados do inquérito;
- o corpo do quadro 5.18 faz a correspondência, através de cruces (X), entre as características de qualidade e os elementos construtivos a que estejam associados; por exemplo, a característica de qualidade identificada pelo código **V.3** – *Não existência de paredes e tectos com descasque de tinta ou de reboco*, está directamente relacionada com o elemento construtivo *Parede exterior*, pelo que a sua correspondência está identificada no quadro;
- a penúltima coluna do quadro 5.18 apresenta o somatório dos graus de importância associados a cada elemento construtivo; a última, por sua vez, apresenta a distribuição desse valor (**%Imp**) no total da amostra atribuído (**317,15**);
- a penúltima linha do quadro 5.18 apresenta o valor correspondente ao número de vezes que cada característica de qualidade é associada a um elemento construtivo; tal como no passo anterior, a última linha apresenta agora a respectiva distribuição no total da amostra.

Seja o exemplo da *parede exterior*, verifica-se que a este elemento construtivo foi atribuído **27,03 pontos** de importância, em resultado da correspondência de 6 características de qualidade. Este peso no total da amostra de atribuição, corresponde a **8,52%**.

Exemplificando agora as duas últimas linhas do quadro 5.18, verifica-se que a característica de qualidade **IV.1** – Dimensão das janelas dos compartimentos principais, apenas foi associada a um elemento construtivo (*Janelas*), representando apenas **1,43%** no somatório dos graus de importância da correspondência *CQ-Elementos*.

Quadro 5.17. Sistematização dos elementos construtivos e CQ analisados no quadro 5.18

Elemento construtivo		Característica de qualidade (CQ)	
1.1	Paredes exteriores	IV.1	Dimensão das janelas dos compartimentos principais
1.2	Varandas e vãos	IV.2	Janelas que não tenham obstáculos, como paredes e muros, que não permitam a entrada de luz natural
1.3	Guarda-corpos	IV.3	Boas características térmicas da habitação que permitam reduzir ou anular a necessidade de utilização de sistemas de aquecimento ou arrefecimento (ex.: habitação fresca de Verão e quente no Inverno)
1.4	Janelas	IV.10	Existência de ventilação natural nas casas de banho
1.5	Portas exteriores	IV.11	Existência de ventilação natural na cozinha
1.6	Tubos de queda	IV.12	Cozinha com boa iluminação
2.1	Cobertura convencional	IV.13	Sala com boa iluminação
2.2	Cobertura invertida	V.1	Não existência de manchas de humidade e bolores nas paredes e tectos das cozinhas e casas de banhos
2.3	Parapeitos	V.2	Não existência de manchas de humidade nas paredes e tectos nos outros compartimentos
2.4	Tela asfáltica	V.3	Não existência de paredes e tectos com descasque de tinta ou de reboco
2.5	Terraço	V.4	Não descolagem de revestimentos cerâmico
2.6	Caleiras	V.5	Não descolagem de rodapé
3.1	Tectos	V.6	Não existência de pavimentos de madeira danificado
3.2	Paredes interiores	V.7	Não existência de ferrugem ou apodrecimento da caixilharia
3.3	Pavimentos	V.8	Não existência de manchas de humidade ou bolores em paredes e tectos
3.4	Portas interiores	V.9	Não existência de fissuras nas paredes e tectos
4.1	Tectos	V.10	Não existência de degraus danificados nas escadas
4.2	Paredes interiores	VI.1	Privacidade dentro da sua habitação (zonas privativas separadas das zonas comuns ou que não as utilize para circulação como por exemplo fazer a passagem de um quarto para uma casa de banho sem ter que passar pela sala)
4.3	Pavimentos	VI.2	Privacidade em relação a outras habitações
4.4	Degraus de escada	VI.3	Janelas que possuam dispositivos de oclusão (estores, cortinas)
4.5	Corrimãos de escada	XI.4	Vista das janelas livres de obstáculos visuais
4.6	Portas interiores	XI.6	Vantagem solar para a paisagem, calor e luz
4.7	Elevadores	XIV.1	Não existência de perdas de calor de modo a aumentar o consumo de energia

Quadro 5.18. Influência das expectativas dos utilizadores no desempenho dos elementos construtivos

		Características de qualidade (CQ) mais importantes na óptica do utilizador																						Σ	%Imp				
		CQ	IV.1	IV.2	IV.3	IV.10	IV.11	IV.12	IV.13	V.1	V.2	V.3	V.4	V.5	V.6	V.7	V.8	V.9	V.10	VI.1	VI.2	VI.3	XI.4			XI.6	XIV.1		
		Classificação	4,52	4,71	4,48	4,35	4,71	4,45	4,68	4,61	4,61	4,58	4,45	4,35	4,42	4,48	4,81	4,45	4,26	4,68	4,39	4,26	4,29			4,42	4,26		
Elementos construtivos	1.1			x						x	x					x	x						x	27,03	8,52%				
	1.2			x				x		x		x					x			x	x	x	x	x	44,29	13,97%			
	1.3*																								0,00	0,00%			
	1.4	x	x	x	x	x	x								x					x	x	x	x	x	58,00	18,29%			
	1.5*																								0,00	0,00%			
	1.6*																									0,00	0,00%		
	2.1			x																					x	8,74	2,76%		
	2.3*																									0,00	0,00%		
	2.4*																										0,00	0,00%	
	2.5														x											4,42	1,39%		
	2.6*																										0,00	0,00%	
	3.1			x					x	x	x						x	x							x	31,80	10,03%		
	3.2			x					x	x	x	x					x	x		x					x	40,93	12,91%		
	3.3			x								x	x	x												x	21,96	6,92%	
	3.4			x																x						x	13,42	4,23%	
	4.1										x						x	x								x	18,10	5,71%	
	4.2										x	x					x	x			x					x	26,94	8,49%	
	4.3													x													x	8,61	2,71%
	4.4																			x								4,26	1,34%
	4.5*																											0,00	0,00%
4.6																				x						x	8,65	2,73%	
4.7*																											0,00	0,00%	
Σ		4,52	4,71	35,84	4,35	4,71	4,45	9,36	9,22	13,83	22,90	22,25	8,70	8,84	4,48	24,05	26,70	4,26	9,36	17,56	8,52	8,58	8,84	51,12	317,15				
Distribuição		1,43%	1,49%	11,30%	1,37%	1,49%	1,40%	2,95%	2,91%	4,36%	7,22%	7,02%	2,74%	2,79%	1,41%	7,58%	8,42%	1,34%	2,95%	5,54%	2,69%	2,71%	2,79%	16,12%		100,00%			

As características de qualidade mais vezes associadas aos elementos do *Envelope* e *Interior* em edifícios de habitação (onde se regista maior incidência de anomalias) são, por esta ordem:

1. Não existência de perdas de calor de modo a aumentar o consumo de energia (XIV.1);
2. Boas características térmicas da habitação, que permitam reduzir ou anular a necessidade de utilização de sistemas de aquecimento ou arrefecimento (IV.3);
3. Não existência de fissuras nas paredes e tectos (V.9);
4. Não existência de manchas de humidade ou bolores em paredes e tectos (V.8);
5. Não existência de paredes e tectos com descasque de tinta ou de reboco (V.3).

Inseridas nos grupos de qualidade: Conforto, Aspectos construtivos e Sustentabilidade e Ambiente, as características supracitadas são representadas com uma coluna a amarelo.

Os elementos construtivos que verificaram as maiores percentagens na distribuição das características de qualidade, seleccionadas como resultado do capítulo 4, foram os seguintes (posicionados nas linhas a cinzento):

1. Janelas da fachada (18,29%);
2. Varandas e vãos da fachada (13,97%);
3. Paredes interiores de compartimentação (12,91%);
4. Tectos da habitação (10,03%);
5. Paredes exteriores (8,52%);
6. Paredes interiores dos acessos à habitação (8,49%);
7. Pavimentos da habitação (6,92%).

Chama-se a atenção para ausência do elemento construtivo 2.2 (Cobertura invertida), uma vez que já se faz referência à cobertura convencional. Se fossem as duas consideradas, a distribuição da importância de qualidade pelos elementos estaria desajustada dos dados.

Os códigos de elementos com asterisco (*) significam que não obtiveram nenhuma percentagem na distribuição de importância efectuada. As características de qualidade resultantes do inquérito (quadro 4.4), ausentes nas colunas do quadro anterior, não estão associadas a nenhum elemento construtivo dos dois sistemas caso de estudo, como são o caso das características do grupo *Localização* e *Estacionamento*, por exemplo.

5.4.4 Sistematização de valores de vida útil de elementos e subsistemas

Os quadros 5.19 e 5.20 apresentam os resultados da sistematização de valores de vida útil para os elementos do sistema *Envelope* e *Interior*, respectivamente. Os elementos são

caracterizados pelo componente construtivo principal, quando este é o único responsável pela sua durabilidade, ou pelo conjunto de componentes que verificar, quando perfeitamente individualizados.

Na ausência da avaliação das relações de dependência funcional que as partes constituintes de um edifício verificam entre si, a maneira encontrada para propor um valor de vida útil ao elemento construtivo, foi assumir a durabilidade do componente com maior tempo de vida útil – limite teórico de durabilidade. Neste raciocínio, as partes constituintes de menor tempo de vida útil irão necessitar de acções de manutenção ou substituição. Nos casos em que o fim da vida útil do componente de menor durabilidade corresponder a uma parte constituinte determinante do sistema, como é o caso do motor num elevador, assumiu-se o valor associado a esse componente.

Por fim, aplicou-se o raciocínio das médias ponderadas às camadas hierarquicamente superiores, ou seja à *Fachada*, *Cobertura*, *Compartimentação* e *Acessos* ao interior da habitação. Assim, os valores de vida útil propostos para os subsistemas supracitados, são calculados pelo somatório do produto entre a vida útil dos elementos e a percentagem que obtiveram na distribuição de importância de qualidade associada a esse subsistema, tal como se pode interpretar da equação 5.5. Por outras palavras, a vida útil do subsistema resulta do somatório do produto da vida útil dos elementos constituintes, pela razão entre o seu índice funcional e o do subsistema em causa.

$$VU_{SS} = \frac{\sum_i VU_{elem_i} \times IF_i}{\sum_i IF} \quad (5.5)$$

De registar que a fachada e a compartimentação interior agrupam, respectivamente, cerca de 40 e 35% das características de qualidade mais importantes da habitação, devido às exigências funcionais esperadas dos seus elementos constituintes.

Relativamente aos quadros 5.19 e 5.20, as coluna das vidas úteis propostas (**VUP**), tanto significam VU_{elem} como VU_{SS} , uma vez que a sistematização dos elementos e subsistemas é feita de forma continuada ao longo das linhas dos quadros.

Desenvolvendo o exemplo do subsistema *Fachada*, o valor de vida útil proposto resulta da seguinte operação (os guarda-corpos e as portas exteriores não participam na fórmula, uma vez que as características de qualidade mais importantes na óptica do utilizador não estão associadas a estes elementos construtivos):

$$VU_{Fachada} = \frac{VU_{parede\ exterior} \times \% Imp + VU_{varanda} \times \% Imp + VU_{janela} \times \% Imp}{\% Imp_{fachada}} =$$

$$VU_{Fachada} = \frac{36 \times 8,52\% + 35 \times 13,97\% + 21 \times 18,29\%}{40,78\%} = 29 \text{ anos}$$

Através da metodologia apresentada, os subsistemas Fachada, Cobertura, Compartimentação Interior e Acessos têm uma vida útil de 29, 21, 21 e 23 anos, respectivamente.

Quadro 5.19. Sistematização de valores de vida útil de Elementos do sistema *Envelope*

Ref. No.	Elemento construtivo	Ref. No.	Tipologia do Componente	VUP	%Imp
1	Envelope - Fachada			29	40,78%
1.1	Paredes exteriores			36	8,52%
		1.1.2	Blocos de betão (suporte)	36	
		1.1.5	Revestimento de pintura	15	
1.2	Varandas e vãos			35	13,97%
		1.2.1	Betão pré-fabricado	35	
		1.2.2	Impermeabilização (betão)	16	
1.3	Guarda-corpos			18	0,00%
		1.3.1	Ferro pintado	18	
1.4	Janelas			21	18,29%
		1.4.1	Envidraçado	10	
		1.4.5	C/ Caixilhos metálico de correr	21	
1.5	Portas exteriores			23	0,00%
		1.5.1	Portas de correr de vidro e metal	23	
1.6	Tubos de queda			30	0,00%
		1.6.2	PVC	30	
2	Envelope - Cobertura			21	4,15%
2.1	Cobertura convencional			21	2,76%
		2.1.3	Monocamada	21	
2.3	Parapeitos			25	0,00%
		2.3.1	Betão	25	
2.4	Tela asfáltica			26	0,00%
		2.4.1	Com folha de alumínio	26	
2.5	Terraço			21	1,39%
		2.5.1	Deck de madeira	21	
2.6	Caleiras			21	0,00%
		2.6.2	PVC	21	

Quadro 5.20. Sistematização de valores de vida útil de Elementos do sistema *Interior*

Ref. No.	Elemento construtivo	Ref. No.	Tipologia do Componente	VUP	%Imp
3	Interior - Compartimentação			21	34,09%
3.1	Tectos			26	10,03%
		3.1.3	Tecto falso	26	
3.2	Paredes interiores			24	12,91%
		3.2.4	Revestimento cerâmico (azulejo)	24	
3.3	Pavimentos			10	6,92%
		3.3.5	Carpete	10	
3.4	Portas interiores			20	4,23%
		3.4.1	Compósito	20	
4	Interior - Acessos			23	20,99%
4.1	Tectos			25	5,71%
		4.1.3	Tecto falso	25	
4.2	Paredes interiores			23	8,49%
		4.2.2	Pintura	23	
4.3	Pavimentos			12	2,71%
		4.3.2	Linóleo	12	
4.4	Degraus de escada			39	1,34%
		4.4.1	Betão	39	
4.5	Corrimãos de escada			27	0,00%
		4.5.1	Ferro pintado	27	
4.6	Portas interiores			20	2,73%
		4.6.1	Chapas metálicas	20	
4.7	Elevadores			19	0,00%
		4.7.1	Compartimento de elevação	24	
		4.7.2	Motor	19	
		4.7.3	Equipamento eléctrico	19	
		4.7.4	Estrutura de cabos	25	
		4.7.5	Revestimento do compartimento	24	

5.5 Conclusões do capítulo

Com um catálogo de valores de vida útil das partes constituintes de edifícios de habitação, será mais fácil assegurar a completa funcionalidade dos mesmos, o seu bom aspecto estético e a preservação das exigências ambientais e de segurança, bem como a limitação dos custos e intervenções de manutenção corrente a níveis aceitáveis.

Na definição do caso de estudo, mostrou-se que a grande percentagem de incidência de anomalias se verifica nos sistemas *Envelope* (52%) e *Interior* (24%). Após a avaliação do parâmetro funcional da vida útil, através do grau de importância que os utilizadores atribuem às características de qualidade associadas aos sistemas em causa, os resultados são contrários aos da degradação física, em que o *Envelope* representa mais do dobro de incidência de anomalias comparativamente com o *Interior*. Verificou-se que os elementos construtivos que constituem o *Envelope* representam cerca 45% de importância de qualidade, enquanto o *Interior* apresenta uma percentagem de 55%, distribuindo os resultados apenas por estes dois sistemas, tal como foi o objecto do estudo. Estes resultados são fáceis de compreender e aceitar, visto que as características de qualidade a que os utilizadores deram maior importância representam os *aspectos construtivos, a sustentabilidade e ambiente, o conforto, a privacidade e a funcionalidade dos espaços*. Destes 5 grupos de qualidade, apenas os dois primeiros estão associados ao *Envelope* de um edifício, justificando desta forma uma importância ligeiramente maior na funcionalidade dos espaços interiores, relativamente à vida útil funcional do *Envelope*.

Verificou-se, por vezes, que as referências utilizadas não atribuíam valores de vida útil para alguns dos componentes construtivos do caso de estudo. Este facto motivou a formulação da combinação de referências na atribuição dos valores propostos. Os índices multiplicativos de referência – quando as 5 fontes estão presentes na atribuição de um valor, a um mesmo componente, foram calculados através das principais diferenças de abordagem. Neste exercício deu-se maior importância à origem dos valores, relativamente ao número de componentes avaliados. Esta decisão é justificada pela particularidade de apenas uma das referências ser europeia, e a construção habitacional ser tradicionalmente diferente, em termos de materiais utilizados e soluções construtivas adoptadas, de continente para continente. Por outro lado, dá-se melhor classificação a uma referência que tenha consultado fabricantes, associações comerciais e representantes de produtos e marcas, relativamente a outras em que a origem dos valores é desconhecida.

Relativamente ao método de cálculo da vida útil física dos componentes construtivos, a classificação das referências permitiu atingir os resultados esperados, visto ter aproximado os valores propostos aos consultados pelas referências mais credíveis.

Numa segunda instância, considerou-se que a vida útil dos elementos é representada pela vida útil do componente construtivo de maior durabilidade, quando se verificar a presença de mais do que um componente responsável pelo seu desempenho. Nesta perspectiva, os componentes de menor vida útil, relativamente à do elemento que constituem, são sujeitos a

substituição no decorrer do ciclo de vida desse elemento. Ao nível habitacional, o planeamento da vida útil de um edifício em projecto, deve considerar tais procedimentos. Elementos como paredes (interiores ou exteriores), pavimentos e tectos, suportam a decisão tomada, visto que as suas estruturas de suporte não chegariam ao fim da sua vida útil, quando o mesmo acontecesse com os seus revestimentos. Desta maneira, seriam os componentes de maior longevidade os condicionantes da vida útil dos elementos. Contrapondo esta perspectiva, quando a camada de impermeabilização de uma cobertura chegar ao fim da sua vida útil, a operações de substituição teriam impacto nas restantes camadas de cobertura, pelas ligações funcionais que verificam. Considerar que a vida útil de um elemento é condicionada pelo componente de maior longevidade, já não faz tanto sentido analisando elementos como o do exemplo supracitado. Tal discussão, torna evidente a dificuldade de abordagem a este tema, numa visão integrada e generalista.

Na avaliação do parâmetro funcional da vida útil, o resultado mais intrigante aconteceu no grupo de qualidade *Sustentabilidade e Ambiente*. Na análise dos resultados do inquérito, este grupo foi inserido no quadro das características de qualidade de maior importância (grupo A) para os utilizadores Engenheiros Civis. No entanto, as características que constituem este grupo de qualidade estavam longe das mais escolhidas pelo total da amostra. Curiosamente, a *não existência de perdas de calor de modo a aumentar o consumo de energia*, foi a característica de qualidade mais vezes associada aos elementos caso de estudo. Esta situação comprova que a vida útil na óptica do utilizador deve ser determinante para a definição de durabilidade de um elemento construtivo. No entanto, deve ser analisada de forma dinâmica com a degradação física e com o número de elementos a que está associada, face à maioria dos resultados alcançados.

A sistematização de valores de vida útil física ao nível dos componentes, e dos elementos após enquadramento do contexto funcional, visto na óptica do utilizador, permitiu obter resultados coerentes com os normalmente avançados pelo estado da arte. Ao nível dos subsistemas, a vida útil apresentada / proposta é inferior aos valores obtidos por consulta bibliográfica. Este facto deve-se à ênfase dado na ponderação da funcionalidade de todos os elementos que constituem os sistemas.

Existe uma grande quantidade de autores a aproximar a vida útil da fachada ao suporte da parede exterior. Através do método utilizado e pegando no mesmo exemplo, a vida útil da fachada aparece com um valor ponderado pelos seus elementos, na devida escala de importância. Este valor (29 anos) é bem inferior ao limite teórico de durabilidade: 56 anos (correspondente ao valor proposto para o suporte da parede exterior). Desta maneira conclui-se que de facto a vida útil de uma fachada não é 29 anos mas, avaliando pelo grau de importância conferido pelos utilizadores aos elementos deste subsistema, a perda de desempenho destes faz reduzir consideravelmente a vida útil residual da camada de durabilidade. Num mercado de concorrência, e dispondo de alternativas economicamente mais

viáveis para algumas situações, a vida útil de um sistema construtivo reduz consideravelmente com a existência de degradação física crescente, que não seja travada por intervenção humana.

Na prática, não se considera que limite de durabilidade signifique o mesmo que vida útil. Assumindo-se a proposta de que a vida útil de elementos/sistemas construtivos é avaliada a nível funcional, no respectivo ambiente económico e tendo como base o valor limite de durabilidade física, aceitam-se plenamente os resultados obtidos.

Pretende-se que as conclusões tiradas sejam uma mais-valia para o planeamento da vida útil de edifícios de habitação, contribuindo para o conhecimento do desempenho dos mesmos.

6. Conclusões

6.1 Conclusões gerais

Os principais domínios de variáveis envolvidos no ciclo de vida de edifícios de habitação, que justificam valores de vida útil para condições específicas de projecto e serviço, definem o estado da arte do tema. Primeiro, numa revisão bibliográfica, procurou-se fundamentar os factores que influenciam o conceito de vida útil e abordar os edifícios enquanto sistemas de elementos hierarquizados funcionalmente. Concluiu-se que a complementaridade verificada entre os critérios de desempenho sugere uma análise integrada na atribuição de um valor de vida útil a um elemento construtivo, ou outro produto da construção – de maior ou menor nível de particularidade. A viabilidade entre diferentes alternativas deve ser avaliada na perspectiva da rentabilidade económica, que no entanto é definida por um contexto específico de projecto, influenciado por questões de durabilidade física e/ou funcional. Estes dois últimos critérios de desempenho têm sido quantificados em escalas diferentes pela investigação.

A avaliação da durabilidade de um edifício deve protagonizar as partes que o constituem como o objecto de estudo a investigar, relacionando a degradação física de cada uma com as interacções de desempenho, e interfaces de durabilidade que verificam com as demais.

Ao concluir este trabalho, considera-se que, apesar da complexidade e diversidade que envolve a temática da durabilidade e da vida útil de edifícios e suas partes, os resultados esperados foram atingidos e são coerentes com o estado de desenvolvimento do tema.

A modelação dos dados disponíveis, relacionados com o ciclo de vida de partes de edifícios de habitação, exige a compreensão da importância dos factores que justificam o desempenho. Representando indicadores de desempenho, de custos ou de vida útil, consoante a necessidade ou o procedimento, os dados de ciclo de vida são o reflexo do conhecimento adquirido pela ciência que estuda a vida útil de edifícios, não devendo ser confundidos com o conhecimento em si.

Ao nível do edifício entendido enquanto sistema, a vida útil económica impõe-se aos restantes critérios de análise de durabilidade, na medida em que os requisitos de desempenho devem satisfazer um período economicamente razoável de tempo de serviço. No entanto, na avaliação da vida útil de um sistema construtivo, é inevitável a análise dinâmica do ciclo de vida dos elementos / componentes que o compõem, sob o ponto de vista económico, funcional e físico. Esta conclusão surge da revisão do estado da arte, verificando-se uma complementaridade complexa entre os três principais critérios de análise na determinação do fim da vida útil. A análise de como os dados de vida útil são usados para otimizar o desempenho de edifícios é essencial para baixar os custos que lhes estão associados.

Pelo princípio de que quanto menos detalhado é, em termos de análise, mais depende dos seus pormenores, o conhecimento rigoroso da durabilidade de sistemas construtivos surge com a perfeita compreensão do desempenho físico das suas partes mais particulares, para diferentes alternativas de projecto, e relações de dependência funcional que verifiquem. Assim, a avaliação do desempenho físico deve incidir sobre as partes mais individualizadas possíveis, identificadas como a base da pirâmide da hierarquia funcional de um edifício, visto como um sistema de componentes. Este entendimento particular permite identificar as interacções de desempenho entre as várias partes constituintes de um edifício, valorizando a vida útil funcional de sistemas construtivos. Este critério de desempenho é o menos estudado pela investigação, estando o seu conhecimento disperso no estado da arte do tema da durabilidade das construções.

O critério de desempenho funcional dos edifícios pode ser avaliado através das relações de dependência (funcional) que as diversas partes constituintes verificam entre si, a vários níveis de particularização. Numa mesma escala hierárquica, os componentes e elementos interagem funcionalmente consoante a solução da sua pormenorização construtiva ou, por outras palavras, pelo modo como estão ligados. Por esse motivo, a degradação física das várias partes que constituem um sistema tem influência na sua durabilidade. A esta transposição do desempenho, chama-se interface de durabilidade entre camadas. Nesta lógica, um edifício deve ser constituído por um número mínimo de elementos, que desempenhem um número máximo de funções.

Numa vertente menos quantificável, por abandono da vida útil física a partir dos dados de partida, é possível avaliar a vida útil funcional através de uma análise focada no utilizador, no seu contexto social e nas expectativas que este tem da habitação. Nesta perspectiva, o mercado habitacional deve construir segundo as necessidades e desejos dos utilizadores de uma dada sociedade. Inversamente, um edifício cujo desempenho físico e económico cumpra as exigências em serviço pode perder grande parte do seu valor de mercado por não corresponder às expectativas dos utilizadores. Numa situação como esta, dir-se-ia que o sistema edifício se considera obsoleto, num processo que é gradual e não imediato, face a outras construções equiparáveis a vários níveis.

O inquérito realizado a 31 utilizadores sobre a importância que conferem às diversas características de qualidade de uma habitação, resultou nas conclusões que se seguem.

No fim do capítulo 4, foi possível sistematizar as características de qualidade mais importantes da habitação na óptica do utilizador, utilizadas para avaliar o parâmetro funcional dos elementos construtivos. Aquilo que definiu tal classificação foi a média dos graus de importância que os utilizadores lhes atribuíram. Feito o emparelhamento entre elementos e características de qualidade, da lista das mais importantes, o somatório dos graus de importância dos aspectos que os caracterizam, proporcionou um índice de importância para os diversos elementos caso de estudo. Este estudo, realizado no capítulo 5, permitiu uma

constatação indirecta, relativamente ao objecto da abordagem. No emparelhamento supracitado, foi também possível verificar quais as características de qualidade que mais vezes foram associadas aos elementos caso de estudo. Identificando esses aspectos e multiplicando o número de vezes em que se verificou caracterizarem um elemento, pelo grau de importância que os utilizadores lhes conferiram, foi possível concluir sobre quais as características de qualidade mais vezes associadas aos elementos do *Envelope* e *Interior* em edifícios de habitação (onde se regista maior incidência de anomalias). Por ordem decrescente, os resultados foram os seguintes:

- não existência de perdas de calor de modo a aumentar o consumo de energia;
- boas características térmicas da habitação, que permitam reduzir ou anular a necessidade de utilização de sistemas de aquecimento ou arrefecimento;
- não existência de fissuras nas paredes e tectos;
- não existência de manchas de humidade ou bolores em paredes e tectos;
- não existência de paredes e tectos com descasque de tinta ou de reboco.

Por outro lado, as características com maior índice de importância foram as seguintes:

- não existência de manchas de humidade e bolores nas paredes e tectos das cozinhas e casas de banhos;
- não existência de manchas de humidade nas paredes e tectos nos outros compartimentos;
- não existência de manchas de humidade ou bolores em paredes e tectos;
- janelas que não tenham obstáculos, como paredes e muros, que não permitam a entrada de luz natural;
- existência de ventilação natural na cozinha.

Constata-se que aparece apenas uma característica de qualidade nos dois âmbitos de resultados. No entanto, as características supracitadas representam os mesmos aspectos de qualidade, o que leva à conclusão de que a noção de qualidade com a habitação leva os utilizadores a conferir maior importância precisamente aos aspectos que caracterizam o maior número de elementos construtivos.

À luz das respostas obtidas relativamente à importância das características da habitação, foi possível relativizar a importância na durabilidade física dos componentes que formam os elementos principais do edifício, obtendo-se valores de vida útil dos sistemas construtivos inferiores aos seus limites de durabilidade física.

Concluindo, recomenda-se que a vida útil de um edifício seja avaliada pela análise sistémica das suas partes constituintes. Ao nível mais particular, o foco deve ser uma análise dinâmica entre os critérios de desempenho, enquanto ao nível dos sistemas construtivos, deve procurar-se integrar ainda mais o parâmetro funcional em detrimento da durabilidade física.

6.2 Desenvolvimentos futuros

No seguimento deste trabalho, propõe-se o desenvolvimento dos seguintes:

1. Recolha, tratamento de dados e previsão de custos anuais de edifícios, de maneira a desenvolver um perfil de custos ao longo do ciclo de vida;
2. Proposta de factores de ajustamento de vida útil física e funcional de elementos construtivos de edifícios de habitação, tendo em conta as condições da *Envolvente*, na realidade portuguesa.
3. Aplicar a informação proveniente dos resultados do estudo apresentado, e de dados de custos, na prescrição dos elementos a aplicar em projecto e nas acções de manutenção em serviço;
4. Aplicação de uma metodologia idêntica à proposta, aplicada a outros usos de edifícios, como comércio e serviços, por exemplo.

Bibliografia

- Afonso, F. (2001)** – “Potencialidades do mercado de reparação e manutenção face às características do parque edificado”, in: Seminário Censos 2001 - Painel Habitação. Lisboa: ITIC, 7p.
- AIJ (1993)** – The English Edition of Principal Guide for Service Life Planning of Buildings. Tokyo: Architectural Institute of Japan, 98p.
- Andersen, T. e Brandt, E. (1999)** – The Use of Performance and Durability Data in Assessment of Life Time Serviceability, 1. Vancouver: pp. 1813-1820.
- ASTM (2004)** – Standard guide for specifying and evaluating performance of single family attached and detached dwellings - durability. ASTM E2136. Philadelphia: American Society for Testing Materials.
- ASTM (2005a)** – Standard classification for serviceability of an office facility for structure and building *Envelope*, ASTM E1700, Philadelphia: American Society for Testing Materials.
- ASTM (2005b)** – Standard classification for serviceability of an office facility for Cleanliness, ASTM E1671, Philadelphia: American Society for Testing Materials.
- Athena Institute (2006)** – *Service life considerations in relation to green buildings rating systems and exploratory study*. Canada: Ontario, Athena Sustainable Materials Institute.
- Bachman, L. (2003)** – Integrated Buildings: The Systems Basis of Architecture. New Jersey: John Wiley e sons.
- Baker, P., Saelens, D., Grace, M. e Inoue, T. (2000)** – “Advanced Envelops”. Leuven: International Energy Agency – Energy Conservation in Buildings and Community systems, 64p.
- Balaras, C., Droutsas, E., Dascalaki, E., Kontoyiannidis, S., Doloca, A., Wetzels, C., Lair, J. e Bauer, M. (2005)** – *Service life of buildings elements and Installations in European apartments*. In: Conference on Durability of Building Materials and Components, Lyon.
- Beim, A. (2004)** – “Tectonic Visions in Architecture. Copenhagen: Kunstakademiets Arkitektiskoles Forlag. ISBN 87-87 136-60-0.
- Bellinger, G (2004)** – Introduction of Systems Thinking the way of systems,
- BPG (1999)** – *BPG Building fabric life manual on CD-Rom*. London: Taylor e Francis Books Ltd.
- Brand, S. (1994)** – *How Buildings Learn – What happens after They're Built*. London: Orion Books, 243p.
- Brito, J. (2001)** – “Vida útil das construções e sua previsão”. *Apontamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação na Construção*. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, pp:1-3.

BSI (1984) – “Glossary of terms used in terotechnology”. BS 3811. London: British Standards Institution.

BSI (2003) – “Guide to durability of buildings and building elements, products and components”. BS 7543. London: British Standards Institution.

CIB (2004a) – Guide and bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and components– Part I: Service life and durability research. CIB W080/RILEM TC 140.

CIB (2004b) – Guide and bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and components – Part II: Factors causing degradation. CIB W080/ RILEM TC 140.

CIB (2004c) – Guide and bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and components – Part III: Building materials and components – Characterisation of degradation, CIB W080/RILEM TC 140.

CMHC (2001) – *Service Life of Multi-Unit Residential Building Elements and Equipments*, Canada Mortgage and Housing Corporation, Ontario.

Cóias e Silva, V. (1999) – *Um novo modelo do edificado pombalino*, Revista Monumentos N.6.

Corvacho, M. (2000) – *Durabilidade da construção: Metodologia do projecto para a durabilidade - planeamento da vida útil de um edifício. Textos de apoio à disciplina de Patologia e Reabilitação na construção*. Porto: Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto,

CSOPT (2004) – “RGE - Regulamento Geral das Edificações Urbanas”. Portaria n.º 62/2003. Despacho n.º5493/2003. Projecto de revisão do RGEU. Lisboa: Subcomissão para a revisão do RGEU, 61p.

Daniotti, B. e Spangolo, S. (2008) – *Service life prediction tools for buildings design and management*, 11th Int. Conference on Durability of Building Materials and Components. Istanbul.

Davies, G. e Szigeti, F. (1999) – *Are facilities measuring up? Matching building capacities and functional needs*, Vancouver: pp.:1856-1866.

Duffy, F. (1990) – *Measuring building performance*. London: Conran Octopus.

EOTA (1999) – “Assessment of working life of Products”. Guidance document 003. Brussels: European Organization for Technical Approvals.

Falorca, J. (2004) – *Modelo para plano de inspecção e manutenção em edifícios correntes*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Ferreira, T. (2004) – *Arquitetura e durabilidade: prevenção de anomalias na faixa costeira*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, pp: 218.

Flores, I. (2002) – *Estratégias de Manutenção – Elementos da envolvente de edifícios correntes*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

Flores-Colen, I. (2009) – *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção preditiva*, Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 537p.

Flores-Colen, I. e Brito, J. (2004) – *Erros na utilização e manutenção de edifícios*, in: Construção 2004. Porto: Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

Gama, V. (2005) – *Recomendações para a concepção arquitectónica da envolvente dos edifícios na perspectiva da durabilidade*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia da Faculdade do Porto.

Gaspar, P. (2001) – “Conceitos de vida útil e de desempenho em serviço de edifícios”, in: Construção 2001. Lisboa: Fundec, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2009, 12 p.

Gaspar, P. (2002) – *Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade técnica de Lisboa, 203 p.

Gaspar, P. (2008) – *Vida útil das construções: Desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa da durabilidade de elementos da construção. Aplicação a rebocos de edifícios correntes*, Dissertação de Doutoramento em Arquitectura. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

Gaspar, P. e Brito, J. (2003a) – “O ciclo de Vida das Construções – parte I: Critérios de análise”, in: *Arquitectura e Vida*, **42**, Lisboa, Outubro, pp:98-103.

Gaspar, P. e Brito, J. (2003b) – “O ciclo de Vida das Construções – parte II: Vida útil funcional”, in: *Arquitectura e Vida*, **43**, Lisboa, Novembro, pp:74-78.

Gaspar, P. e Brito, J. (2003c) – “O ciclo de Vida das Construções – parte III: Vida útil física”, in: *Arquitectura e Vida*, **44**, Lisboa, Dezembro, pp:70-75.

Gaspar, P. e Brito, J. (2004) – “O ciclo de Vida das Construções – parte IV: Vida útil económica”, in: *Arquitectura e Vida*, **45**, Lisboa, Janeiro, pp:70-75.

Gaspar, P. e Santos, A. (2003) – “Patologias em construções recentes - estudo de casos”, in: *Patorreb 2003 – 1.º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios*. Porto: Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2003.

Gecorpa (2001) – “Viabilidade técnica de execução do Programa Nacional de Redução da Vulnerabilidade Sísmica do Edificado”, in: *Redução da Vulnerabilidade Sísmica do Edificado*. Lisboa: Ordem dos Engenheiros.

- Gonçalves, T. (2007)** – “Salt crystallization in plastered or rendered walls”, Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil. Lisboa: LNEC e IST, 262p.
- HAPM (1999)** – *Component Life Manual CD-Rom*. London: EeFN Spon, CD.
- Henriques, F. (2001)** – “A noção da qualidade em edifícios”, in: *Construção 2001*. Lisboa: Instituto Superior técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Hovde, P (2004)** – *Factor methods for service life prediction*. CIB W080 / RILEM 175 SLM: Service Life Methodologies Prediction of service life for Buildings and Components, Task Group: Performance based methods of service life prediction. Norway: Trondheim, pp. 1-51.
- INE (2008)** – *Estatísticas da Construção e Habitação*, Lisboa: Instituto Nacional de Estatística
- ISO (1984)** – *Performance standards in building*– Principles for their preparation and factors to be considered, ISO 6241, Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO (2000)** – *Building and construct assets - Service life planning - Part 1: General principles*. ISO 15686-1, London: British Standard, International Organization for Standardization.
- ISO (2001)** – *Building and construct assets - Service life planning - Part 2: Service life prediction procedures*. ISO 15686-2, London: British Standard, International Organization for Standardization.
- ISO (2002)** – *Building and construct assets: Service life planning - Part 3: Performance audits and reviews*. ISO 15686-3, London: British Standard, International Organization for Standardization.
- ISO (2006)** – *Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 7: Performance evaluation for feedback of service life data from practice*. ISO 15686-7. Geneva: International Organization for Standardization.
- Jernberg, P. (1999)** – *Overview and notional concepts on performance and service life*. 8th Int. Conference on durability of building materials e components, Vancouver: 1999, pp. 1417-1425.
- Lair, J. et al (2003)** – Operational methods for implementing durability in service life planning framework, Wellington: CIB World Building Congress, paper 176.
- LNEC (2005)** – http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/Edif_ant_1755.html [Acedido em 01.09.2011].
- LNEC (2011)** – <http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DED/NA/arq/ntp/vilas/p-vilas.htm> [Acedido em 01.09.2011].
- Lopes, T. (2010)** – *Estado de conservação de edifícios de habitação*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, 274p.

Matos, M. (2010) – *Durabilidade como critério de projecto. O método factorial no contexto português*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

NAHB (2007) – *Study of Life expectancy of Home components*, National Association of Home Builders, Washington, DC.

Paiva, J.V. (2003) – “A actividade do LNEC no domínio da patologia e reabilitação de edifícios”, in: PATORREB 2003. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 37 p.

Quintela (2006) – *Durabilidade de revestimentos exteriores de parede em reboco monocamada*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Rodrigues, R. C.; Rocha, P. (2006) – “Recomendações para a concepção arquitectónica de vãos exteriores de edifícios na perspectiva da manutenção”, in: QIC2006 – Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Rodrigues, P. (2007) – *Sistemas e interfaces em edifícios, caracterização e método de controlo de projectos para habitação colectiva*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, Universidade de Lisboa.

Rodrigues, F. (2009) – *Avaliação da qualidade dos edifícios de habitação após ocupação em Portugal: Uma proposta*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Rudbeck, C. (2005) – *Service life of building Envelope components: making it operational in economical assessment*, **16**, issue 2, Denmark: Construction and Buildings Materials, pp. 83-89.

Sá, A. (2005) – *Durabilidade de cimentos cola em revestimentos cerâmicos aderentes a fachadas*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Porto: Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 168p.

Santo, F. (2009) – “Reabilitação, requalificação, reciclagem”, in: Ingenium, **113**, Lisboa, Setembro/Outubro, pp:3-25.

Santos, A. (2000) – *Edifícios de escritórios em Lisboa: Um contributo para o Estado da sua História*, Trabalho de síntese para as provas de aptidão pedagógica. Lisboa: Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa, 95p.

Santos, L.; Costa, J.; Soares, P. (2004) – “Avaliação das deficiências originárias na informação constante dos projectos e documentação. Construção 2004, 2º Congresso nacional da construção. Porto: Faculdade de Engenharia do Porto, 2004, pp. 325-330.

Santos, R. (2011) – *Modelação de paredes resistentes em betão-armado*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa.

Sequeira, J. (2003) – *Redução de erros em obras de construção civil: estudo sobre obras de controlo de qualidade reduzido*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 201p.

Silva, A. F. (2009) – *Previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural de Paredes*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

Sjöström, C; Hywel, D. (2005) – *Built to last: service life planning*. [Em linha] [consultado em 06/06/10]. Disponível em www: url: http://www.iso.org/iso/iso-focus_2005-12_p13.pdf

Slaughter, E.S. (2001) – “Design strategies to increase building flexibility”, in: *Building Research e Information*, **29** (3), May, pp.:208-217.

Sousa, R.B. (2008) – *Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachada*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, pp:7-24.

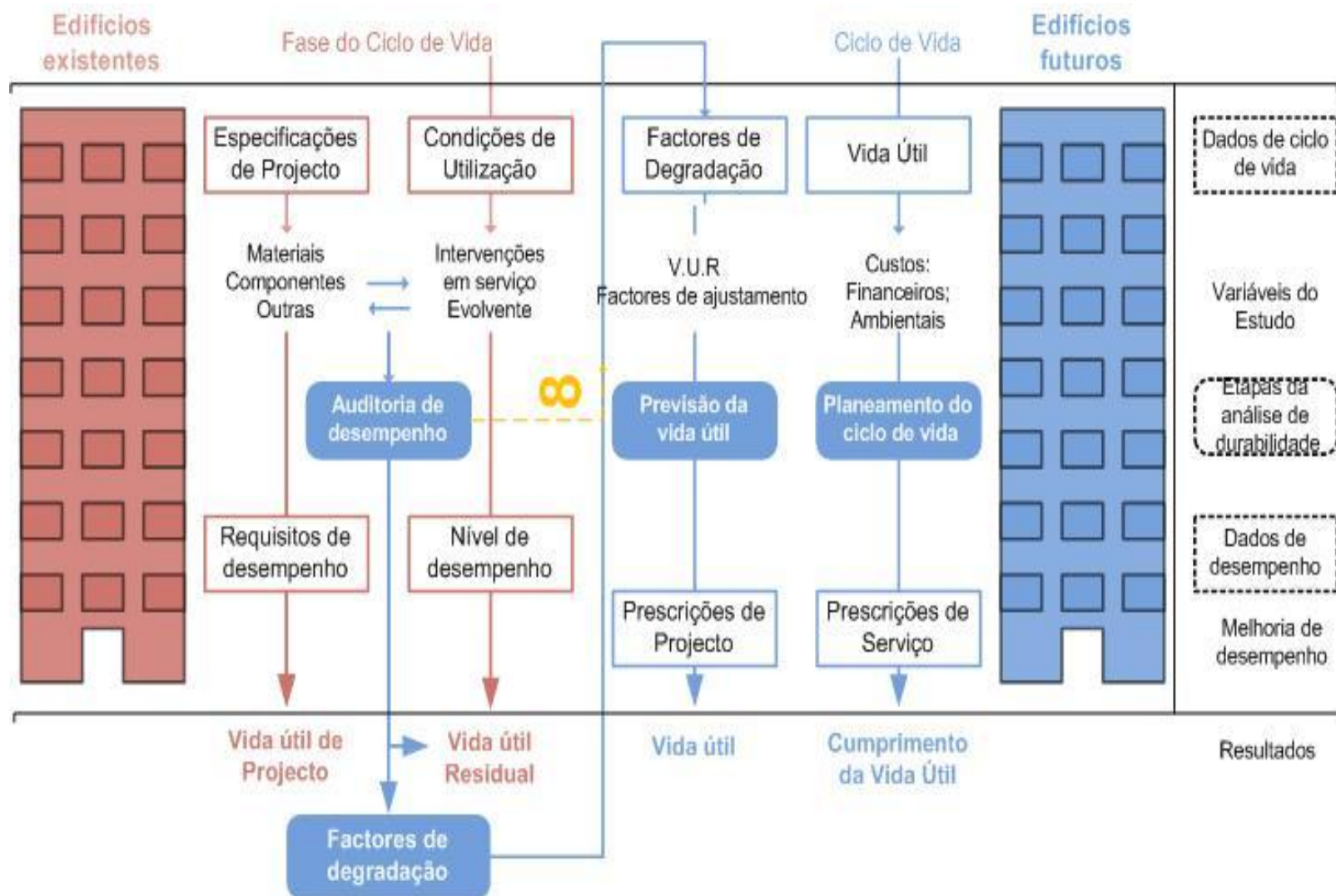
Valor, J (1997) – *Arquitectura y máquina: una catalogación*. Revista Bau. Madrid: Ysla, ISSN 1130-1902. 15, pp: 116-119.

Watt, D. (1999) – *Building pathology: Principles and practice*, Blackwell Science Inc.

Zarzar Júnior, F. (2007) – *Metodologia para estimar a vida útil de elementos construtivos, baseado no método dos fatores*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Recife: Universidade Católica de Pernambuco, 175p.

ANEXOS

Anexo 1 – Proposta de metodologia de análise de ciclo de vida



Anexo 2 – Inquérito ao utilizador

CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE UMA HABITAÇÃO APÓS OCUPAÇÃO

INQUÉRITO DE ESCALA DE IMPORTÂNCIA

Informação geral sobre o utilizador: se não residir numa habitação tipo prédio de apartamentos, por favor não preencha o inquérito.

Profissão:					
Idade:			Sexo:		
Concelho de residência:			Freguesia:		
Características da habitação:					
Apartamento? (Sim/Não)		Tipologia (T1, T2...):		Andar:	

Por cada grupo abaixo, preencha de amarelo o rectângulo do número (à direita) que melhor se adequa à sua opinião sobre a importância do assunto. Utilize a escala acima para corresponder à sua opinião.

I. Localização					
Característica de Qualidade	Escala de Importância				
	Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1. Proximidade de uma escola primária	1	2	3	4	5
2. Proximidade de um parque para crianças	1	2	3	4	5
3. Existência de equipamentos desportivos devidamente equipados	1	2	3	4	5
4. Zona não poluída (linhas de água, redes de alta voltagem, cheiros, etc.)	1	2	3	4	5
5. Zona sem poluição sonora (indústrias, estradas, caminhos de ferro, aeroportos, etc.)	1	2	3	4	5
6. Existência de espaços de comércio e/ou serviços	1	2	3	4	5
7. Proximidade de paragens de transporte público	1	2	3	4	5
II. Áreas de habitação					
Característica de Qualidade	Escala de Importância				
	Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1. Área total da habitação	1	2	3	4	5
2. Área da cozinha	1	2	3	4	5
3. Área dos espaços de circulação e arrumos	1	2	3	4	5
4. Área da sala	1	2	3	4	5

5.	Área dos quartos	1	2	3	4	5
6.	Existência de um espaço de refeições separado da sala ou da cozinha	1	2	3	4	5
7.	Estacionamento para visitas	1	2	3	4	5
III. Funcionalidade dos espaços						
Característica de Qualidade		Escala de Importância				
		Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1.	Habitação que permita uma futura expansão ou alteração de espaços	1	2	3	4	5
2.	Acessibilidade a todos os compartimentos	1	2	3	4	5
3.	Espaço na cozinha para distribuição dos móveis e utensílios doméstico	1	2	3	4	5
4.	Existência de espaço suficiente para abrir e fechar, portas e janelas, uma vez mobilado	1	2	3	4	5
5.	Espaço para o mobiliário no quarto permitindo boa circulação	1	2	3	4	5
6.	Sequência da bancada de trabalho na cozinha (ex.: preparar, cozinhar, lavar)	1	2	3	4	5
7.	Espaço de preparação e confecção de alimentos na cozinha	1	2	3	4	5
IV. Conforto						
Característica de Qualidade		Escala de Importância				
		Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1.	Dimensão das janelas dos compartimentos principais	1	2	3	4	5
2.	Janelas que não tenham obstáculos, como paredes e muros, que não permitam a entrada de luz natural	1	2	3	4	5
3.	Boas características térmicas da habitação que permitam reduzir ou anular a necessidade de utilização de sistemas de aquecimento ou arrefecimento (ex.: habitação fresca de Verão e quente no Inverno)	1	2	3	4	5
4.	Sistema de aquecimento da sua habitação no Inverno	1	2	3	4	5
5.	Sistema de aquecimento de águas	1	2	3	4	5
6.	Habitação submetida a Teste Acústico	1	2	3	4	5
7.	Zonas de descanso não são adjacentes a elevadores ou outros sistemas mecânicos (ex.: parede do quarto coincide com a parede dos elevadores)	1	2	3	4	5
8.	A parede do quarto coincide com a parede do hall principal	1	2	3	4	5
9.	Zonas de descanso não são adjacentes a zonas comuns do edifício	1	2	3	4	5
10.	Existência de ventilação natural nas casas de banho	1	2	3	4	5
11.	Existência de ventilação natural na cozinha	1	2	3	4	5
12.	Cozinha com boa iluminação	1	2	3	4	5

13.	Sala com boa iluminação	1	2	3	4	5
V. Aspectos construtivos						
Característica de Qualidade		Escala de Importância				
		Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1.	Não existência de manchas de humidade e bolores nas paredes e tectos das cozinhas e casas de banhos	1	2	3	4	5
2.	Não existência de manchas de humidade nas paredes e tectos nos outros compartimentos	1	2	3	4	5
3.	Não existência de paredes e tectos com descasque de tinta ou de reboco	1	2	3	4	5
4.	Não descolagem de revestimentos cerâmico	1	2	3	4	5
5.	Não descolagem de rodapé	1	2	3	4	5
6.	Não existência de pavimentos de madeira danificado	1	2	3	4	5
7.	Não existência de ferrugem ou apodrecimento da caixilharia	1	2	3	4	5
8.	Não existência de manchas de humidade ou bolores em paredes e tectos	1	2	3	4	5
9.	Não existência de fissuras nas paredes e tectos	1	2	3	4	5
10.	Não existência de degraus danificados nas escadas	1	2	3	4	5
11.	Eficiência dos sistemas de segurança contra acidentes nas escadas	1	2	3	4	5
VI. Privacidade						
Característica de Qualidade		Escala de Importância				
		Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1.	Privacidade dentro da sua habitação (zonas privativas separadas das zonas comuns ou que não as utilize para circulação como por exemplo fazer a passagem de um quarto para uma casa de banho sem ter que passar pela sala)	1	2	3	4	5
2.	Privacidade em relação a outras habitações;	1	2	3	4	5
3.	Janelas que possuam dispositivos de oclusão (estores, cortinas)	1	2	3	4	5
VII. Aparência						
Característica de Qualidade		Escala de Importância				
		Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1.	Aparência da sua habitação	1	2	3	4	5
VIII. Áreas comuns						
Característica de Qualidade		Escala de Importância				
		Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1.	Manutenção dos corredores, escadas e áreas comuns internas e/ou externas	1	2	3	4	5
IX. Segurança						

Característica de Qualidade	Escala de Importância				
	Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1. Distância suficiente entre a porta da habitação e o acesso à caixa de escadas para evacuação, em caso de incêndio	1	2	3	4	5
2. Existência de sinalização de evacuação em caso de incêndio nas áreas de circulação comuns	1	2	3	4	5
3. Existência de sinalização de evacuação em caso de incêndio nas garagens	1	2	3	4	5
4. Número de fachadas de combate a incêndio	1	2	3	4	5
5. Espaço de manobra para a circulação de veículos de emergência	1	2	3	4	5
6. Segurança na sua habitação	1	2	3	4	5
7. Segurança no seu edifício	1	2	3	4	5
8. Segurança contra acidentes nas escadas	1	2	3	4	5
9. Existência de barras de segurança nas varandas	1	2	3	4	5
10. Altura das janelas	1	2	3	4	5
X. Estacionamento					
Característica de Qualidade	Escala de Importância				
	Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1. Existência de estacionamento exterior	1	2	3	4	5
2. Existência de garagem	1	2	3	4	5
3. Quantidade de estacionamento para moradores	1	2	3	4	5
4. Estacionamento seguro	1	2	3	4	5
XI. Espaço envolvente					
Característica de Qualidade	Escala de Importância				
	Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1. Área envolvente equilibrada	1	2	3	4	5
2. Conformidade entre os edifícios	1	2	3	4	5
3. Elementos do local estão co-ordenados entre si	1	2	3	4	5
4. Vista das janelas livres de obstáculos visuais	1	2	3	4	5
5. Unidades agrupadas para tirar proveito da topografia do local	1	2	3	4	5
6. Vantagem solar para a paisagem, calor e luz	1	2	3	4	5
7. Variedade de plantas/árvores	1	2	3	4	5
8. Árvores nos espaços públicos e/ou estrada	1	2	3	4	5
9. Iluminação artificial nas vias públicas do conjunto habitacional (evita pontos escuros)	1	2	3	4	5

10. Os elementos externos estão associados com as habitações (muros e cercas, garagens, electricidade, corrimões, etc.)	1	2	3	4	5
11. Existe uma paisagem arquitectónica qualificada	1	2	3	4	5
12. Conforto visual	1	2	3	4	5
XII. Mobilidade					
Característica de Qualidade	Escala de Importância				
	Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1. Circulação segura de peões	1	2	3	4	5
2. Iluminação das ruas relacionada com o edifício	1	2	3	4	5
3. Facilidade de circulação no local	1	2	3	4	5
XIII. Acessibilidade					
8. Característica de Qualidade	9. Escala de Importância				
	Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1. Elevadores com espaço para uma cadeira de rodas mais acompanhante	1	2	3	4	5
2. Existência de estacionamento para deficientes	1	2	3	4	5
3. Existência de rampas de acesso às áreas comuns e estacionamento	1	2	3	4	5
4. Espaço para circulação de cadeira de rodas nos espaços comuns do edifício	1	2	3	4	5
XIV. Sustentabilidade e Ambiente					
10. Característica de Qualidade	11. Escala de Importância				
	Nada	Não muito	Sem opinião	Talvez	Bastante
1. Não existência de perdas de calor de modo a aumentar o consumo de energia	1	2	3	4	5
2. Possibilidade ou existência de instalação de sistemas de energia renovável	1	2	3	4	5
3. Habitação com equipamentos e acessórios de baixa energia	1	2	3	4	5

Anexo 3 – Descrição geral da amostra

	Profissão	Sexo	Idade	Concelho	Freguesia	Tipologia	Andar
1	Eng.º Civil	M	25	Cascais	Cascais	T3	1º
2	Eng.º Informática	F	41	Lisboa	Benfica	T2	5º
3	Eng.º Civil	M	25	Loulé	S. Clemente	T4	1º
4	Eng.º Civil	M	24	Sines	Porto Covo	T2	1º
5	Eng.º Civil	M	27	Sintra	S. Maria e S. Miguel	T3	R/C
6	Arquitecto	M	28	Lisboa	S. Sebastião da Pedreira	T3	2º
7	Eng.º Civil	M	53	Cascais	Estoril	T3	1º
8	Médico	M	57	Funchal	S. Maria Maior	T3	2º
9	Eng.º Electrotécnica	F	48	Cascais	Parede	T4	4º
10	Eng.º Civil	F	24	Lisboa	Alto do Pina	T2	3º
11	Eng.º Informático	M	33	Cascais	Parede	T3	1º
12	Eng.º Ambiente	F	24	Porto	Aldoar	T4	4º
13	Arquitecto	F	31	Cascais	S. Domingos de Rana	T2	1º
14	Eng.º Civil	M	38	Sines	Sines	T1	2º
22	Eng.º Ambiente	F	30	Almada	Charneca da Caparica	T2	R/C
16	Eng.º Biológica	F	24	Aveiro	Vera Cruz	T4	4º
17	Eng.º Civil	M	26	Lisboa	S. Mamede	T4	4º
18	Eng.º Civil	M	59	Amadora	Alfragide	T4	3º
19	Eng.º Mecânico	M	55	Cascais	Alcabideche	T3	1º
20	Eng.º Civil	M	32	Lisboa	Campolide	T2	1º
21	Eng.º Civil	F	32	Lisboa	S. Domingos de Benfica	T4	6º
22	Eng.º Civil	M	45	Lisboa	Alcântara	T3	1º
23	Arquitecto	F	39	Sines	Sines	T3	R/C
24	Comercial	M	24	Cascais	Estoril	T3	4º
25	Bióloga	F	27	Lyon	Lyon	T2	3º
26	Desenhador	M	44	Cascais	Alcabideche	T4	1º
27	Advogada	F	29	Lisboa	S. Sebastião da Pedreira	T3	2º
28	Eng.º Civil	M	30	Sines	Sines	T2	3º
29	Topógrafo	M	34	Sines	Sines	T2	3º
30	Encarregado Geral	M	59	Maia	Maia	T3	2º
31	Preparador de obras	M	58	Loures	S. Julião do Tojal	T3	1º

Anexo 4 – Resultados do inquérito

Grupos/ Características de Qualidade		Média		Escala de importância				
		Amostra	Eng. Civil	1	2	3	4	5
I.	Localização	3,80	3,74	9,68%	14,29%	5,99%	26,73%	43,32%
I.1	Proximidade de uma escola primária	3,32	3,00	16,13%	22,58%	12,90%	9,68%	38,71%
I.2	Proximidade de um parque para crianças	3,29	3,25	12,90%	25,81%	6,45%	29,03%	25,81%
I.3	Existência de equipamentos desportivos devidamente equipados	3,65	3,92	6,45%	19,35%	9,68%	32,26%	32,26%
I.4	Zona não poluída (linhas de água, redes de alta voltagem, cheiros, etc.)	4,58	4,67	0,00%	6,45%	0,00%	22,58%	70,97%
I.5	Zona sem poluição sonora (indústrias, estradas, caminhos de ferro, aeroportos, etc.)	4,35	4,50	3,23%	6,45%	3,23%	25,81%	61,29%
I.6	Existência de espaços de comércio e/ou serviços	3,90	4,00	6,45%	12,90%	3,23%	38,71%	38,71%
I.7	Proximidade de paragens de transporte público	3,48	2,83	22,58%	6,45%	6,45%	29,03%	35,48%
II.	Áreas de habitação	3,82	3,85	4,15%	10,14%	19,35%	31,80%	34,56%
II.1	Área total da habitação	4,19	4,25	0,00%	9,68%	6,45%	38,71%	45,16%
II.2	Área da cozinha	4,06	4,08	0,00%	6,45%	12,90%	48,39%	32,26%
II.3	Área dos espaços de circulação e arrumos	3,90	4,33	3,23%	6,45%	25,81%	25,81%	38,71%
II.4	Área da sala	4,55	4,58	3,23%	0,00%	0,00%	32,26%	64,52%
II.5	Área dos quartos	4,06	3,92	0,00%	6,45%	22,58%	29,03%	41,94%
II.6	Existência de um espaço de refeições separado da sala ou da cozinha	3,29	2,83	9,68%	12,90%	35,48%	22,58%	19,35%
II.7	Estacionamento para visitas	2,71	2,92	12,90%	29,03%	32,26%	25,81%	0,00%
III.	Funcionalidade dos espaços	4,12	4,26	2,30%	5,53%	15,67%	30,88%	45,62%
III.1	Habitação que permita uma futura expansão ou alteração de espaços	2,94	2,83	16,13%	25,81%	12,90%	38,71%	6,45%
III.2	Acessibilidade a todos os compartimentos	3,97	3,92	0,00%	6,45%	22,58%	38,71%	32,26%
III.3	Espaço na cozinha para distribuição dos móveis e utensílios domésticos	4,19	4,33	0,00%	0,00%	22,58%	35,48%	41,94%
III.4	Existência de espaço suficiente para abrir e fechar, portas e janelas, uma vez mobilado	4,61	4,75	0,00%	0,00%	9,68%	19,35%	70,97%
III.5	Espaço para o mobiliário no quarto permitindo boa circulação	4,45	4,75	0,00%	0,00%	9,68%	35,48%	54,84%
III.6	Sequência da bancada de trabalho na cozinha (ex.: preparar, cozinhar, lavar)	4,26	4,50	0,00%	3,23%	19,35%	25,81%	51,61%
III.7	Espaço de preparação e confecção de alimentos na cozinha	4,42	4,75	0,00%	3,23%	12,90%	22,58%	61,29%

Grupos/ Características de Qualidade		Média		Escala de importância				
		Amostra	Eng. Civil	1	2	3	4	5
IV.	Conforto	4,29	4,31	1,24%	4,47%	9,93%	33,25%	51,12%
IV.1	Dimensão das janelas dos compartimentos principais	4,52	4,42	0,00%	3,23%	0,00%	38,71%	58,06%
IV.2	Janelas que não tenham obstáculos, como paredes e muros, que não permitam a entrada de luz natural	4,71	4,83	3,23%	0,00%	0,00%	16,13%	80,65%
IV.3	Boas características térmicas da habitação que permitam reduzir ou anular a necessidade de utilização de sistemas de aquecimento ou arrefecimento (ex.: habitação fresca de Verão e quente no Inverno)	4,48	4,50	0,00%	3,23%	3,23%	35,48%	58,06%
IV.4	Sistema de aquecimento da sua habitação no Inverno	4,58	4,58	0,00%	0,00%	3,23%	35,48%	61,29%
IV.5	Sistema de aquecimento de águas	4,58	4,50	0,00%	0,00%	6,45%	29,03%	64,52%
IV.6	Habitação submetida a Teste Acústico	3,87	3,92	6,45%	3,23%	19,35%	38,71%	32,26%
IV.7	Zonas de descanso não são adjacentes a elevadores ou outros sistemas mecânicos (ex.: parede do quarto coincide com a parede dos elevadores)	4,00	4,17	0,00%	12,90%	12,90%	35,48%	38,71%
IV.8	A parede do quarto coincide com a parede do hall principal	3,00	2,92	6,45%	22,58%	35,48%	35,48%	0,00%
IV.9	Zonas de descanso não são adjacentes a zonas comuns do edifício	3,77	4,08	0,00%	9,68%	29,03%	35,48%	25,81%
IV.10	Existência de ventilação natural nas casas de banho	4,35	4,25	0,00%	3,23%	9,68%	35,48%	51,61%
IV.11	Existência de ventilação natural na cozinha	4,71	4,58	0,00%	0,00%	0,00%	29,03%	70,97%
IV.12	Cozinha com boa iluminação	4,45	4,58	0,00%	0,00%	6,45%	41,94%	51,61%
IV.13	Sala com boa iluminação	4,68	4,67	0,00%	0,00%	3,23%	25,81%	70,97%
V.	Aspectos construtivos	4,49	4,57	2,64%	1,76%	5,87%	23,46%	66,28%
V.1	Não existência de manchas de humidade e bolores nas paredes e tectos das cozinhas e casas de banhos	4,81	4,92	3,23%	0,00%	0,00%	6,45%	90,32%
V.2	Não existência de manchas de humidade nas paredes e tectos nos outros compartimentos	4,81	4,92	3,23%	0,00%	0,00%	6,45%	90,32%
V.3	Não existência de paredes e tectos com descasque de tinta ou de reboco	4,58	4,67	0,00%	3,23%	3,23%	25,81%	67,74%
V.4	Não descolagem de revestimentos cerâmico	4,45	4,58	3,23%	0,00%	9,68%	22,58%	64,52%
V.5	Não descolagem de rodapé	4,35	4,42	3,23%	3,23%	3,23%	35,48%	54,84%
V.6	Não existência de pavimentos de madeira danificado	4,42	4,42	3,23%	0,00%	6,45%	32,26%	58,06%
V.7	Não existência de ferrugem ou apodrecimento da caixilharia	4,48	4,50	3,23%	3,23%	0,00%	29,03%	64,52%
V.8	Não existência de manchas de humidade ou bolores em paredes e tectos	4,81	4,92	3,23%	0,00%	0,00%	6,45%	90,32%
V.9	Não existência de fissuras nas paredes e tectos	4,45	4,50	0,00%	6,45%	6,45%	22,58%	64,52%
V.10	Não existência de degraus danificados nas escadas	4,26	4,33	3,23%	0,00%	12,90%	35,48%	48,39%
V.11	Eficiência dos sistemas de segurança contra acidentes nas escadas	3,97	4,08	3,23%	3,23%	22,58%	35,48%	35,48%

Grupos/ Características de Qualidade		Média		Escala de importância				
		Amostra	Eng. Civil	1	2	3	4	5
VI.	Privacidade	4,44	4,28	0,00%	1,08%	10,75%	31,18%	56,99%
VI.1	Privacidade dentro da sua habitação (zonas privativas separadas das zonas comuns ou que não as utilize para circulação como por exemplo fazer a passagem de um quarto para uma casa de banho sem ter que passar pela sala)	4,68	4,50	0,00%	0,00%	6,45%	19,35%	74,19%
VI.2	Privacidade em relação a outras habitações	4,39	4,25	0,00%	0,00%	12,90%	35,48%	51,61%
VI.3	Janelas que possuam dispositivos de oclusão (estores, cortinas)	4,26	4,08	0,00%	3,23%	12,90%	38,71%	45,16%
VII.	Aparência	4,16	4,17	0,00%	3,23%	12,90%	48,39%	35,48%
VII.1	Aparência da sua habitação	4,16	4,17	0,00%	3,23%	12,90%	48,39%	35,48%
VIII.	Áreas comuns	4,00	4,25	6,45%	3,23%	6,45%	51,61%	32,26%
VIII.1	Manutenção dos corredores, escadas e áreas comuns internas e/ou externas	4,00	4,25	6,45%	3,23%	6,45%	51,61%	32,26%
IX.	Segurança	3,85	3,97	2,26%	8,71%	21,94%	36,45%	30,65%
IX.1	Distância suficiente entre a porta da habitação e o acesso à caixa de escadas para evacuação, em caso de incêndio	3,74	4,08	6,45%	9,68%	16,13%	38,71%	29,03%
IX.2	Existência de sinalização de evacuação em caso de incêndio nas áreas de circulação comuns	3,45	3,67	6,45%	16,13%	19,35%	41,94%	16,13%
IX.3	Existência de sinalização de evacuação em caso de incêndio nas garagens	3,45	3,83	6,45%	12,90%	29,03%	32,26%	19,35%
IX.4	Número de fachadas de combate a incêndio	3,55	3,67	0,00%	16,13%	32,26%	32,26%	19,35%
IX.5	Espaço de manobra para a circulação de veículos de emergência	3,90	3,83	0,00%	3,23%	32,26%	35,48%	29,03%
IX.6	Segurança na sua habitação	4,19	4,50	3,23%	3,23%	6,45%	45,16%	41,94%
IX.7	Segurança no seu edifício	4,19	4,42	0,00%	3,23%	16,13%	38,71%	41,94%
IX.8	Segurança contra acidentes nas escadas	3,65	3,75	0,00%	12,90%	29,03%	38,71%	19,35%
IX.9	Existência de barras de segurança nas varandas	4,29	4,08	0,00%	6,45%	9,68%	32,26%	51,61%
IX.10	Altura das janelas	4,03	3,83	0,00%	3,23%	29,03%	29,03%	38,71%
X.	Estacionamento	4,12	4,10	4,03%	4,84%	13,71%	29,84%	47,58%
X.1	Existência de estacionamento exterior	4,03	3,83	6,45%	0,00%	12,90%	45,16%	35,48%
X.2	Existência de garagem	4,23	4,33	3,23%	9,68%	9,68%	16,13%	61,29%
X.3	Quantidade de estacionamento para moradores	4,00	4,08	3,23%	6,45%	16,13%	35,48%	38,71%
X.4	Estacionamento seguro	4,23	4,17	3,23%	3,23%	16,13%	22,58%	54,84%

Grupos/ Características de Qualidade		Média		Escala de importância				
		Amostra	Eng. Civil	1	2	3	4	5
XI.	Espaço envolvente	3,91	3,94	1,08%	9,68%	16,40%	44,35%	28,76%
XI.1	Área envolvente equilibrada	4,16	4,17	3,23%	3,23%	12,90%	48,39%	35,48%
XI.2	Conformidade entre os edifícios	3,65	3,58	0,00%	3,23%	22,58%	41,94%	19,35%
XI.3	Elementos do local estão co-ordenados entre si	3,58	3,75	0,00%	16,13%	22,58%	38,71%	19,35%
XI.4	Vista das janelas livres de obstáculos visuais	4,29	4,33	0,00%	19,35%	3,23%	51,61%	41,94%
XI.5	Unidades agrupadas para tirar proveito da topografia do local	3,71	3,67	3,23%	0,00%	29,03%	32,26%	25,81%
XI.6	Vantagem solar para a paisagem, calor e luz	4,42	4,50	0,00%	12,90%	9,68%	29,03%	58,06%
XI.7	Variedade de plantas/árvores	3,42	3,58	0,00%	3,23%	22,58%	29,03%	22,58%
XI.8	Árvores nos espaços públicos e/ou estrada	3,77	4,08	6,45%	19,35%	12,90%	38,71%	29,03%
XI.9	Iluminação artificial nas vias públicas do conjunto habitacional (evita pontos escuros)	4,45	4,25	0,00%	19,35%	3,23%	48,39%	48,39%
XI.10	Os elementos externos estão associados com as habitações (muros e cercas, garagens, electricidade, corrimões, etc.)	3,61	3,58	0,00%	0,00%	29,03%	51,61%	9,68%
XI.11	Existe uma paisagem arquitectónica qualificada	3,65	3,42	0,00%	9,68%	25,81%	54,84%	9,68%
XI.12	Conforto visual	4,16	4,33	0,00%	9,68%	3,23%	67,74%	25,81%
XII.	Mobilidade	4,12	4,06	0,00%	3,23%	15,05%	48,39%	33,33%
XII.1	Circulação segura de peões	4,16	4,17	0,00%	3,23%	12,90%	48,39%	35,48%
XII.2	Iluminação das ruas relacionada com o edifício	4,06	3,92	0,00%	3,23%	16,13%	51,61%	29,03%
XII.3	Facilidade de circulação no local	4,13	4,08	0,00%	3,23%	16,13%	45,16%	35,48%
XIII.	Acessibilidade	3,65	3,63	4,03%	12,90%	30,65%	19,35%	33,06%
XIII.1	Elevadores com espaço para uma cadeira de rodas mais acompanhante	3,77	3,75	3,23%	9,68%	29,03%	22,58%	35,48%
XIII.2	Existência de estacionamento para deficientes	3,45	3,50	6,45%	16,13%	32,26%	16,13%	29,03%
XIII.3	Existência de rampas de acesso às áreas comuns e estacionamento	3,71	3,58	3,23%	16,13%	22,58%	22,58%	35,48%
XIII.4	Espaço para circulação de cadeira de rodas nos espaços comuns do edifício	3,65	3,67	3,23%	9,68%	38,71%	16,13%	32,26%
XIV.	Sustentabilidade e Ambiente	4,16	4,42	0,00%	5,38%	9,68%	48,39%	36,56%
XIV.1	Não existência de perdas de calor de modo a aumentar o consumo de energia	4,26	4,50	0,00%	3,23%	9,68%	45,16%	41,94%
XIV.2	Possibilidade ou existência de instalação de sistemas de energia renovável	3,97	4,33	0,00%	9,68%	9,68%	54,84%	25,81%
XIV.3	Habitação com equipamentos e acessórios de baixa energia	4,26	4,42	0,00%	3,23%	9,68%	45,16%	41,94%
	Valores médios	4,07	4,11	2,70%	6,32%	13,88%	36,00%	41,11%

Anexo 5 – Excerto do manual HAPM (1999)

HAPM		1 - Flooring Components		TYPE																		
Ground floor	Inter-mediate floors	Description	Maintenance	LOCATIONS - Ground floor, Intermediate floors																		
Web joists																						
D1	C1	BBA or other 3rd party certified web joists comprising timber/wood based panel web, bonded with WBP adhesive to solid/laminated timber flanges.	None.																			
D2	C2	BBA or other 3rd party certified web joists comprising galvanized steel web(s), tooth connected to solid/laminated timber flanges.	None.																			
U1	U1	Uninsured, i.e. web joists not BBA certified and/or not WBP bonded.	None.																			
Laminated veneer lumber (LVL)																						
D1	C1	BBA or other 3rd party certified laminated veneer lumber (LVL), bonded with WBP adhesive.	None.																			
U1	U1	Uninsured, ie laminated veneer lumber not BBA certified and/or not WBP bonded.	None.																			
<p>Adjustment factors Wall contact below DPC: uninsured</p> <p>Assumptions Structural timber to be designed and installed to BS 5268. Installation of timber items to be in accordance with good practice regarding the use of DPC's, vapour barriers, ventilation etc. Flanges of web joists must not be drilled, notched or otherwise altered on site. Any holes drilled in the webs of timber/metal web joists must be within the limits specified by the manufacturer/Agreement Certificate. Installation (including provision of lateral restraint, bracing) in accordance with manufacturer's guidance.</p>																						
1.6a		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> <th>U</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>35+ yrs</td> <td>35 yrs</td> <td>30 yrs</td> <td>25 yrs</td> <td>20 yrs</td> <td>15 yrs</td> <td>10 yrs</td> <td>5 yrs</td> <td>uninsured</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	E	F	G	H	U	35+ yrs	35 yrs	30 yrs	25 yrs	20 yrs	15 yrs	10 yrs	5 yrs	uninsured	<p>Timber joists</p> <p>SUB TYPES</p> <p>Web joists Laminated veneer lumber (LVL)</p>
A	B	C	D	E	F	G	H	U														
35+ yrs	35 yrs	30 yrs	25 yrs	20 yrs	15 yrs	10 yrs	5 yrs	uninsured														
SPRING 1997																						