

# **Previsão da vida útil de revestimentos de piso lenhosos**

**Pedro Alves Braz Magalhães Coelho**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

## **Engenharia Civil**

Orientadores: Professor Doutor Jorge Manuel Caliço Lopes de Brito

Doutora Ana Filipa Ferreira da Silva Cigarro Matos

### **Júri**

Presidente: Professora Doutora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva

Orientador: Doutora Ana Filipa Ferreira da Silva Cigarro Matos

Vogal: Professor Doutor José Dinis Silvestre

**Maio de 2020**



## Declaração

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



## Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer ao Professor Jorge de Brito e à Doutora Ana Filipa Ferreira da Silva, pela constante disponibilidade e interesse demonstrado durante a realização da dissertação.

Agradeço igualmente a todos os que contribuíram para a realização desta dissertação disponibilizando o acesso às suas habitações. Gostaria também de agradecer às diversas empresas e profissionais que se disponibilizaram a partilhar o seu vasto conhecimento comigo.

Gostaria de agradecer à minha família e amigos, por todo o apoio incondicional e por todos os bons momentos de descontração e felicidade que passamos juntos.

Agradeço ao meu irmão, por todo o amor e companheirismo. E por me fazer acreditar que sou capaz de fazer o impossível.

Queria agradecer aos meus pais, porque sem eles nada disto seria possível. Agradeço-lhes por toda a exigência e todo o amor que sempre me fizeram sentir. São estes os alicerces que me irão permitir um dia seguir o seu exemplo de resiliência, ambição e compreensão.

Gostaria de dedicar este trabalho à minha avó Fernanda, como forma de agradecimento por todo o amor, carinho, conselhos, ajuda, paciência e confiança que sempre me transmitiu.

A todos, o meu muito obrigado, por todos os dias me lembrarem que a vida é finita. E que morrermos ainda em vida, não é para pessoas como eu.



**Título:** Previsão da vida útil de revestimentos de piso lenhosos

## **Sumário**

A previsão da vida útil das construções é objeto de estudo há vários anos; no entanto, tem-se verificado uma crescente preocupação por parte dos intervenientes na construção relativamente à durabilidade dos materiais utilizados, com vista a uma gestão mais racional dos recursos escassos, tornando a construção mais sustentável.

A presente dissertação segue a linha de investigação desenvolvida em trabalhos anteriores na previsão de vida útil de outros materiais. A metodologia utilizada baseia-se no levantamento do estado de degradação de 97 pisos lenhosos, com base em informação recolhida em trabalho de campo, através de inspeção visual. Posteriormente, trata-se essa informação, o que possibilita a definição de curvas de degradação, que ilustram graficamente a perda de desempenho dos pavimentos ao longo do tempo, permitindo definir um padrão de degradação e uma vida útil de referência.

É importante salientar que, na presente dissertação, é a primeira vez que esta metodologia, anteriormente aplicada a revestimentos exteriores, é aplicada a elementos no interior de edificações. Verificou-se que o modelo aplicado permitiu obter resultados adequados e coerentes, tendo em conta a extensa gama de características dos pavimentos. A dispersão de resultados pode ser explicada pela reduzida dimensão da amostra (97 casos de estudo). A vida útil de referência obtida é de 32 anos, estando dentro dos valores expectáveis de vida útil dos pavimentos em piso lenhoso. Da análise da evolução da degradação segundo as características dos pavimentos lenhosos inspecionados, pode concluir-se que: i) todos os tipos de acabamentos e todos os tipos de pavimentos são eficazes e duradouros, desde que aplicados de uma forma correta e num espaço adequado a essas características; ii) o tipo de utilização, nível de utilização e o estado de degradação das caixilharias influenciam significativamente a durabilidade e vida útil dos pavimentos lenhosos; e iii) que o tipo de madeira, a proximidade com uma zona húmida, e a periodicidade de manutenção conduzem a alguma variabilidade na estimativa de vida útil, ainda que esta seja menos significativa do que a observada para as características anteriores. Os resultados obtidos neste estudo permitem quantificar a variabilidade da vida útil estimada dos revestimentos de piso lenhosos, em função das suas características, sendo este o primeiro passo para se obter soluções que permitam prolongar a sua vida útil, através da optimização de ações de manutenção, promovendo assim a durabilidade e sustentabilidade destes revestimentos de piso.

**Palavras-chave:** vida útil, durabilidade, modelos de degradação, fenómenos de degradação, pavimentos lenhosos





**Title:** Service life prediction of wood floorings

## **Abstract**

The service life prediction of buildings has been studied since their onset; however, today, a growing concern by the stakeholders in the construction sector has arisen regarding the durability of the materials used, focusing on a more rational management of scarce resources, promoting the sustainability of constructions.

This dissertation follows the research line developed in previous works in the service life prediction of other materials. The methodology used is based on the survey of the degradation phenomena of 97 wood floorings collected in fieldwork through visual inspections. This information is analysed, which allows the definition of degradation curves that graphically illustrate the loss of performance of wood floorings over time, allowing obtaining a degradation pattern and a reference service life.

In this dissertation, this methodology, previously applied to external claddings, is applied for the first time to an element in the interior of the building. In the present dissertation, adequate coherent results are obtained, considering the high variability of wood floorings' characteristics. The dispersion of results can be explained by the statistically small dimension of the sample (97 case studies). . A reference service life of 32 years is obtained, which is within the expected values of the estimated service life of wood floorings. From the analysis of the evolution of the degradation according to the characteristics of the wood floorings inspected, the following conclusions can be drawn: i) all types of finishes and all types of floors are effective and durable, provided that they are applied correctly and in a space appropriate to those characteristics; ii) the type of use, level of use and the state of degradation of window frames significantly influence the durability and service life of the wood floorings analysed; and iii) the type of wood, the proximity to a humid area, and the periodicity of maintenance lead to some variability in the estimated service life of the wood floors, although this is less significant than that observed for the previous characteristics. The results obtained in this study allow quantifying the variability of the estimated service life of wood floorings, according to their characteristics, which is the first step to obtain solutions that allow to prolong their service life, through the optimization of maintenance actions, thus promoting the durability and sustainability of these floorings.

**Keywords:** service life, durability, degradation models, degradation phenomena, wood floorings



# Índice

<b>1 Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1 - Considerações iniciais .....	1
1.2 - Justificação da dissertação.....	2
1.3 - Objetivos e metodologia da dissertação.....	3
1.4 - Organização da dissertação .....	4
<b>2 Tecnologia de revestimentos de pisos lenhosos</b> .....	<b>7</b>
2.1 - Introdução .....	7
2.2 - Tipos de madeira .....	7
2.3 - Tipos de revestimentos de pisos lenhosos.....	8
2.3.1 - Considerações iniciais .....	8
2.3.2 - Madeira maciça .....	9
2.3.2.1 - Lamparquet.....	10
2.3.2.2 - Taco.....	10
2.3.2.3 - Parquetone .....	11
2.3.2.4 - Soalho.....	12
2.3.3 - Pavimentos flutuantes .....	14
2.3.4 - Cortiça .....	15
2.4 - Fatores de degradação da madeira.....	16
2.5 - Conclusão .....	18
<b>3 Trabalho de campo</b> .....	<b>19</b>
3.1 - Introdução .....	19
3.1.1 - Objetivos do trabalho de campo.....	19
3.1.2 - Amostra analisada .....	20
3.2 - Metodologia adotada .....	20
3.2.1 - Levantamento das anomalias.....	20
3.2.2 - Ficha de inspeção e diagnóstico .....	20
3.3 - Classificação e definição dos níveis de degradação .....	21
3.3.1 - Definição dos níveis de degradação das anomalias .....	21
3.3.1.1 - Anomalias estéticas.....	21
3.3.1.2 - Anomalias funcionais.....	22
3.3.1.3 - Anomalias em juntas .....	22
3.4 - Caracterização da amostra analisada .....	24
3.4.1 - Casos excluídos .....	24
3.4.2 - Caracterização dos casos de estudo.....	25
3.4.3 - Caracterização das anomalias observadas nos pavimentos.....	27

3.5 - Conclusão .....	30
<b>4 Modelo de previsão da vida útil .....</b>	<b>31</b>
4.1 - Introdução .....	31
4.2 - Previsão da vida útil .....	31
4.2.1 - Conceito de vida útil e legislação aplicável .....	31
4.2.2 - Critérios de análise da vida útil .....	33
4.2.3 - Métodos de previsão de vida útil .....	34
4.3 - Metodologia utilizada .....	35
4.3.1 - Definição dos coeficientes de ponderação .....	36
4.4 - Curvas de degradação.....	37
4.4.1 - Coeficientes de ponderação .....	39
4.4.2 - Limite máximo de degradação que estabelece o fim da vida útil dos pavimentos lenhosos.....	40
4.4.3 - Curvas de degradação segundo as características dos pavimentos .....	42
4.5 - Discussão dos resultados .....	49
4.5.1 - Vida útil de referência .....	50
4.6 - Conclusão .....	51
<b>5 Conclusão e desenvolvimentos futuros .....</b>	<b>52</b>
5.1 Considerações finais.....	52
5.2 Conclusões gerais.....	52
5.3 Desenvolvimentos futuros.....	54
<b>6 Bibliografia.....</b>	<b>58</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>I</b>
Anexo 1 - Ficha de inspeção.....	III
Anexo 2 - Ficha de inspeção preenchida relativa a um caso de estudo.....	V
Anexo 3 - Caracterização dos edifícios estudados .....	VII
Anexo 4 - Caracterização dos pavimentos estudados .....	XI
Anexo 5 - Caracterização do estado de degradação dos pavimentos inspecionados ..	XVIII

## Índice de Figuras

Figura 1.1: Pranchas de madeira (House of tiles, 2020) .....	1
Figura 1.2: <i>Parquet</i> (Buildirect - Hardwood flooring history, 2020).....	1
Figura 2.1: Tipos de madeira (The Wood database, 2020) .....	9
Figura 2.2: Tacos.....	11
Figura 2.3: Parquetone .....	12
Figura 2.4: Solho .....	13
Figura 2.5: Diferentes tipos de solho: A - solho de junta, B - solho de chanfro, C - solho à portuguesa, D - solho à inglesa (Segurado, 1942).....	13
Figura 2.6: Pregagem das tábuas de solho no solho à portuguesa (Segurado, 1942) .....	13
Figura 2.7: Pregagem das tábuas de solho no solho à inglesa (Segurado, 1942).....	13
Figura 2.8: <i>Parquet</i> .....	13
Figura 2.9: Pavimento flutuante.....	15
Figura 2.10: Aglomerado de cortiça.....	15
Figura 2.11: Presença de fungos ("azulado").....	16
Figura 2.12: Presença de fungos (cor branca) .....	16
Figura 3.1: Caso excluído 1.....	24
Figura 3.2: Caso excluído 2 a).....	24
Figura 3.3: Caso excluído 2 b).....	24
Figura 3.4: Caso excluído 3 a).....	25
Figura 3.5: Caso excluído 3 b).....	25
Figura 3.6: Distribuição da amostra em função da idade .....	26
Figura 3.7: Distribuição consoante o tipo de utilização .....	26
Figura 3.8: Distribuição consoante o nível de utilização.....	26
Figura 3.9: Distribuição consoante o tipo de madeira .....	27
Figura 3.10: Distribuição consoante a dureza da madeira .....	27
Figura 3.11: Distribuição consoante o tipo de acabamento.....	27
Figura 3.12: Distribuição consoante o tipo de pavimento.....	27
Figura 3.13: Número de pavimentos lenhosos com determinada anomalia.....	28
Figura 3.14: Número de pavimentos lenhosos que possui cada grupo de anomalias .....	28
Figura 3.15: Distribuição do nível de degradação .....	29
Figura 3.16: Distribuição do nível de degradação - anomalias estéticas .....	29
Figura 3.17: Distribuição do nível de degradação - anomalias funcionais .....	29
Figura 3.18: Distribuição do nível de degradação - anomalias em juntas.....	30
Figura 3.19: Distribuição do nível de degradação consoante o grupo de anomalias.....	30
Figura 4.1: Gráfico do nível de degradação (sem coeficientes de ponderação) .....	39
Figura 4.2: Gráfico do nível de degradação (com coeficientes de ponderação) .....	39
Figura 4.3: Caso de estudo n.º 28 .....	41
Figura 4.4: Caso de estudo n.º 40 .....	41

Figura 4.5: Caso de estudo n.º 31 .....	41
Figura 4.6: Caso de estudo n.º 31 (pormenor) .....	41
Figura 4.7: Caso de estudo n.º 52 (a).....	42
Figura 4.8: Caso de estudo n.º 52 (b).....	42
Figura 4.9: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o tipo de madeira .....	43
Figura 4.10: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com a dureza da madeira.	43
Figura 4.11: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o tipo de acabamento	44
Figura 4.12: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o nível de utilização ..	45
Figura 4.13: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o tipo de pavimento ..	46
Figura 4.14: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com a proximidade de zonas húmidas.....	47
Figura 4.15: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o estado de conservação das caixilharias existentes na divisão .....	48
Figura 4.16: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o tipo de utilização....	48
Figura 4.17: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com a periodicidade de manutenção.....	49
Figura 5.1: Curva de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o nível de utilização 3...	55

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1: Comparação da resistência da madeira à deterioração .....	8
Tabela 2.2: Estabilidade dimensional de algumas madeiras comuns .....	8
Tabela 3.1: Níveis de degradação - anomalias estéticas .....	22
Tabela 3.2: Níveis de degradação - anomalias funcionais .....	23
Tabela 3.3: Níveis de degradação - anomalias em juntas.....	23
Tabela 4.1: Categorias de vida útil de projeto de edifícios, CSA S478 (1995).....	33
Tabela 4.2: Coeficiente de ponderação - anomalias funcionais .....	37
Tabela 4.3: Coeficiente de ponderação - anomalias estéticas .....	37
Tabela 4.4: Coeficiente de ponderação - anomalias em juntas.....	37
Tabela 4.5: Padrões típicos de degradação associados a agentes e mecanismos de degradação.	38
Tabela 4.6: Relação entre a dureza das madeiras e o tipo de acabamento utilizado .....	45
Tabela 4.7: Quadro resumo .....	50





# 1 Introdução

## 1.1 - Considerações iniciais

Desde a antiguidade que a madeira é utilizada como material de construção. Em fases ancestrais da evolução humana, era utilizada com o objetivo de construir um abrigo com ramos e galhos e, em fases civilizacionais mais evoluídas, como uma estrutura mais consistente, recorrendo ao uso de madeira maciça.

No que respeita aos revestimentos de piso em madeira, estes surgiram no início do século XVII. Estes pavimentos (Figura 1.1) eram caracterizados por pranchas muito irregulares de madeiras económicas, de fácil acesso e, habitualmente, aplicados em pisos elevados de habitações “populares”. Em simultâneo, surgiu o *parquet*, um pavimento mais nobre, dirigido a estratos sociais mais exigentes e de elevada capacidade económica (Builddirect - Hardwood flooring history, 2020). Este interesse pelo *parquet* é também impulsionado e em consonância com o estilo barroco - predominante neste século - e mostra já uma certa elaboração ao nível da seleção, do corte e da disposição das peças de madeira (Figura 1.2).



**Figura 1.1: Pranchas de madeira (House of tiles, 2020)**



**Figura 0.2: Parquet (Builddirect - Hardwood flooring history, 2020)**

Os pavimentos em madeira passaram assim a ser a solução mais comum em habitações e edifícios públicos. Ao longo dos anos, foram identificadas diversas técnicas de produção, de aplicação e de acabamento que pudessem agradar a todo o espectro económico e social (Martins *et al.*, 2014).

Na sequência da generalização dos pavimentos em madeira, surge a carpete, como complemento estético, de conforto e indicador de bem-estar e riqueza que, rapidamente, se tornou uma nova moda entre as classes mais requintadas e abastadas. Como seria previsível, o uso deste adorno veio a “democratizar-se” ao fim de uns anos voltando, assim, a madeira - com pavimentos cada vez mais elaborados e executados com técnicas cada vez mais evoluídas - a ocupar um lugar privilegiado de entre os revestimentos de piso (Old House - The history of wood floors, 2020).

Mais tarde, surgiram os pavimentos com aglomerados de madeira, que passaram a ser uma solução corrente, devido à sua capacidade de adaptação a diversas necessidades (por exemplo,

facilidade de aplicação sobre um pavimento existente, o que é vantajoso em obras de reabilitação), à sua leveza, ao baixo custo e, também, ao seu contributo para o ambiente.

A evolução da indústria da construção conduziu também ao aparecimento de novos materiais e novas técnicas no âmbito dos pavimentos lenhosos. Estas técnicas apresentam uma preocupação crescente, e justificada, com a sustentabilidade do sector da construção.

Torna-se, portanto, imprescindível avaliar corretamente o comportamento dos pavimentos/materiais utilizados para agir em conformidade com o trio de valores técnicos, económicos e impactes ambientais.

No presente estudo, optou-se por tentar reduzir as características da amostra em estudo; nomeadamente, não foram incluídos pavimentos em compósito e em aglomerados de cortiça, pois uma maior abrangência no tipo de pavimento reduziria a significância estatística dos resultados obtidos, tendo em conta a dimensão da amostra recolhida.

## 1.2 - Justificação da dissertação

A indústria da construção é um dos sectores com maiores impactes ambientais, o que torna urgente uma alteração do paradigma que caracteriza este sector, tornando-o mais sustentável.

A utilização de materiais mais duráveis, com menor energia incorporada ou recicláveis constituem alternativas para uma maior sustentabilidade da construção. Contudo, a escolha entre vários materiais não dispensa uma análise do ciclo de vida dos mesmos, metodologia que, embora padecendo de algumas limitações, é ainda a melhor opção para o efeito. Quanto maior for a durabilidade de um material, maior será a sua vida útil e, conseqüentemente, menor será o seu impacto ambiental (Pacheco-Torgal e Said Jalali, 2007).

A madeira é um importante exemplo de biotecnologia preventiva, isto é, tecnologia para substituir materiais com grande impacto ambiental (Santos, 2007). A madeira possibilita a manutenção dos níveis de dióxido de carbono, um menor consumo de energia durante todo o processo e a redução da emissão de gases que contribuem para o efeito prejudicial sobre a camada de ozono. Outra vantagem é a possibilidade de reutilizar ou reciclar na totalidade este tipo de material ou a energia correspondente no fim do processo produtivo, resultando daí menores quantidades de resíduos (Ferreira e Brito, 2004).

Tem sido cada vez maior o investimento na manutenção e reparação do edificado, tornando-se assim essencial criar, aferir e divulgar ferramentas que possam ser úteis a uma adequada estratégia de manutenção de pisos lenhosos (Delgado, 2008). Assim sendo, tem vindo a ser desenvolvida normalização relativa à vida útil de materiais, permitindo assim aos projetistas estudar a durabilidade e previsão da vida útil da construção e seus elementos constituintes. Esta dissertação pretende contribuir para esta finalidade através do estudo da previsão de vida útil de pavimentos lenhosos.

### 1.3 - Objetivos e metodologia da dissertação

A presente dissertação pretende desenvolver um modelo de previsão da vida útil de revestimentos de pisos lenhosos, identificando as principais características que condicionam, de forma mais significativa, a durabilidade destes pavimentos.

A metodologia utilizada baseia-se no levantamento do estado de degradação de 97 revestimentos de piso lenhosos, em condições reais de utilização, através de inspeções visuais *in situ*, auxiliada, por uma ficha de inspeção e diagnóstico.

A modelação da vida útil é realizada através de um método empírico, baseado na análise gráfica da perda de desempenho dos revestimentos ao longo do tempo. Este conhecimento permite uma maior precisão na escolha de materiais em fase de projeto, tendo em consideração o tipo de utilização e as condições a que o pavimento é exposto.

A previsão de vida útil também permite, já em fase de utilização dos pavimentos, uma estimativa mais precisa do momento a partir do qual será necessário intervir. Possibilita também que essas intervenções sejam tecnicamente informadas sobre a forma como se deve atuar, otimizando fundos e recursos, isto é, atua na altura certa e da forma correta, evitando reparações desnecessárias e/ou o custo elevado associado a reparações urgentes.

Desta forma, o modelo proposto auxilia a definição de planos de manutenção considerando as características do pavimento. Por exemplo, tendo em conta que um determinado tipo de utilização de um pavimento irá ajudar à progressão mais, ou menos intensa da sua degradação, podem ser adotadas diferentes estratégias de manutenção. É possível fazer um planeamento de uma intervenção de manutenção mais ou menos intensa e definir a sua periodicidade. Tal conceito aplica-se à característica de tipo de utilização, tal como a todas as restantes características abordadas nesta dissertação. Acentua-se assim a mais-valia do presente estudo, na promoção da durabilidade e do desempenho (económico, estético e funcional) dos pavimentos lenhosos de habitações e espaços públicos.

Sucintamente, refere-se em seguida as fases de investigação que culminaram na realização da presente dissertação:

- **recolha de informação:** a pesquisa bibliográfica constituiu um processo contínuo ao longo de toda a elaboração da presente dissertação. Esta recolha incidiu, maioritariamente, nos seguintes conceitos:
  - caracterização dos materiais lenhosos como revestimento de piso;
  - mecanismos de degradação da madeira;
  - anomalias dos revestimentos em madeira;
  - metodologias de inspeção e diagnóstico em revestimentos de madeira;
  - metodologias para a previsão da vida útil;
- **elaboração da ficha de inspeção e diagnóstico:** a elaboração desta ficha de inspeção e diagnóstico foi um processo iterativo. De facto, com o intuito de melhorar o espectro

de análise, esta ficha foi construída de modo a estruturar o trabalho de campo. Para a sua elaboração, foi imprescindível: i) conhecer os principais fatores que influenciam a degradação dos pavimentos lenhosos; ii) conhecer os diferentes tipos de anomalias que podem ocorrer nestes pisos e as causas prováveis); e iii) definir níveis de gravidade para as anomalias consideradas;

- **trabalho de campo:** numa fase inicial, foram identificados os casos de estudo a analisar, caracterizando-os. A amostra sofreu algumas adaptações, no decorrer do trabalho de campo, sendo excluídos casos de estudo que apresentam uma degradação anómala para a idade do pavimento, i.e., casos que apresentavam uma degradação excessiva, decorrente de erros de execução ou de utilização. Foram ainda excluídos da análise casos que inicialmente tinham sido considerados mas que, devido à pouca representatividade estatística (e.g. pavimentos em aglomerado de cortiça), não permitiam obter um modelo inequívoco que permitisse a previsão da sua vida útil. As inspeções realizadas foram auxiliadas pela ficha de inspeção e diagnóstico (desenvolvida na etapa anterior);
- **elaboração do modelo de previsão da vida útil:** esta fase corresponde à definição dos modelos de previsão da vida útil dos pavimentos lenhosos, com base dos dados recolhidos em trabalho de campo. Foi estabelecida uma equação matemática para a determinação do estado de degradação dos pisos lenhosos inspecionados e foi definida uma curva de degradação destes pavimentos, em função da sua idade e das suas características principais. Esta análise gráfica permitiu obter uma vida útil estimada para a globalidade da amostra e em função das características analisadas;
- **análise e discussão dos resultados:** esta fase foi desenvolvida a par com a elaboração do modelo de previsão da vida útil e visou a análise dos dados recolhidos em campo que se traduziram na construção de um modelo adequado de previsão de vida útil, dos pisos analisados. Foi, ainda, realizada uma análise crítica do modelo proposto, assim como dos resultados obtidos através da curva de degradação. Por fim, foram enunciadas algumas limitações do modelo, propondo alguns desenvolvimentos futuros.

## 1.4 - Organização da dissertação

A dissertação encontra-se organizada em seis capítulos.

**Capítulo 1** - Este capítulo constitui a introdução da dissertação, no qual se elaboram algumas considerações iniciais sobre o âmbito da mesma. São expostos os objetivos e justifica-se o tema. Descreve-se, resumidamente, a metodologia adotada. Finalmente, é elaborado um resumo dos capítulos da dissertação.

**Capítulo 2** - Neste capítulo, numa primeira parte, apresenta-se uma caracterização geral dos vários tipos de madeira. Segue-se uma seleção dos diversos tipos de pavimentos existentes e as suas características e, por fim, uma síntese dos fatores de degradação mais comumente observados em revestimentos de piso lenhosos.

**Capítulo 3** - No terceiro capítulo, descreve-se a metodologia utilizada para a recolha de informação do estado de degradação dos pavimentos lenhosos. Igualmente, apresenta-se e discute-se alguns dos resultados do levantamento de campo efetuado, sendo apresentada uma breve descrição da amostra inspecionada.

**Capítulo 4** - Neste capítulo, realiza-se um enquadramento geral sobre a temática da vida útil das construções. Deste modo, descreve-se os conceitos básicos do tema e as metodologias adotadas na previsão da vida útil. Neste capítulo, apresenta-se também uma metodologia para a previsão de vida útil dos pavimentos lenhosos, tendo como objetivo a representação da evolução da degradação destes, a posterior determinação da vida útil de referência dos mesmos e a discussão dos resultados obtidos.

**Capítulo 5** - Neste último capítulo, elabora-se as considerações e conclusões finais da dissertação e apresenta-se sugestões para algumas linhas de investigação futuras.

**Anexos** - Em anexo apresentam-se dados relevantes para a elaboração da presente dissertação que não foram inseridos no corpo de texto da mesma; no anexo 1, apresenta-se a ficha de inspeção utilizada na realização do trabalho de campo; no anexo 2, apresenta-se a ficha de inspeção preenchida relativa a um caso de estudo; no anexo 3, procede-se à caracterização genérica dos edifícios estudados; no anexo 4, procede-se à caracterização dos pavimentos estudados; por fim, no anexo 5, procede-se à caracterização do estado de degradação dos revestimentos inspecionados.



## 2 Tecnologia de revestimentos de pisos lenhosos

### 2.1 - Introdução

A utilização da madeira e seus derivados, como revestimento de pavimentos, tem vindo a aumentar, em Portugal, ao longo dos últimos anos. Este facto prende-se com a consciencialização por parte de arquitetos e engenheiros das vantagens da madeira e seus derivados relativamente a outros revestimentos, nomeadamente, ao nível das exigências de conforto e de habitabilidade atualmente exigidas pelos utilizadores dos espaços, aliadas às características estéticas apresentadas, facilidade e rapidez de execução (Climad, 2004). No presente capítulo, são inicialmente caracterizados os diversos tipos de madeira e as suas características, tal como os variados tipos de pavimentos lenhosos e as suas formas de execução. Por fim, são analisados os fatores de degradação mais comuns na madeira, e em particular, nos pisos lenhosos.

### 2.2 - Tipos de madeira

A madeira é um material natural e, conseqüentemente, as suas propriedades estão sujeitas a grandes variações provocadas pela fisiologia das árvores e pelos fatores externos que afetam o seu crescimento, como a densidade, taxa de crescimento, silvicultura (isto é, se a recuperação de certas áreas florestais é efetuada com recurso a métodos naturais ou artificiais), efeitos genéticos, o clima da região, época do ano em que a madeira é cortada, entre outros. Portanto, as características da madeira podem variar em diferentes partes da mesma árvore e de árvore para árvore (Panshin e Zeeuw, 1980).

Assim, é fundamental que o tipo de madeira a aplicar seja selecionado em função da utilização a que se destina. A caracterização da madeira é bastante complexa e distingue-se por inúmeros fatores. Nesta dissertação, vai dar-se maior relevância aos tipos de madeira mais comuns em pavimentos. Segundo Desch e Dinwoodie (1996), as madeiras podem ser divididas em dois grandes grupos botânicos, em função da sua estrutura anatómica:

- resinosas (gimnospérmicas), conhecidas por serem madeiras brandas, de crescimento rápido, conífero, que possuem folhas em formato agulha e estão verdes todo o ano. Alguns exemplos são o pinheiro, o abeto, o cedro, e o cipreste;
- folhosas (angiospérmicas), conhecidas por madeiras duras, de crescimento lento e apresentando uma folhagem larga e achatada, que tende a desaparecer no Outono. Este grupo ainda se pode subdividir em dois subgrupos: i) monocotiledóneas, correspondente a madeiras mais fibrosas e menos resistentes, como, por exemplo, as palmeiras e bambus; e ii) dicotiledóneas, que são madeiras mais resistentes, como, por exemplo, o castanho, o eucalipto, o carvalho, o choupo, e a nogueira.

A resistência à deterioração das madeiras tende a diminuir no sentido do cerne para a medula, isto é, de fora para dentro do tronco da madeira (Panshin e Zeeuw, 1980). A Tabela 2.1 apresenta a resistência à deterioração de diferentes tipos de madeira.

**Tabela 2.1: Comparação da resistência da madeira à deterioração (adaptado de Panshin e Zeeuw, 1980)**

Resistência elevada	Resistência moderada	Resistência baixa
Cipreste de folha caduca (crescimento lento) Catalpa Cedro Cerejeira Negra Castanheiro Carvalho Gambel Carvalho de ferro Carvalho branco Laranjeira de Osage Sequóia Nogueira	Cipreste de folha caduca (crescimento rápido) Abeto de Douglas Larício Ocidental Carvalho castanheiro brejo Pinho branco	Tília Americana Faia Celtis Carya Magnólia Carvalho vermelho Carvalho preto Pinheiro Abeto vermelho

A madeira sofre variações dimensionais quando o seu teor em água varia. Estas variações de dimensão não ocorrem de forma homogénea em todo o volume da peça devido ao comportamento anisotrópico da madeira, o que leva ao aparecimento de fendas e empenos. Assim, é importante ter conhecimento da estabilidade dimensional de algumas madeiras comuns, como é apresentado na Tabela 2.2.

**Tabela 2.2: Estabilidade dimensional de algumas madeiras comuns (adaptado de LNEC M9, 1997)**

Pequena variação dimensional	Média variação dimensional	Grande variação dimensional
Câmbala Criptoméria Espruce Americano Limba Mogno africano Mogno americano Nogueira Pseudotsuga Sipo Teca Tola branca Tuia-gigante Undianuno branco	Carvalho Americano Casquinha Castanho Cerejeira Choupo branco Cotibé Gulo-maza Livulte Mutene Pinho bravo Ulmo Inglês	Eucalipto comum Faia Freixo europeu

Alguns dos tipos de madeira mais utilizados em Portugal para pavimentos encontram-se apresentados na Figura 2.1. É importante salientar que algumas destas madeiras possuem diversas subfamílias, como é o caso do carvalho, pinho, cerejeira, entre outros. Estas subfamílias, que são referidas nas Tabelas 2.1 e 2.2, não irão ser analisadas em detalhe neste trabalho, dada a dificuldade em identificar com rigor a subfamília da madeira aplicada nos pisos lenhosos analisados.

## 2.3 - Tipos de revestimentos de pisos lenhosos

### 2.3.1 - Considerações iniciais

Existem diversos tipos de revestimentos de piso lenhosos; estes podem ser divididos em duas categorias principais, os de madeira maciça e os de compósitos. Ambos, podem ser colocados



através de colagem, pregagem ou encaixe sobre diversos materiais de suporte, como betonilha, cerâmico, madeira, alcatifa, aglomerados/contraplacados, entre outros. No estudo realizado, na maioria dos casos, não vai ser possível conhecer estes materiais de suporte, por se tratar de uma análise realizada através de inspeções visuais *in situ*. Além disso, os pavimentos no momento da inspeção já se encontram aplicados há vários anos, não sendo assim possível, a partir da observação visual, obter informação sobre as condições de execução e materiais aplicados.



Figura 2.1: Tipos de madeira (The Wood database, 2020)

### 2.3.2 - Madeira maciça

Os pavimentos em madeira maciça assumem-se como nobres e tradicionais. Distinguem-se dos restantes pavimentos lenhosos pela sua estabilidade, durabilidade e resistência. A nível estético,

possuem a beleza e a nobreza de um produto natural que se manifesta, a nível de projeto, como intemporal. Estes pavimentos, além de terem a vantagem de uma aplicação simples - pois o pavimento pode ser colocado diretamente sobre a betonilha - são ainda reconhecidos por uma manutenção acessível, tanto em termos económicos, como de simplicidade dos processos envolvidos. Assim, a madeira maciça continua a ser um material preferencial a nível de pavimentação (Jular, 2019).

Os pavimentos em madeira devem ser adquiridos quando registam uma humidade entre 9,5% e 14% e devem ser expostos às condições ambientais onde vão ser aplicados com uma antecedência de cerca de duas semanas, para que a madeira se possa adaptar ao meio.

Existem diversos tipos de pavimentos em madeira maciça, sendo que a maioria pode ser identificada e diferenciada pela dimensão das respetivas peças.

### 2.3.2.1 - *Lamparquet*

O *lamparquet* é um pavimento tradicional de madeira maciça. É uma solução contemporânea e económica, muito vocacionada para projetos de renovação imobiliária, pois tem uma espessura reduzida, o que é fundamental para as situações em que se pretende substituir alcatifas, vinílicos, mosaico, entre outros. De grande efeito estético e de fácil colocação, o *lamparquet* permite vários padrões de aplicação: corrido; espinhado; mosaico; entre outros.

Em termos de dimensões, há uma grande variação neste tipo de pavimento, sendo que o mais comum apresenta um comprimento entre 240 a 450 mm, largura de 40 a 70 mm e espessura de 10, 12 ou 14 mm.

A colocação do *lamparquet* é feita por colagem direta ao suporte. Devido à sua reduzida espessura, é um tipo de pavimento bastante sensível, devendo haver cuidados especiais na sua aplicação. É essencial que as betonilhas estejam bem secas - 2,5% de humidade residual máxima - de forma a não haver transferência de humidade do suporte para a madeira, o que pode causar empenamento (Jular, 2019). Por outro lado, o *lamparquet* não deve ser aplicado em locais com uma humidade relativa inferior a 65%, isto é, locais muito secos, onde a incidência de radiação solar é elevada.

Para a colocação do *lamparquet*, deve-se utilizar ainda colas à base de uma dispersão aquosa de resinas sintéticas ou à base de uma mistura de resinas sintéticas em solventes orgânicos, que têm a vantagem de ser isentas de água. Deve-se iniciar a instalação destes revestimentos pelo centro da área a revestir e não deve ser encostado às paredes ou outros pontos fixos como, por exemplo, pilares. Deverá sempre prever-se uma folga de cerca de 1,5 mm vezes o comprimento da área a revestir, como medida de tolerância à expansão das peças, consoante as estações do ano. O acabamento a cera ou verniz é o mais utilizado, sendo, regra geral, necessárias duas ou três camadas, aplicadas após uma pré-lixagem.

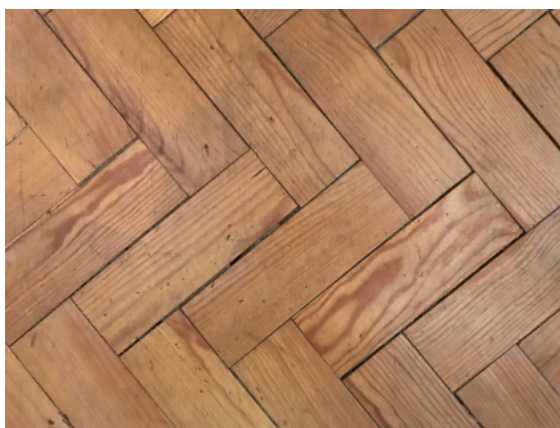
### 2.3.2.2 - *Taco*

O *taco* (Figura 2.2) e o *lamparquet* são pavimentos muito semelhantes, apenas se distinguindo nas dimensões das peças. Existem dois tipos de tacos, o *taco* macheado e o *taco* tradicional.

O taco macheado alia o requinte de um soalho de madeira maciça à economia do sistema de aplicação. É fabricado em dimensões superiores às do *lamarquet*, sendo que o mais comum corresponde a um comprimento entre 420 e 550 mm, uma largura entre 70 e 90 mm e uma espessura entre 18 e 20 mm. Este taco tem um encaixe macho-fêmea lateral e de topo - Figura 2.3(D).

Este taco pode ser colado diretamente sobre a betonilha ou pregado sobre ripado de madeira. Este revestimento, tal como o *lamarquet*, não deve ser aplicado em locais com humidade do ar inferior a 65%. A pregagem é efetuada sobre um ripado de madeira seca, disposto de forma perpendicular à direção do taco e com um espaçamento inferior a 40 cm. A ripa utilizada deve ser de madeira tratada, perfeitamente seca, e deve ser fixada ao suporte através de parafusos, buchas ou cola, para se obter uma estrutura estável capaz de suportar a fixação do taco. Em todo o perímetro da área a revestir, deve-se colocar uma ripa e, nos espaços entre ripas, um aglomerado de cortiça ou outro material de insonorização e barreira anti humidade. A pregagem do taco macheado deve realizar-se pelo lado do macho, sendo que, para uma melhor fixação, se pode colocar pontos de cola na zona macheada. O acabamento a verniz é o mais utilizado, sendo necessárias duas ou três camadas, dadas após uma pré-lixagem, tal como no *lamarquet*.

O taco tradicional distingue-se do taco macheado pelo facto de não ter um encaixe do tipo macho-fêmea lateral e de topo. Esteticamente, depois de colocado, é idêntico ao taco macheado. Em termos de dimensões, o mais comum apresenta um comprimento entre 210 e 420 mm, uma largura de aproximadamente 70 mm e uma espessura entre 17 a 18 mm.



**Figura 2.2: Tacos**

### **2.3.2.3 - Parquetone**

O *parquetone* (Figura 2.3) distingue-se do taco tradicional apenas pela espessura. É especialmente vocacionado para situações de aplicação em que não existem alturas de betonilha que comportem peças de espessura superior. Os tamanhos mais comuns correspondem a um comprimento da peça entre 300 e 450 mm, uma largura entre 50 a 70 mm e uma espessura de 14 ou 15 mm.



**Figura 2.3: Parquetone**

#### **2.3.2.4 - Soalho**

O soalho (Figura 2.4) é considerado, entre todos os pavimentos de madeira, o mais nobre. Este distingue-se do taco machedado por apresentar maiores dimensões, especialmente na sua largura e comprimento. Esta característica permite evidenciar ainda mais a beleza natural da madeira nos seus veios, texturas e tonalidades (Jular, 2019).

O soalho maciço mais comum é composto por tábuas machedadas fixadas, na maioria dos casos, em barrotes previamente colocados. Em termos de dimensões, o mais comum é apresentar um comprimento até 5000 mm - dependendo da espécie da madeira - e a largura oscilar entre 70 e 200 mm, com espessuras de 17, 20 ou 22 mm. Este tipo de soalho é dispendioso, pois, na generalidade dos casos, para se obter um pavimento com características adequadas, estes são, preferencialmente, produzidos por medida, em oficinas especializadas de carpintaria. A colocação deste género de revestimento está condicionada pelo seu custo elevado.

O soalho de junta (Figura 2.5-A) é utilizado em construções menos exigentes e nobres como, por exemplo, armazéns, sótãos, entre outras aplicações. As tábuas de soalho justapõem-se, sem qualquer encaixe, e são diretamente pregadas ao vigamento. Este processo não permite contrariar a abertura de juntas ao longo do período de vida útil do pavimento.

O soalho de chanfro (Figura 2.5-B) não é muito utilizado e somente difere do anterior pelas juntas que são inclinadas.

No soalho à portuguesa ou de meio fio (Figura 2.5-C), a ligação das tábuas é feita à meia madeira, isto é, as juntas das tábuas são rebaixadas até metade da sua espessura, encaixando-as umas nas outras (Figura 2.6). Para o remate do soalho à portuguesa, junto das paredes, é utilizada uma variante deste estilo, o soalho de meio fio reencontrado. Semelhante ao anterior, caracteriza-se por a diferença dos rebaixos serem alternadas numa e noutra face da tábua.

No soalho à inglesa ou do tipo macho-fêmea (Figura 2.5-D), a tábua apresenta numa extremidade um talão macho e na outra um sulco, fêmea. A forma de pregagem é diferente da do soalho à portuguesa, ficando os pregos neste caso ocultos (Figura 2.7). Este soalho é utilizado em pavimentos onde se exige um nível estético e de qualidade superior, pois os pregos ficam escondidos (Baião e

Appleton, 1994).



Figura 2.4: Soalho

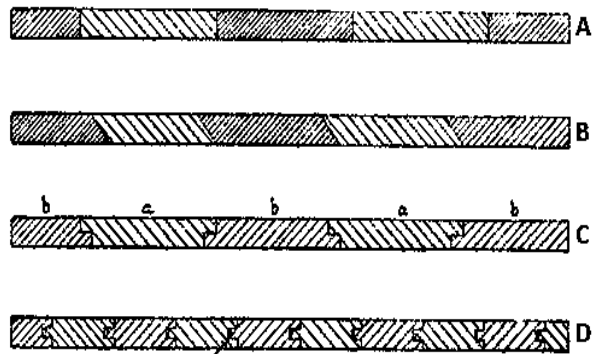


Figura 2.5: Diferentes tipos de soalho: A - soalho de junta, B - soalho de chanfro, C - soalho à portuguesa, D - soalho à inglesa (Segurado, 1942)

### 2.3.2.5 - Parquet

O *parquet* (Figura 2.8) é um pavimento constituído por lamelas rectangulares de madeira justapostas entre si, que formam painéis. Estes painéis, por sua vez, são agregados, com o intuito de formarem padrões geométricos.

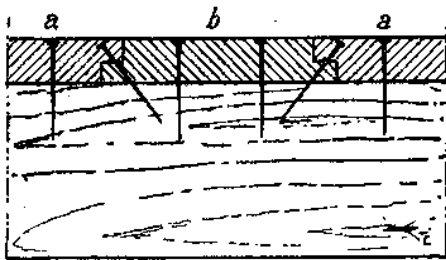


Figura 2.6: Pregagem das tábuas de soalho no soalho à portuguesa (Segurado, 1942)

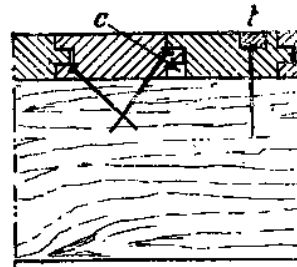


Figura 2.7: Pregagem das tábuas de soalho no soalho à inglesa (Segurado, 1942)

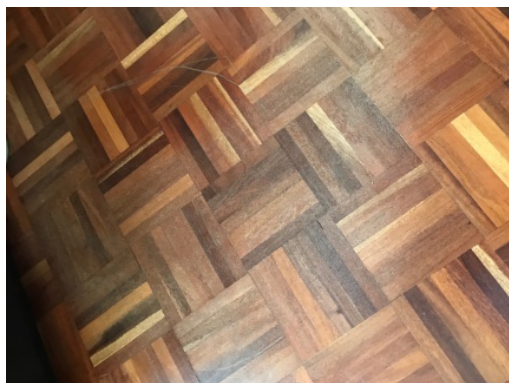


Figura 2.8: Parquet

Existem dois tipos de *parquet*, o mosaico e o industrial:

- o *parquet* mosaico é o mais comum, sendo constituído por grupos de cinco lamelas com dimensões 120 x 24 x 8 mm, ou grupos de seis lamelas com dimensões 120 x 20 x 8



mm. As dimensões das lamelas diferenciam os modelos mosaico do *lmparquet*, pois as lamelas do mosaico têm um comprimento máximo de 200 mm, uma largura mínima de 15 mm e uma espessura de 8 mm;

- o *parquet* industrial é formado por lamelas com as faces justapostas em conjuntos de 400 x 120 x 8/10 mm, de forma a que a face visível, após a aplicação, seja a espessura da lamela de topo.

A colocação do *parquet* segue o procedimento indicado para o taco macheado e o soalho, inclusivamente na aplicação do acabamento.

O alinhamento dos painéis de *parquet* mosaico e do *parquet* industrial deve respeitar a seguinte condição: para um comprimento de 2 m, o afastamento dos alinhamentos não deve ultrapassar um desalinhamento de 5 mm (Castro, 2004).

### 2.3.3 - Pavimentos flutuantes

Os pavimentos flutuantes (Figura 2.9) surgiram com a necessidade de uma pavimentação mais económica e com a vantagem de um aproveitamento quase total da matéria-prima.

Os elementos laminados de madeira são atualmente utilizados como uma alternativa à madeira maciça, sendo de relevar algumas vantagens como, por exemplo, uma menor espessura que permite um pé-direito maior, um melhor comportamento face às variações ambientais envolventes e realizar revestimentos numa maior diversidade de madeiras (Martins, 2012).

A estrutura destes pavimentos consiste em três camadas de diferentes materiais, dispostos em sentido perpendicular uns relativamente aos outros, formando uma estrutura laminada em que estas camadas, devido ao seu posicionamento, contrariam os movimentos naturais umas das outras. A utilização deste processo permite diminuir os movimentos inerentes às madeiras naturais, permitindo uma maior estabilidade.

Relativamente ao sistema de aplicação, os elementos laminados são colocados sobre o suporte de aplicação sem colagem à base ou a camadas intermédias - sendo designados por pavimentos flutuantes - ligados entre si por sistemas de encaixe “macho-fêmea” ou por colagem. Os pavimentos flutuantes podem também pertencer à designada gama “Click” que dispõe de um macho e uma fêmea, com uma forma diferente do habitual, permitindo a sua aplicação sem cola através de um sistema de encaixe a 45°. A facilidade de aplicação destes pavimentos, que requiere mão-de-obra menos especializada, associada a um processo de aplicação mais rápido, tem um custo de aplicação associado muito reduzido.

O formato dos elementos laminados é retangular com dimensões variáveis, sendo de referir que podem ser constituídos por uma régua única - apresentando um aspeto semelhante ao soalho tradicional – por duas régua, com um aspeto semelhante a um taco macheado ou, ainda, por três régua, apresentando um aspeto semelhante a um *lmparquet* (Martins, 2012).

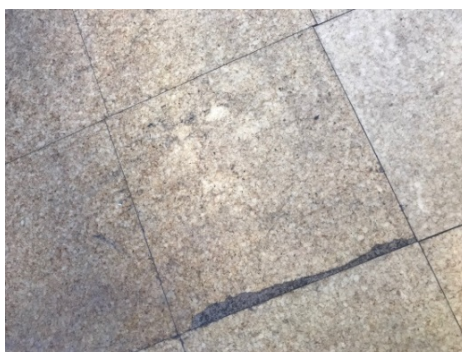
Em termos de acabamentos, estes pavimentos têm inúmeras soluções. Por exemplo, algumas marcas utilizam um *top layer* de madeira nobre com 2 a 3 mm e outras com uma foto da madeira original impressa em papel com melamina, sendo a alma de aglomerados de fibras de madeiras selecionadas (HDF - *High Density Fiberboard*) ou outro tipo de aglomerado. A constituição da folha decorativa permite-lhe resistir a queimaduras de cigarro, manter a cor inalterada quando exposta à luz solar, ter um bom comportamento aos produtos químicos e um elevado nível de resistência ao desgaste e a impactos. A folha de madeira pode ser assente em base de cortiça, com uma folha de madeira de equilíbrio no verso.



**Figura 2.9: Pavimento flutuante**

#### 2.3.4 - Cortiça

A cortiça (Figura 2.10) para além de ser um material natural e sustentável, e com uma grande capacidade de absorção sonora, é também resistente, confortável e higiénico, sendo de salientar a sua fácil manutenção (Martins, 2012). Estas razões levaram a que houvesse uma grande evolução neste material. Atualmente, existe uma variada gama de revestimentos de piso com base em cortiça, consoante as tecnologias de preparação e tratamento das superfícies, possibilitando a seleção de diversos formatos, cores e texturas. Os formatos e dimensões dos produtos de aglomerados de cortiça são também variados (ladrilhos ou em rolo), podendo ter acabamentos superficiais como o enceramento, envernizamento, recobrimento com películas decorativas diversas, em PVC, ou até pintura. Esta variedade dos tipos de revestimentos decorativos torna-se possível através de uma folha simples ou pela sobreposição de várias folhas de aglomerado ou laminados de cortiça. Poderão ainda ser utilizados outros materiais na sua composição, como, por exemplo, madeira, fibras, ou partículas de madeira (Martins, 2012).



**Figura 2.10: Aglomerado de cortiça**

## 2.4 - Fatores de degradação da madeira

O tempo, por si só, não conduz à deterioração das características da madeira, isto é, a degradação de elementos de madeira surge como resultado da ação, ao longo do tempo, de agentes físicos, químicos, mecânicos ou biológicos (Cruz, 2001).

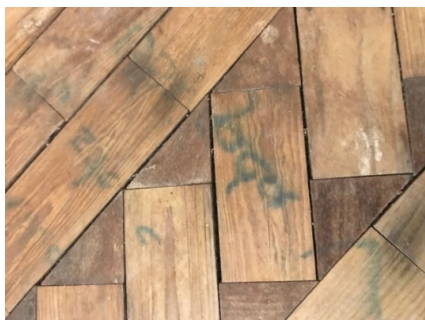
As anomalias podem ser consideradas como a representação destes fatores de degradação, podendo ser estes decorrentes de ações de carácter natural, de ações humanas, de uma utilização inadequada ou acidentes.

Sendo um material higroscópico, a madeira tenta manter a mesma humidade relativa do ar que a circunda, ou seja, quando a humidade relativa do ar varia, também as dimensões da madeira variam, o que dá origem a fendas e empenos na madeira (Cruz *et al.*, 2015).

Uma das principais causas de anomalias em madeiras é o contacto com água ou humidade ambiente elevada. A humidade aumenta o risco de degradação deste material por determinados agentes biológicos, no sentido em que estes só atacam a madeira quando o seu teor em água atinge determinados valores, regra geral, superiores a 20%. Especificamente, quando a madeira permanece em condições de humidade elevada por períodos longos, pode ser atacada por fungos ou por térmitas subterrâneas que dela se alimentam (Delgado, 2008).

Existem três tipos de agentes biológicos - fungos, insetos e xilófagos marinhos - que afetam estes materiais. Os fungos podem ser divididos em cromogéneos e de podridão. Os fungos cromogéneos desenvolvem-se em madeiras com um teor em água superior a 25%, provocando um tom "azulado" (Figura 2.11), entre outras possíveis colorações mais ou menos exuberantes. Estes fungos alimentam-se de substâncias contidas no interior das células lenhosas.

Os fungos de podridão ou lenhívoros desenvolvem-se em madeiras com teor em água superior a 20%. Estes fungos alimentam-se diretamente da parede celular da madeira, destruindo-a. A podridão gerada é facilmente identificável pela perda de peso e de resistência da madeira, acompanhada por alterações típicas de coloração e de aspeto (Shoupe *et al.*, 2008). A podridão pode ser castanha ou branca (Figura 2.12) e tem um aspeto esponjoso e mole. Estes fungos causam uma degradação acentuada das características mecânicas da madeira e destroem-na, independentemente da sua idade.



**Figura 2.11: Presença de fungos ("azulado")**



**Figura 2.12: Presença de fungos (cor branca)**



No que respeita aos insetos que afetam a madeira, existem dois tipos: carunchos e térmitas. Os carunchos atacam a madeira seca, embora possam ter razoável tolerância em relação a valores elevados de humidade. Os ovos postos pela fêmea adulta em fendas ou poros da madeira dão origem a larvas que penetram na madeira, abrindo galerias, quando o período larvar se aproxima do fim. A larva imobiliza-se próximo da superfície da madeira, transformando-se finalmente num inseto que sai para o exterior dando origem ao orifício de saída (Cruz, 2001).

Em Portugal, é frequente encontrar-se o *Hylotrupes bajulus*, caruncho grande, que prefere ambientes quentes ( $> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Este é conhecido por atacar apenas madeiras resinosas e, normalmente, só o borne. O inseto adulto mede geralmente entre 10 e 30 mm e a duração do ciclo de vida, que é em média de 5 anos, pode atingir uma longevidade muito maior, dependendo das disponibilidades alimentares e condições ambientais (Cruz, 2001).

De entre os carunchos pequenos, destaca-se o *Anobium*, que ataca indiferentemente o borne de madeiras folhosas e resinosas. O inseto adulto mede geralmente entre 2 e 4 mm e a duração do seu ciclo de vida é de cerca de 2 anos, dependendo, tal como o caruncho grande, das disponibilidades alimentares e da humidade e temperatura ambientes (Hutton, 2008).

O caruncho pequeno cria orifícios circulares e a sua dimensão varia entre 1,5 a 2 mm. Estes orifícios estão presentes em grande número e acompanhados de serrim em seu redor. O caruncho grande concebe um orifício de saída de 5 a 10 mm, com a forma de uma elipse. A presença deste último é facilmente identificada pelos enrugamentos na superfície da madeira.

Existem dois tipos de térmitas, as subterrâneas, *Reticulitermes Lucifigus Rossi*, e as de madeira seca, *Kaloterms Flavicollis*. As últimas não têm grande expressão em Portugal Continental, pelo que não serão objeto de estudo nesta dissertação. Arriaga (2002) refere que as térmitas subterrâneas obtêm da terra os elementos indispensáveis à sua sobrevivência, ou seja, uma humidade relativa elevada e constante, abrigo da luz e temperaturas a rondar  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A identificação de um ataque por térmitas subterrâneas é, frequentemente, apenas possível numa fase adiantada da infestação, pela deteção de galerias ou “tubos” característicos no exterior dos elementos atacados. As térmitas deslocam-se ao abrigo da luz e num ambiente húmido que lhes é essencial (Nunes, 2008).

Existem dois tipos de xilófagos marinhos - Teredo e Limnória - que não serão abordados neste trabalho, por não ser relevante para a caracterização dos casos em estudo analisados.

Os agentes atmosféricos, como a luz solar e a chuva, provocam alterações de cor e textura, que se traduzem na tonalidade acinzentada da madeira “velha”. Shoupe *et al.* (2008) referem que as alterações - que consistem numa decomposição química dos compostos da madeira por ação da radiação ultravioleta, eventualmente alternada pela lavagem da camada degradada por efeito da chuva -, correspondem a uma deterioração meramente superficial, sem outras consequências além das estéticas.

As anomalias de origem mecânica podem ter origem em alterações do próprio suporte, nomeadamente, movimentos da estrutura devidos a retrações, alteração das condições de apoio iniciais, desrespeito pelas juntas de construção e ausência de juntas em número suficiente para a

extensão do revestimento, entre outras.

Atualmente, a madeira é tratada de forma a constituir-se num material de elevada resistência a uma ampla gama de ambientes químicos. Nesse sentido, na presente dissertação, não será dada grande relevância ao fator de degradação químico.

## 2.5 - Conclusão

O principal objetivo deste capítulo é a análise e descrição da tecnologia dos pisos lenhosos, dos respetivos processos de produção e aplicação, tal como os diferentes agentes de degradação.

Inicialmente, são apresentados os vários tipos de madeira existentes e algumas características desta matéria-prima. Em conjunto com o levantamento dos vários tipos de pavimentos lenhosos, são essenciais para uma elaboração correta do trabalho de campo, apresentado no capítulo seguinte. Por fim, são apresentados os fatores de degradação da madeira. É de salientar que se optou por dar uma maior ênfase aos fatores mais complexos e de difícil perceção durante as inspeções visuais a realizar em trabalho de campo.

## 3 Trabalho de campo

### 3.1 - Introdução

O trabalho de campo é uma etapa essencial para a elaboração de um modelo de previsão da vida útil de pavimentos lenhosos. Esta etapa exige uma preparação prévia, que consiste numa pesquisa intensiva sobre os materiais a analisar, com o intuito da criação de uma ficha de inspeção e diagnóstico, que facilite a análise dos dados que devem ser recolhidos em campo, com vista à modelação da previsão da vida útil dos pisos lenhosos.

O trabalho de campo consiste em inspeções visuais, com o objetivo de identificar anomalias decorrentes da degradação dos pavimentos ao longo do tempo, não incluindo os fenómenos acidentais e pontuais, visto que se trata de fenómenos discretos, que não são passíveis de ser incluídos no modelo proposto no âmbito desta dissertação.

Neste capítulo, define-se os objetivos do levantamento visual, descreve-se a metodologia utilizada e caracteriza-se a amostra estudada. Nesta fase, classifica-se, também as anomalias detetadas e define-se os níveis de degradação das mesmas.

#### *3.1.1 - Objetivos do trabalho de campo*

O objetivo do trabalho de campo é o levantamento e classificação de anomalias presentes nos casos em estudo, para, posteriormente, ser desenvolvido um modelo de previsão da vida útil de pavimentos lenhosos.

Este levantamento das anomalias e a sua respetiva classificação são necessários para a realização das curvas de degradação, que, por sua vez, avaliam a perda de desempenho dos pavimentos ao longo do tempo. Esta avaliação consiste na comparação do estado de degradação de diversos pavimentos com idades e características distintas. Independentemente do rigor adotado no trabalho de campo, este apresenta algumas limitações, nomeadamente:

- a elevada suscetibilidade a erros de execução deste tipo de pavimentos, que não são facilmente detetáveis quando este se encontra já instalado, como as condições ambientais na altura de aplicação, entre outros;
- a dificuldade em obter informação fiável relativa às manutenções e intervenções a que o pavimento foi sujeito, tal como as respetivas datas;
- a subjetividade deste tipo de trabalho, no que respeita aos resultados obtidos, uma vez que dependem da perícia e rigor do inspetor. De facto, vários inspetores poderão ter análises ligeiramente diferentes, independentemente, dos pressupostos, à partida, serem os mesmos. Neste sentido, a ficha de inspeção e diagnóstico proposta visa homogeneizar os critérios de inspeção, mitigando assim a ocorrência de potenciais erros de inspeção.

### 3.1.2 - Amostra analisada

No presente trabalho, foram analisados 97 pavimentos lenhosos. Tendo em consideração ser um estudo com uma amostra com cerca de 100 casos, tentou manter-se um equilíbrio entre o objetivo de possuir um espectro de análise o mais amplo possível - quer em termos de idades, tipos de madeira e características dos pavimentos - e o de obter resultados consistentes e fiáveis sobre a durabilidade e vida útil dos pisos lenhosos.

Os casos analisados encontram-se todos situados no distrito de Lisboa e o seu intervalo cronológico está compreendido entre 1930 e 2018. Na amostra analisada, existem seis casos que, em determinada data, sofreram uma intervenção de manutenção de tal forma acentuada que se considerou essa data como o início de vida útil do pavimento.

## 3.2 - Metodologia adotada

### 3.2.1 - Levantamento das anomalias

O levantamento das anomalias foi realizado através de inspeção visual. Alguns casos de estudo específicos foram alvo de um registo fotográfico para uma análise mais detalhada, *a posteriori*. Outros instrumentos de auxílio, utilizados na análise dos pavimentos, foram uma fita métrica, um medidor de áreas a laser e um humidímetro. O humidímetro foi somente utilizado em casos singulares de problemas de humidade, pois as anomalias provocadas pela presença de humidade não implicam necessariamente a deteção de níveis elevados de humidade, no momento da inspeção.

### 3.2.2 - Ficha de inspeção e diagnóstico

A ficha de inspeção e diagnóstico, tal como a seleção de casos de estudo, foi testada inicialmente numa amostra de dez casos, com o objetivo de homogeneizar e otimizar os critérios que deveriam ser avaliados no âmbito desta dissertação. Neste sentido, a ficha de inspeção e diagnóstico, que se encontra no Anexo A, tem em conta os seguintes fatores:

- **condições climáticas:** temperatura e humidade;
- **características do edifício:** localização; proximidade do mar; ano de construção; e tipo de utilização (público/privado);
- **características do pavimento:** localização; nível de utilização; dimensão dos elementos; tipo de madeira; tipo de acabamento; tipo de suporte; elementos externos de degradação; proximidade a uma zona húmida; cor; incidência direta da exposição solar; área do pavimento; juntas; e exposição a cães/crianças/refeições;
- **condições de manutenção:** tipologia/técnica utilizada (limpeza e conservação); características da ação de manutenção e materiais aplicados; e periodicidade;
- **anomalias:**
  - estéticas: enodoamento ou alteração da cor; marcas de cigarro; riscos, sulcos e outras marcas; desgaste ou destacamento do acabamento; manchas; anomalias decorrentes de manutenção inadequada; e desgaste muito acentuado;

- funcionais: desprendimento/ empolamento; fendilhação nas peças/ juntas; peças partidas ou lascadas; apodrecimento; problemas de humidade; desagregação; pulverulência (pó); ataque de xilófagos; e falta de peças;
- juntas: alteração da cor; perda do produto de preenchimento; e alteração da dimensão da junta;
- outros: presença de humidade nas paredes; e estado de conservação das caixilharias.

A seleção das anomalias apresentada, foi realizada com base em estudos anteriores, como os de Delgado *et al.* (2013) e Prieto e Silva (2019), tendo em consideração o grau de gravidade da anomalia, a frequência de ocorrência e a importância na evolução do estado de degradação global dos pavimentos lenhosos. É importante ter presente que não foi possível recolher informação (para todos os casos de estudo) sobre certos dados referentes a critérios aqui enunciados, como, por exemplo, o tipo de suporte, porque os pavimentos são inspecionados muitos anos após a sua colocação em serviço, não existindo, na maioria dos casos, informação sobre esta característica. Se, *a priori*, já se esperava uma grande dificuldade, senão impossibilidade, em observar diretamente a base dos pavimentos, *a posteriori* veio a identificar-se um problema adicional. Praticamente a totalidade dos inquiridos não possuía informação sobre as características do suporte dos pavimentos.

### 3.3 - Classificação e definição dos níveis de degradação

De forma a sistematizar as anomalias presentes nos pavimentos, subdividiu-se as anomalias em três grupos: i) estéticas; ii) funcionais; e iii) em juntas. Cada uma destas anomalias foi classificada numa escala de zero a quatro, de acordo com as seguintes definições: **nível 0** - não apresenta degradação visível; **nível 1** - presença de anomalias visíveis a olho nu, mas encontra-se em bom estado de conservação; **nível 2** - apresenta degradação ligeira; **nível 3** - apresenta degradação moderada; **nível 4** - apresenta degradação generalizada.

#### 3.3.1 - Definição dos níveis de degradação das anomalias

Foram definidos diferentes níveis de degradação para cada grupo de anomalias e, em alguns casos, para cada anomalia em específico. Os níveis de degradação de cada anomalia, têm em conta o tipo de anomalia e a quantidade/extensão da sua ocorrência. Assim, para distinguir a gravidade das anomalias, definiu-se percentagens de extensão das mesmas nas superfícies a analisar. Estas percentagens e os níveis de degradação propostos para cada um dos grupos de anomalias são apresentados nos pontos seguintes.

##### 3.3.1.1 - Anomalias estéticas

A Tabela 3.1 apresenta as diferentes anomalias estéticas e o respetivo nível de degradação em função da área afetada. A anomalia “desgaste muito acentuado”, ao contrário da anomalia “desgaste/ destacamento de acabamento”, está relacionada com o desgaste da madeira e não do acabamento superficial e, assim sendo, foram definidas diferentes percentagens de área afetada

associadas aos níveis de degradação das duas anomalias.

As anomalias estéticas, podem ser, muitas vezes, um dos principais indicadores de uma manutenção incorreta. Estas anomalias são também um grupo “chave” para a deteção de anomalias funcionais. Por exemplo, a presença de manchas, uma anomalia estética, é frequentemente originada pela ocorrência da anomalia funcional de problemas de humidade. As anomalias estéticas são detetadas na superfície do pavimento lenhoso, que é a zona onde os defeitos se manifestam de forma mais visível (Garcia e Brito, 2008).

**Tabela 3.1: Níveis de degradação - anomalias estéticas**

Anomalias	Estéticas	
	Percentagem de área afetada	Nível de degradação
Alteração da cor	0 a 20	1
	20 a 60	2
	60 a 90	3
	90 a 100	4
Marcas de cigarro	0 a 20	3
	20 a 100	4
Riscagem, sulcos entre outras anomalias de alteração da superfície	0 a 20	1
	20 a 60	2
	60 a 90	3
	90 a 100	4
Desgaste/ destacamento do acabamento	0 a 20	1
	20 a 60	2
	60 a 90	3
	90 a 100	4
Manchas	0 a 10	1
	10 a 20	2
	20 a 60	3
	60 a 100	4
Manutenção inadequada	0 a 20	1
	20 a 60	2
	60 a 90	3
	90 a 100	4
Desgaste muito acentuado	0 a 10	1
	10 a 50	2
	50 a 90	3
	90 a 100	4

### 3.3.1.2 - Anomalias funcionais

As anomalias funcionais apresentadas na Tabela 3.2 são caracterizadas por serem o grupo de anomalias de maior relevância, pois, como o seu nome indica, comprometem a funcionalidade do pavimento. Ao contrário das anomalias estéticas, que são, regra geral, as que se manifestam primeiro, devido a alterações da superfície do revestimento, não é expectável que as anomalias funcionais se manifestem numa fase inicial, pois são decorrentes do uso e de um efeito cumulativo de agentes e mecanismos de degradação.

### 3.3.1.3 - Anomalias em juntas

As anomalias em juntas, presentes na Tabela 3.3, têm uma grande importância na deterioração dos pavimentos. A sua presença costuma estar associada à existência de anomalias funcionais.

Isto sucede porque as principais funções das juntas são proteger o pavimento do contacto direto com os agentes de degradação (água, detergentes) e absorver as deformações do pavimento. Assim sendo, a presença de anomalias em juntas pode promover a presença de anomalias funcionais como, por exemplo, problemas de humidade, apodrecimento, ataque xilófago, desagregação, despreendimento/ empolamento, entre outras.

**Tabela 3.2: Níveis de degradação - anomalias funcionais**

<b>Funcionais</b>		
<b>Anomalias</b>	<b>Percentagem de área afetada</b>	<b>Nível de degradação</b>
<b>Despreendimento/ empolamento</b>	0 a 10	1
	10 a 30	2
	30 a 90	3
	90 a 100	4
<b>Fendilhação de peças/ juntas</b>	0 a 10	1
	10 a 40	2
	40 a 90	3
	90 a 100	4
<b>Peças partidas/ lascadas</b>	0 a 5	1
	5 a 10	2
	10 a 50	3
	50 a 100	4
<b>Apodrecimento</b>	0 a 5	1
	5 a 10	2
	10 a 50	3
	50 a 100	4
<b>Problemas de humidade</b>	0 a 5	1
	5 a 20	2
	20 a 50	3
	50 a 100	4
<b>Desagregação</b>	0 a 10	1
	10 a 40	2
	40 a 90	3
	90 a 100	4
<b>Pulverulência</b>	0 a 10	1
	10 a 30	2
	30 a 90	3
	90 a 100	4
<b>Ataque xilófago</b>	0 a 30	3
	30 a 100	4
<b>Falta de tacos/ peças</b>	0 a 5	2
	5 a 20	3
	20 a 100	4

**Tabela 3.3: Níveis de degradação - anomalias em juntas**

<b>Juntas</b>		
<b>Anomalias</b>	<b>Percentagem de área afetada</b>	<b>Nível de degradação</b>
<b>Alteração da cor</b>	0 a 20	1
	20 a 50	2
	50 a 90	3
	90 a 100	4
<b>Despreendimento/ perda do produto de preenchimento</b>	0 a 20	1
	20 a 50	2
	50 a 90	3
	90 a 100	4
<b>Alteração da dimensão da junta</b>	0 a 20	1
	20 a 50	2
	50 a 90	3

### 3.4 - Caracterização da amostra analisada

#### 3.4.1 - Casos excluídos

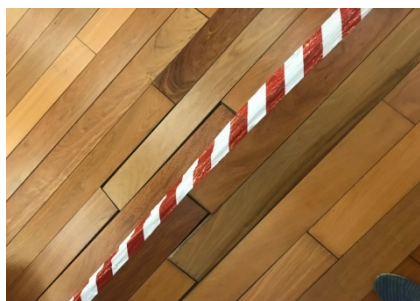
Foram excluídos todos os casos de estudo em que os pavimentos revelavam uma condição de degradação anómala ou sem sentido físico, tendo em conta a sua idade. Por outras palavras, pavimentos com potenciais erros de projeto/execução, uma manutenção/utilização inadequada, ou sujeitos a um acontecimento pontual de deterioração muito intensa. São assim excluídos os casos de estudo cuja degradação se deve a fenómenos que não representam a natural evolução da degradação dos pavimentos lenhosos.

A Figura 3.1 apresenta um exemplo de um caso de estudo excluído, correspondente a um pavimento em tacos de pinho, presente numa sala e num corredor de uma habitação na Amadora. Este pavimento foi sujeito à ação direta de agentes atmosféricos durante um período considerável, que intensificaram a sua degradação, uma vez que o pavimento não tinha sido aplicado com a finalidade de estar exposto à água. Por estas razões, considerou-se que não seria um caso de estudo apropriado para análise.

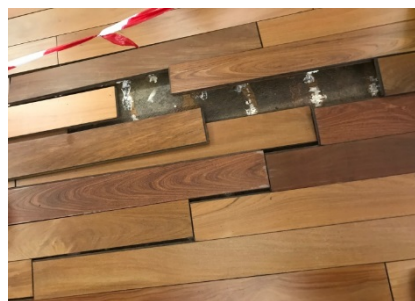


**Figura 3.1: Caso excluído 1**

Um outro exemplo de exclusão é apresentado nas Figuras 3.2 e 3.3. Trata-se de um ginásio, num condomínio em Cascais. Este ginásio possui um pavimento em soalho de Ipê, que se encontra parcialmente levantado. Segundo a informação obtida, trata-se de um problema não diretamente relacionado com o pavimento, mas sim de um erro inicial de execução.



**Figura 3.2: Caso excluído 2 a)**



**Figura 3.3: Caso excluído 2 b)**

As Figuras 3.4 e 3.5 apresentam outro exemplo de exclusão, um apartamento em Algés, com um pavimento em tacos de pinho. Neste pavimento, encontrou-se fungos de podridão, como



resultado de uma infiltração. Optou-se, assim, por excluir este caso por se tratar de um acontecimento pontual que levou a uma deterioração muito acentuada.



Figura 3.4: Caso excluído 3 a)

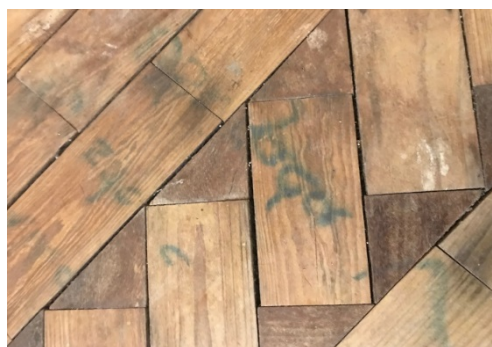


Figura 3.5: Caso excluído 3 b)

### 3.4.2 - Caracterização dos casos de estudo

Nas figuras seguintes, é realizada uma caracterização da amostra analisada. Na Figura 3.6, é apresentada a distribuição da amostra em relação à idade dos casos de estudo analisados. A idade apresentada é a de aplicação dos pavimentos ou, em alguns casos, aquela em que o pavimento foi sujeito a uma intervenção tão intensa que se pode considerar como o início da vida útil desse pavimento. A amostra utilizada neste estudo tem idades compreendidas entre 1 e 89 anos, com uma média de 33 anos.

Na Figura 3.7, é apresentada a distribuição do tipo de utilização. É visível que a grande maioria dos casos de estudo é de edifícios destinados à habitação.

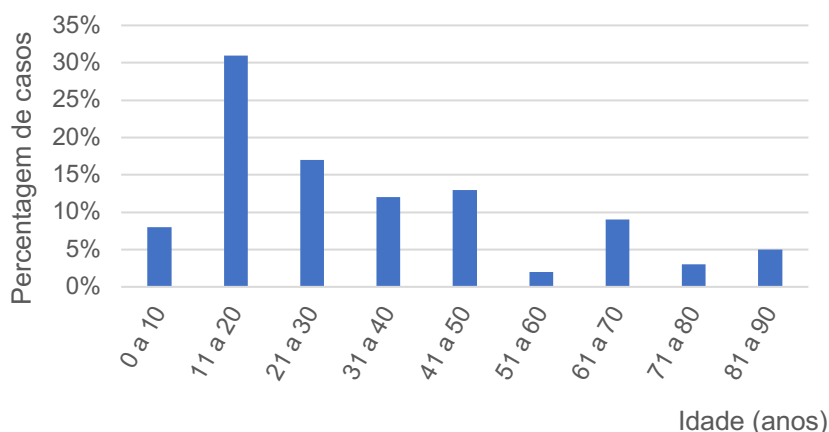
O nível de utilização, apresentado na Figura 3.8, está relacionado com a intensidade com que os pavimentos são utilizados, incluindo o tipo e a frequência de tráfego (Garcia, 2006). Neste estudo, são considerados quatro níveis, sendo 1 o nível de menor utilização e 4 o de maior utilização.

A definição dos níveis de utilização tem em consideração o sistema de classificação UPEC; esta é uma classificação funcional do revestimento de piso, em função do uso a que este é sujeito. O *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB, 2004) criou a classificação UPEC, com o objetivo de correlacionar as características dos materiais aplicados e as exigências respeitantes às condições de utilização dos locais. A classificação de um local é efetuada pela associação de 4 letras, U (uso), P (punçoamento), E (ação de água ou humidade) e C (substâncias químicas), encontrando-se associadas a índices que aumentam segundo a intensidade e o tipo de utilização prevista (Nascimento, 2007).

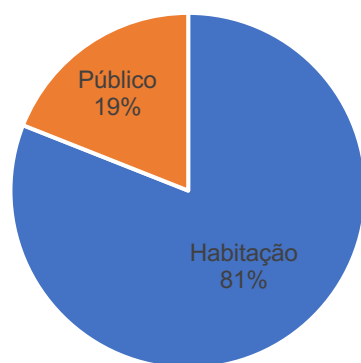
A letra U está relacionada com os efeitos inerentes à circulação de pessoas, quer se trate de movimentos unidirecionais ou com rotação, quer de calcamento em pé ou sentado, com exceção da ação dos tacões pontiagudos e das solas com protetores metálicos.

Com base na classificação UPEC, e tendo em atenção a natureza e importância da circulação e para os diferentes tipos de utilização, é possível ordenar as diferentes classes de severidade de uso da seguinte forma: U<sub>1</sub> - locais de utilização individual com circulação moderada; U<sub>2</sub> - locais

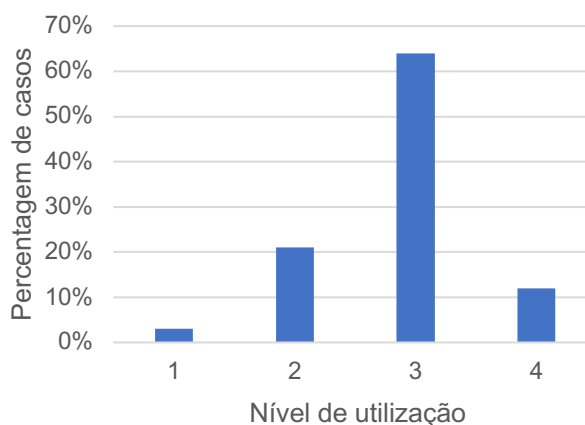
de utilização individual com circulação normal; U<sub>3</sub> - locais de utilização coletiva com circulação normal; U<sub>4</sub> - locais de circulação coletiva com circulação intensa.



**Figura 3.6: Distribuição da amostra em função da idade**



**Figura 3.7: Distribuição consoante o tipo de utilização**

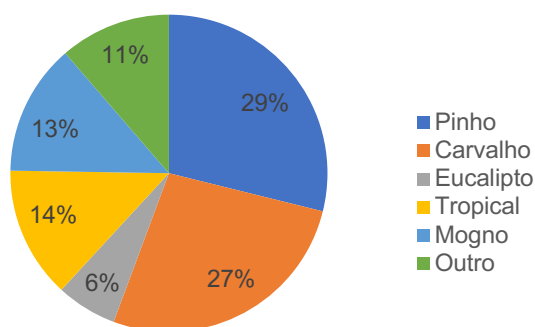


**Figura 3.8: Distribuição consoante o nível de utilização**

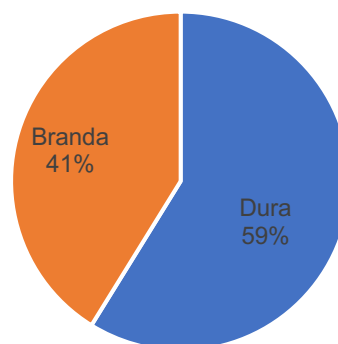
A Figura 3.9, apresenta a distribuição dos tipos de madeira presentes na amostra analisada. O pinho e o carvalho são os tipos de madeira mais comuns na amostra (mais de 50%). O carvalho, maioritariamente proveniente de Trás-os-Montes e da zona do Douro, é conhecido por ser uma madeira folhosa dura e resistente. Esta madeira tem a vantagem de ser fácil de trabalhar e duradoura. O pinho é uma madeira resinosa moderadamente dura e pesada. Assim como o carvalho, é uma madeira fácil de trabalhar. Este tipo de madeira é muito utilizado em Portugal, pela sua grande abundância, em particular na zona de Leiria, sendo por isso também uma opção muito económica.

A Figura 3.10 apresenta a distribuição da dureza da madeira presente na amostra analisada, sendo adotadas duas categorias: madeiras duras e brandas. Os critérios que distinguem as madeiras duras de brandas são enunciados e explicados no subcapítulo 2.2 - Tipos de madeiras.

A Figura 3.11 apresenta a distribuição da amostra em função do tipo de acabamento. O acabamento em verniz é o mais comum, presente em 61% dos pisos lenhosos analisados, 31% dos acabamentos são em cera e 8% dos acabamentos em óleo mate.

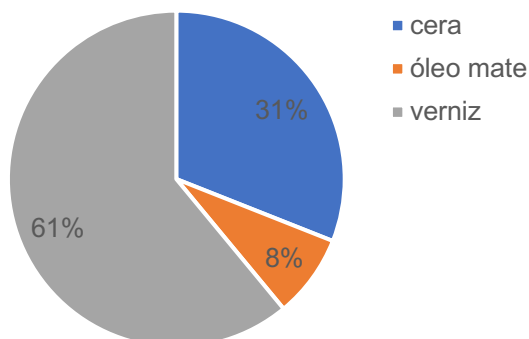


**Figura 3.9: Distribuição consoante o tipo de madeira**

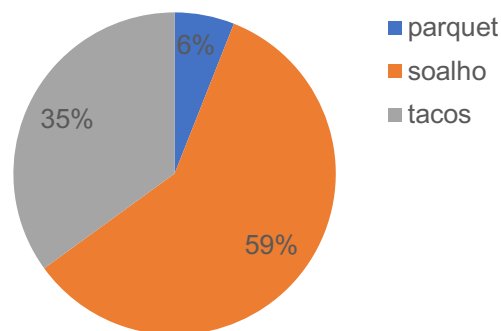


**Figura 3.10: Distribuição consoante a dureza da madeira**

A Figura 3.12 apresenta a distribuição do tipo de pavimento, onde se verifica que a amostra só possui três tipos de pavimentos: soalho (59%); tacos (35%); e *parquet* (6%). É de salientar que alguns dos tipos de pavimentos que foram apresentados no capítulo anterior podem só diferir dos aqui apresentados na espessura das peças. Como não é possível ter conhecimento dessa espessura recorrendo simplesmente a uma inspeção visual de um pavimento já aplicado, esta distribuição deve ser analisada com alguma cautela.



**Figura 3.11: Distribuição consoante o tipo de acabamento**

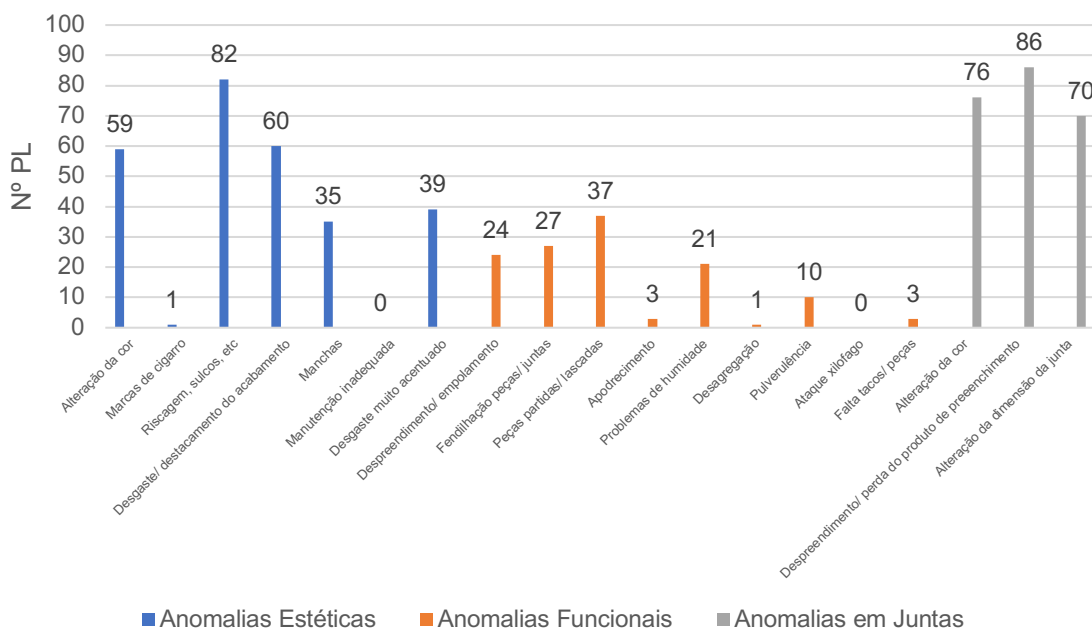


**Figura 3.12: Distribuição consoante o tipo de pavimento**

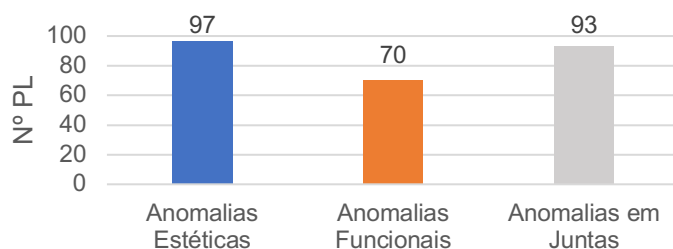
### 3.4.3 - Caracterização das anomalias observadas nos pavimentos

Na Figura 3.13, que apresenta os diferentes tipos de anomalias detetadas nos pisos lenhosos (PL), é visível que as anomalias “Riscagem, Sulcos” e de “Despreendimento/ perda de produto de preenchimento” são as mais comuns na amostra analisada.

A Figura 3.14 assinala a presença dos três grupos de anomalias na amostra. Como era expectável ao analisar a Figura 3.13, as anomalias estéticas e as anomalias em juntas voltam a destacar-se na amostra. Pode-se assim concluir que as anomalias funcionais são o grupo com menor expressão na amostra analisada.



**Figura 3.13: Número de pavimentos lenhosos com determinada anomalia**



**Figura 3.14: Número de pavimentos lenhosos que possui cada grupo de anomalias**

Na Figura 3.15, é apresentada a distribuição do nível de degradação na amostra, sendo visível que o nível de degradação mais comum é o nível 2 e o menos comum é o 4, presente somente em 1% da amostra.

Na Figura 3.16, é possível observar que a “alteração da cor”, “riscagem, sulcos” e o “desgaste/descolamento do acabamento” apresentam percentagens semelhantes para todos os níveis de degradação. No entanto, para a anomalia “manchas”, as percentagens entre o nível 1 e o nível 2 destoam do resto do gráfico, sendo mais comum a ocorrência de manchas de nível 1. A anomalia “marcas de cigarro” apresenta uma percentagem de 100% de nível 3, porque só foi observada uma vez ao longo do trabalho de campo; além disso, a ocorrência desta anomalia está apenas associada aos níveis 3 e 4 de degradação. A anomalia “manutenção inadequada” não foi encontrada em nenhum caso. Este resultado pode dever-se à dificuldade e inconsistência na informação obtida, no que respeita a este dado durante a realização do trabalho de campo.

A Figura 3.17 apresenta a distribuição dos níveis de degradação para anomalias funcionais e é importante referir que a anomalia “falta de tacos/peças” só é classificada a partir do nível 2. A anomalia “desagregação”, tal como a anomalia “marcas de cigarro”, apresenta uma percentagem

de 100% do nível 2. Este valor “absoluto” justifica-se pelo facto de esta anomalia só ter sido identificada num caso de estudo.

A distribuição dos níveis de degradação nas anomalias em juntas é apresentada na Figura 3.18. Todas as anomalias apresentam percentagens dos níveis de degradação sensivelmente constantes entre si. O nível 2 é o que mais sobressai nas três anomalias consideradas. Esta consistência entre as três anomalias pode justificar-se pela facilidade de estas ocorrerem em simultâneo, mesmo que em áreas distintas do pavimento.

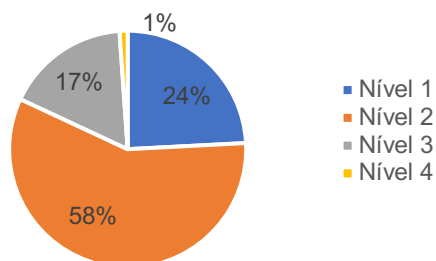


Figura 3.15: Distribuição do nível de degradação

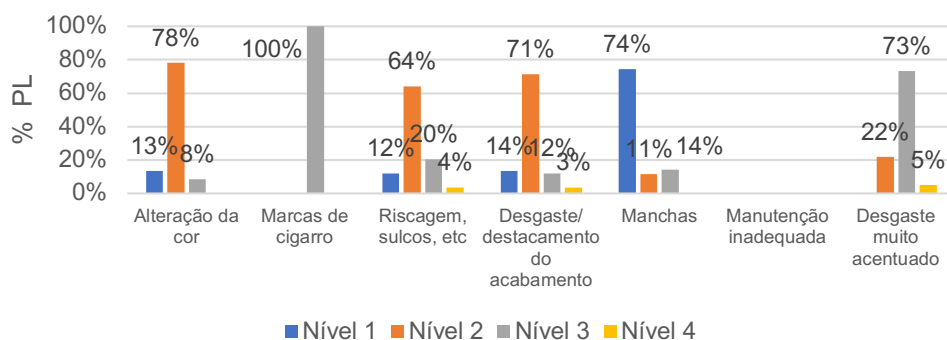


Figura 3.16: Distribuição do nível de degradação - anomalias estéticas

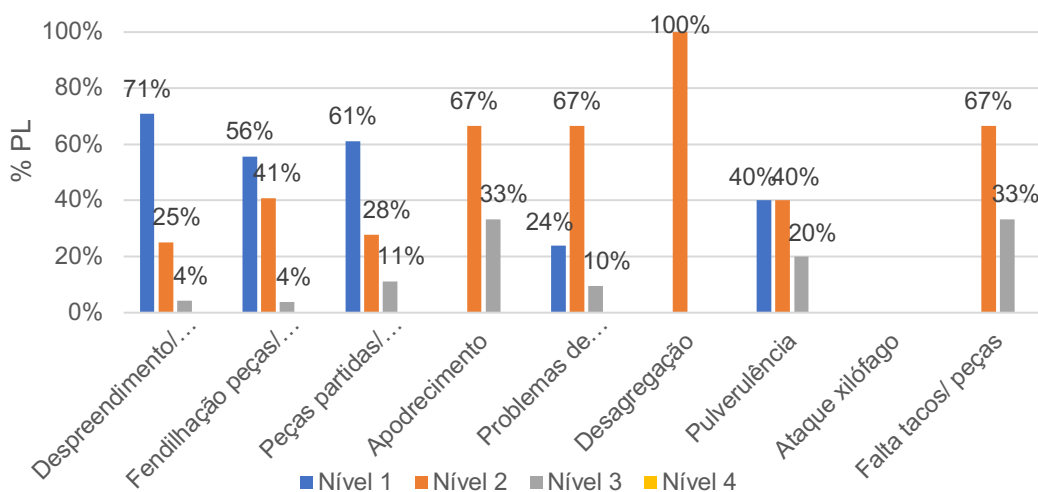
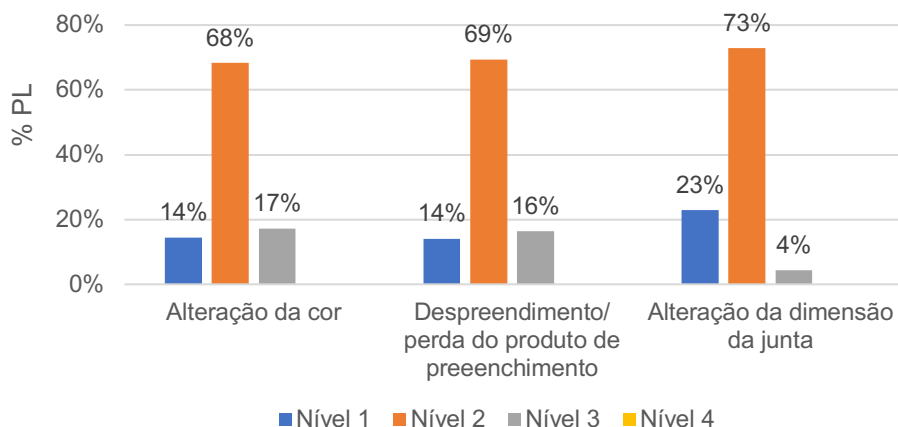
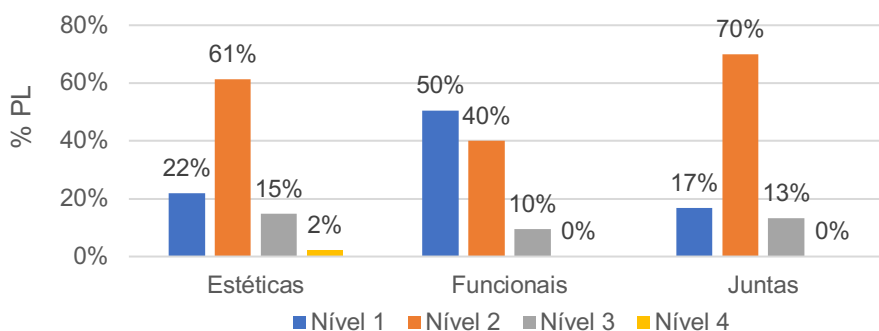


Figura 3.17: Distribuição do nível de degradação - anomalias funcionais



**Figura 3.18: Distribuição do nível de degradação - anomalias em juntas**

A Figura 3.19 apresenta a distribuição dos níveis de degradação pelos três grupos de anomalias. Observa-se que: o nível 1 tem maior expressão nas anomalias funcionais (50%); o nível 2 ocorre, em maior percentagem (70% e 61%, respetivamente), em anomalias de juntas e em anomalias estéticas; o nível 3 assume-se sempre como o terceiro nível de degradação mais presente em cada grupo; o nível 4 não foi detetado nos grupos de anomalias funcionais e em juntas e tem muito pouca expressão no grupo de anomalias estéticas.



**Figura 3.19: Distribuição do nível de degradação consoante o grupo de anomalias**

### 3.5 - Conclusão

Este capítulo é apresentado em duas fases. A primeira fase, anterior à inspeção em campo, apresenta a informação que é imprescindível recolher durante o trabalho de campo, sendo esta estruturada numa ficha de inspeção e diagnóstico. Foi também nesta fase que se definiu uma classificação para os diferentes níveis de degradação dos três grupos de anomalias consideradas. Numa segunda fase, após a realização do trabalho de campo, procedeu-se a uma caracterização da amostra. Esta teve em atenção características intrínsecas e extrínsecas dos pavimentos, bem como as anomalias nele existentes.

## 4 Modelo de previsão da vida útil

### 4.1 - Introdução

No presente capítulo, é desenvolvido um modelo de previsão de vida útil de revestimento de piso lenhosos. Este modelo é baseado em diversas características dos pisos lenhosos, recolhidas ao longo do trabalho de campo, apresentado no capítulo anterior. Para tal, são inicialmente abordados conceitos e critérios que definem o conceito de vida útil e os métodos que são aplicados na previsão da mesma. A vida útil dos pisos lenhosos é estimada de acordo com o método de previsão da vida útil proposto, e os resultados do modelo são posteriormente analisados, tendo em conta diversas características destes pavimentos.

### 4.2 - Previsão da vida útil

#### 4.2.1 - Conceito de vida útil e normalização

Não tem sido fácil definir ao longo dos anos o conceito de vida útil; tem vindo sempre a ser apresentado com ligeiras distinções de autor para autor. Existe assim a necessidade de definir um conceito globalmente aceite e que seja igualmente entendido por todos os intervenientes na construção (Santos, 2010). Neste sentido, foi desenvolvida a norma ISO 15686: 2011, em que a vida útil é compreendida, como o “período de tempo, após a construção, no qual o edifício e os seus elementos igualam ou excedem os requisitos mínimos de desempenho”. Atualmente a norma divide-se nas seguintes partes:

- ISO 15686-1: 2011 (*General principles and framework*) - define os princípios gerais e fornece orientações relativas aos procedimentos a adotar na fase de projeto, com o objetivo de promover a durabilidade das construções;
- ISO 15686-2: 2012 (*Service life prediction procedures*) - apresenta uma metodologia geral para a estimativa da vida útil dos edifícios e dos seus componentes;
- ISO 15686-3: 2002 (*Performance audits and reviews*) - descreve os procedimentos a adotar para garantir a implementação do planeamento da vida útil;
- ISO 15686-4: 2014 (*Service life planning using Building Information Modelling*) - 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: 2017 (*Life cycle costing*) - desenvolve modelos de custo, de gestão e manutenção das construções, considerando o custo global;
- ISO 15686-6: 2004 (*Procedures for considering environmental impacts*) - foca-se nos impactes ambientais das diferentes soluções de projeto; estabelece uma relação entre os custos globais e o planeamento das construções durante o período de vida útil;
- ISO 15686-7: 2017 (*Performance evaluation for feedback of service life data from practice*) - fornece um guia para a recolha de informação relativa ao desempenho durante a vida útil de edifícios construídos;

- ISO 15686-8: 2008 (*Reference service life and service-life estimation*) - descreve a metodologia de aplicação do método fatorial;
- ISO 15686-9: 2008 (*Guidance on assessment of service life data*) - fornece indicações relativas à harmonização de produtos da construção;
- ISO 15686-10: 2010 (*When to assess functional performance*) - define o instante em que devem ser verificados os critérios funcionais de desempenho, durante a vida útil do edifício e seus componentes; além disso, define quando deve ser analisada a capacidade de o edifício atender aos requisitos de desempenho previamente estabelecidos;
- ISO 15686-11: 2014 (*Terminology*) - apresenta a compilação dos termos e definições de conceitos para estabelecer um vocabulário aplicável tanto na construção como na utilização de um edifício e no planeamento da vida útil do mesmo.

Existem outras normas como, por exemplo o RGEU (Regulamento Geral das Edificações Urbanas) - que pretende ser um regulamento estruturante e ajustado à realidade atual, que entra em linha de conta com aspetos como a vida útil, manutenção e durabilidade dos edifícios.

O Guia para o Planeamento da Vida Útil de Edifícios, desenvolvido pelo Instituto de Arquitetura do Japão (*Architectural Institute of Japan, AIJ*) em 1993, define que este conceito pode ser reconhecido como o período de tempo em anos até que um edifício, no seu todo ou os seus elementos, equipamentos ou partes, atinjam um determinado estado de degradação, em circunstâncias normais de dimensionamento, construção, utilização e exposição aos agentes atmosféricos. O estado limite (ou fim da vida útil) é definido pela necessidade de efetuar uma manutenção, reconstrução ou mesmo uma demolição de grande escala.

A ASTM (*American Society for Testing Materials*), que afirma que a vida útil de uma construção ou de um elemento construtivo é o período de tempo, após a colocação em serviço, durante o qual todas as propriedades excedem os valores mínimos de desempenho aceitáveis, assumindo a existência de uma rotina de manutenção.

A Tabela 4.1 apresenta outra definição para a vida útil, fornecida pela CSA (1995) - *Canadian Standard Association 478-95 (Guideline in Durability in Buildings)* -, que a descreve como o período de tempo atual no qual o edifício ou qualquer um dos seus componentes cumpre os seus objetivos sem custos imprevistos ou alterações da manutenção e sem reparações.

Layzell e Ledbetter (1998) referem que os revestimentos são os elementos do edifício sujeitos a um maior número de fatores de degradação, sendo no revestimento que estes fatores atuam em primeiro lugar, antes de atingir a estrutura do edifício. Deste modo, pode concluir-se que a vida útil de um edifício se encontra diretamente relacionada com o desempenho do seu revestimento.



**Tabela 4.1: Categorias de vida útil de projeto de edifícios, CSA S478 (1995)**

<b>Categoria</b>	<b>Vida útil</b>	<b>Exemplos</b>
Temporária	até 10 anos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construções não permanentes que ofereçam condições básicas de estadia para trabalhadores ou visitantes, como <i>bungalows</i> ou contentores;</li> <li>• edifícios de exposições temporárias.</li> </ul>
Vida média	25 a 49 anos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maioria dos edifícios industriais;</li> <li>• maioria das estruturas destinadas a estacionamento automóvel.</li> </ul>
Vida longa	50 a 99 anos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maioria dos edifícios residenciais, comerciais e de escritórios;</li> <li>• edifícios que prestam cuidados de saúde e educação;</li> <li>• estruturas destinadas a estacionamento automóvel sob edifícios projetados para a categoria de vida longa.</li> </ul>
Permanente	a partir de 100 anos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monumentos, como museus nacionais, galerias de arte, arquivos;</li> <li>• edifícios históricos.</li> </ul>

#### 4.2.2 - Critérios de análise da vida útil

Tendo em conta a complexidade do comportamento das construções, ao longo do tempo, e a relatividade do conceito de vida útil, a maioria dos estudos sobre a durabilidade das construções adota um método analítico, segundo o qual o problema é subdividido e analisado de acordo com diversas categorias, que podem ser resumidas em três grupos principais, nomeadamente deterioração física, desempenho económico e obsolescência funcional (Gaspar, 2009). A vida útil física corresponde ao período de tempo durante o qual o edifício, ou os seus elementos, se mantêm num nível adequado às exigências que lhes são colocadas. Durante este período, o edifício deve ser capaz de 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, 2002). A degradação física dos materiais ocorre de forma sistemática ao longo do tempo, aumentando a probabilidade de rotura do elemento a cada ano que passa (Zhang e Gao, 2011). O fim da vida útil física deve-se essencialmente à ação dos agentes de degradação (sejam eles físicos, químicos ou mecânicos) ao longo do tempo. Os erros de projeto e execução, assim como a escolha inadequada de materiais também contribuem para um fim de vida útil física mais acelerado.

A vida útil funcional corresponde ao período de tempo durante o qual uma construção cumpre as necessidades do utilizador, sem obrigar a alterações generalizadas, independentemente do fim a que se destina (Davies e Szigeti, 1999). Sarja (2004) estabelece também o conceito de obsolescência, no âmbito da previsão da vida útil, como a incapacidade do edifício ou das suas partes de satisfazer a evolução funcional, económica, cultural ou as exigências ecológicas. De facto, diversas vezes, a obsolescência apenas reflete a inutilidade, no momento atual, de deter-

minado edifício ou componente, mesmo que este se encontre em boas condições funcionais/físicas. A obsolescência funcional ocorre quando um elemento da construção pode ser substituído por outro que desempenhe a mesma função de forma semelhante ou melhor.

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). Segundo Brito (2001), a definição do fim da vida útil de uma construção é na realidade muitas vezes mais um problema de índole económica do que técnica. Pode assim dizer-se que um revestimento atinge o fim da vida útil económica quando a substituição do revestimento é economicamente mais vantajosa do que a sua reparação.

Rudbeck (2000) definiu ainda mais três categorias para a vida útil de construções: vida útil de projeto; vida útil social e legal; vida útil tecnológica; estas categorias foram definidas a par com a norma ISO 15686 (2011).

#### 4.2.3 - Métodos de previsão de vida útil

Segundo Hovde (2004), o processo de previsão de vida útil de um edifício, ou dos seus componentes, pode ser moroso e complexo, tendo em consideração diversos fatores. Diversos autores (Lounis *et al.*, 1998; Freitas *et al.*, 2013) evidenciam a dificuldade de optar por um método fiável que permita quantificar a durabilidade e a vida útil dos edifícios e dos seus componentes.

Shohet e Paciuk (2004) definiram quatro categorias para a abordagem da previsão de vida útil das construções: modelos analíticos; modelos estocásticos; métodos empíricos; e métodos experimentais. Habitualmente, os autores (Moser, 2004; Lacasse e Sjöström, 2004) resumem as diversas abordagens em três métodos, os métodos determinísticos, os métodos probabilísticos e os métodos de engenharia.

Os métodos determinísticos utilizam, regra geral, uma função de referência, que traduz a deterioração do elemento construtivo ao longo do tempo, para a determinação da sua vida útil. Esta função é posteriormente modificada através de fatores que traduzem as suas condições de serviço expectáveis. Destes métodos, obtém-se um valor absoluto indicativo da vida útil estimada do elemento em estudo (Gaspar, 2002). Mc Duling *et al.* (2008) afirmam que os resultados obtidos pelos métodos determinísticos não fornecem qualquer informação relativa ao processo de degradação, nem à mudança de um estado de degradação para outro, não incorporando, por isso, toda a variabilidade associada aos processos de degradação. No entanto, estes métodos apresentam como vantagens a sua facilidade de compreensão e a rapidez com que podem ser implementados.

Nos métodos probabilísticos, a degradação das construções é vista como um processo estocástico, regido por variáveis aleatórias que, por sua vez, utilizam parâmetros probabilísticos que afetam uma curva média de degradação (Moser, 2003). Estes métodos utilizam, geralmente, cálculo matricial ou probabilístico, que permite obter a probabilidade de ocorrência de uma mudança de estado de condição do elemento, procurando assim ultrapassar a incerteza relacionada com o fenómeno de degradação e a própria irreversibilidade das respetivas condições de serviço.

O objetivo destes métodos é a elaboração de modelos que procuram descrever a evolução da degradação e as respetivas incertezas decorrentes dos períodos de tempo considerados. Para se obter estes resultados, é necessário o levantamento periódico do desempenho do elemento estudado, registado em bases de dados (Gaspar, 2002). Apesar de promissores, estes métodos não têm uma grande aplicabilidade, dado serem bastante complexos e requerem uma extensa recolha de dados de modo a permitir amostras suficientemente representativas, o que nem sempre é possível por razões de tempo e de custo (Re Cecconi, 2002). Em sintonia com o que Re Cecconi (2002) afirmou, Gaspar (2002) atribui três inconvenientes principais que justificam a reduzida utilização destes métodos: i) a complexidade dos modelos matemáticos utilizados; ii) a necessidade de um grande número de dados recolhidos ao longo de muito tempo; e iii) a enorme dependência do trabalho de campo.

Segundo Daniotti (2003), os métodos de engenharia são utilizados para identificar analiticamente a diminuição do desempenho dos elementos construtivos, fornecendo algumas indicações sobre o fenómeno da degradação desses elementos. Esta informação permite adotar soluções mais adequadas em fase de projeto ou através de um planeamento sistemático e tecnicamente informado das ações manutenção. Estes métodos encontram-se num nível intermédio entre os outros dois tipos de métodos referidos, tratando-se de metodologias mais simplificadas (similares aos métodos determinísticos) permitindo integrar um pouco da variabilidade associada à incerteza do mundo real, sem se tornarem excessivamente complexos (Gaspar, 2002).

### 4.3 - Metodologia utilizada

A metodologia utilizada insere-se nos métodos determinísticos, uma vez que se trata de um método empírico. Este método tem como objetivo avaliar a perda de desempenho (ou a evolução da degradação ao longo do tempo) de pavimentos lenhosos em condições reais de serviço e em diferentes fases da sua vida útil.

Neste estudo, utiliza-se o método de previsão da vida útil definido inicialmente por Gaspar e Brito (2008) e Gaspar (2009). Este método baseia-se em dados recolhidos em inspeções visuais e na respetiva identificação e classificação das anomalias observadas, que são agrupadas consoante a sua natureza e gravidade. Gaspar (2009) inclui no modelo o valor das áreas afetadas por cada tipo de anomalia, de forma a aferir a extensão da degradação e paralelamente proceder à respetiva ponderação em relação ao nível de gravidade de cada uma delas.

Neste método, a caracterização da condição de degradação dos pavimentos lenhosos é feita através de níveis qualitativos de degradação, definidos no subcapítulo 3.3 - Classificação e definição dos níveis de degradação (Tabelas 3.1 a 3.3). Estes níveis de degradação são posteriormente convertidos em informação quantitativa, isto é, num índice numérico que estabelece a condição de degradação global do pavimento, designada por severidade de degradação ( $S_w$ ). Este índice numérico é dado pela razão entre a área degradada ponderada e uma área de referência, equivalente à totalidade do pavimento com o maior nível de gravidade possível de degradação - Equação (4.1).

$$S_{w,p} = \frac{\Sigma(A_e \cdot k_n \cdot k_{a,n}) + \Sigma(A_f \cdot k_n \cdot k_{a,n}) + \Sigma(A_j \cdot k_n \cdot k_{a,n})}{A \cdot \Sigma(k_{m\acute{a}x})} \quad (4.1)$$

Os parâmetros que são tidos em conta, na equação que está associada ao modelo utilizado, são:

- $S_{w,p}$  - severidade da degradação dos pavimentos lenhosos (%);
- $A$  - área do pavimento ( $m^2$ );
- $A_e$  - área de anomalias estéticas ( $m^2$ );
- $A_f$  - área de anomalias funcionais ( $m^2$ );
- $A_j$  - área de anomalias em juntas ( $m^2$ );
- $k_n$  - factor multiplicativo das anomalias em função do seu nível de degradação, varia entre 0 e 4 (este nível de degradação esta associado à percentagem de área afectada por determinada anomalia, tal como explicado no capítulo 3 - Trabalho de Campo);
- $k_{a,n}$  - coeficiente de ponderação correspondente ao peso relativo da anomalia detetada;
- $\Sigma(k_{m\acute{a}x})$  - representa o somatório dos coeficientes de ponderação, tomando o valor correspondente ao nível de degradação mais elevada da superfície de área  $A$ . Este somatório toma o valor de 12.

Assim, após a recolha de informação de campo relativa à condição de degradação do material, a vida útil é prevista com recurso à análise gráfica e estatística da evolução do índice de severidade de degradação dos pisos lenhosos ao longo do tempo.

#### 4.3.1 - Definição dos coeficientes de ponderação

À semelhança do modelo de Gaspar (2009), optou-se por avaliar dois cenários, o primeiro em que os coeficientes de ponderação entre anomalias assumem todos o valor de 1, isto é, assume-se que todas as anomalias têm o mesmo impacte na degradação dos pavimentos lenhosos. Um segundo cenário atribui diferentes valores aos coeficientes de ponderação, consoante a gravidade de uma dada anomalia. A gravidade de uma anomalia tem em conta diversos fatores como o cumprimento de exigências mínimas de desempenho, a sua propensão para originar novas anomalias e o seu custo de reparação ou substituição, podendo estar estes fatores relacionados com a urgência de reparação. Estes coeficientes foram definidos através de vários geradores de preços e do contacto com empresas especializadas na recuperação ou substituição de pavimentos lenhosos.

Foram considerados três níveis de intervenção para a correção das anomalias: i) no primeiro, é simplesmente necessário o afagamento e envernizamento do pavimento; ii) o segundo, implica mais do que uma intervenção superficial, podendo ser necessário o reajustamento ou a substituição de alguns elementos; e, iii) um último cenário, que implica a remoção do pavimento e a colocação de um pavimento novo.

Após pesquisa, considerou-se, que a remoção de um pavimento antigo para a posterior colocação de um pavimento novo corresponde a um coeficiente de 1,2, tendo em conta que o coeficiente de 1 corresponde somente à colocação do pavimento. Por outras palavras, assume-se que

a substituição tem um acréscimo de 20% ao preço final, devido à remoção do pavimento antigo e posterior transporte e deposição em aterro. Um coeficiente de 1,2 está assim associado às anomalias funcionais apresentadas na Tabela 4.2.

Às anomalias estéticas apresentadas na Tabela 4.3 e à anomalia de alteração da cor em juntas, atribui-se um coeficiente de 0,6, considerando-se que o processo de lixar, polir e envernizar o pavimento é suficiente para a correção destas anomalias.

O coeficiente 1, que está presente nas restantes anomalias de juntas presentes na Tabela 4.4, corresponde à necessidade de, além de ser preciso lixar, polir e envernizar, ser também preciso colocar algum produto de preenchimento ou ser necessária a recolocação de algumas peças do pavimento.

**Tabela 4.2: Coeficiente de ponderação - anomalias funcionais**

<b>Funcionais</b>	
<b>Anomalias</b>	<b>Coeficiente de ponderação</b>
Despreendimento / empolamento	1,2
Fendilhação de peças / juntas	1,2
Peças partidas / lascadas	1,2
Apodrecimento	1,2
Problemas de humidade	1,2
Desagregação	1,2
Pulverulência	1,2
Ataque xilófago	1,2
Falta de tacos / peças	1,2

**Tabela 4.3: Coeficiente de ponderação - anomalias estéticas**

<b>Estéticas</b>	
<b>Anomalias</b>	<b>Coeficiente de ponderação</b>
Alteração da cor	0,6
Marcas de cigarro	0,6
Riscagem, sulcos, alteração da superfície corrente	0,6
Desgaste/ destacamento do acabamento	0,6
Manchas	0,6
Manutenção inadequada	0,6
Desgaste muito acentuado	0,6

**Tabela 4.4: Coeficiente de ponderação - anomalias em juntas**

<b>Juntas</b>	
<b>Anomalias</b>	<b>Coeficiente de ponderação</b>
Alteração da cor	0,6
Despreendimento/falta de preenchimento	1
Alteração da dimensão da junta	1

#### 4.4 - Curvas de degradação

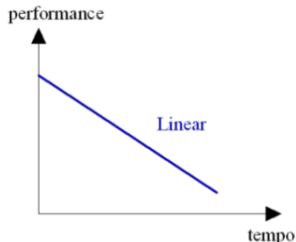
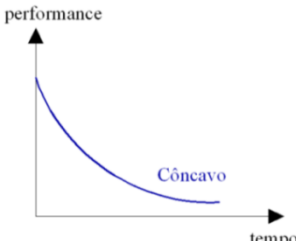
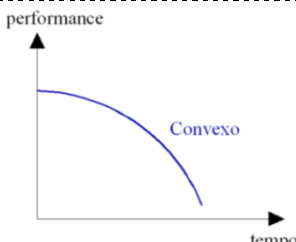
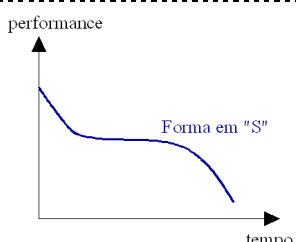
As curvas de degradação representam graficamente uma análise de regressão entre o índice numérico que expressa a degradação dos pavimentos lenhosos ( $S_w$ ) e a sua idade. Este processo de

degradação dos pisos lenhosos, ao longo dos anos, é definido através de uma nuvem de pontos como a apresentada na Figura 4.1, que descreve a amostra analisada em trabalho de campo.

De acordo com Shohet *et al.* (1999), destacam-se quatro padrões de degradação distintos, consoante os fatores de degradação a que estão sujeitos os revestimentos. Estes quatro padrões de degradação são apresentados e explicados na Tabela 4.5.

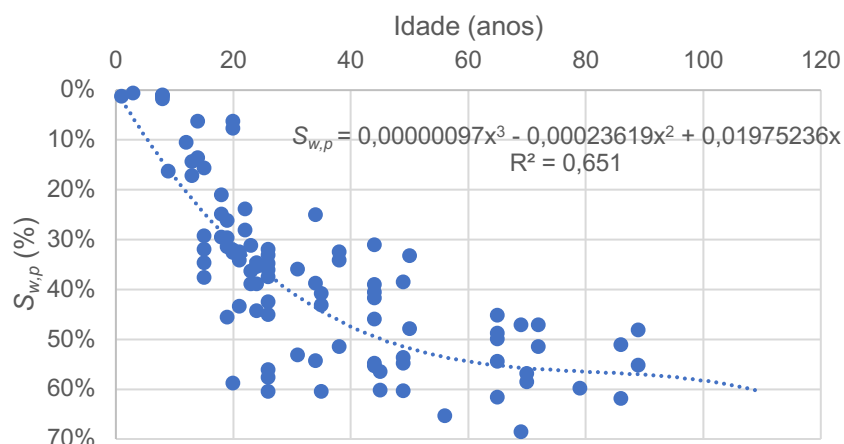
**Tabela 4.5: Padrões típicos de degradação associados a agentes e mecanismos de degradação**

(adaptado de Shohet *et al.* (1999) e Gaspar (2002))

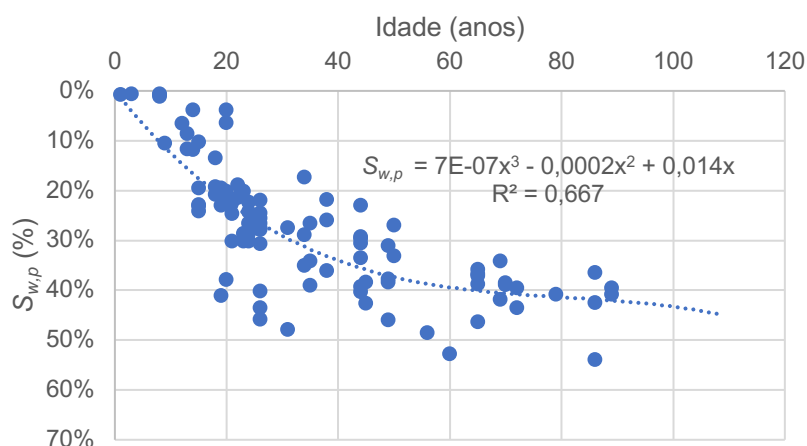
Padrão típico de deterioração	Agente de deterioração
	<p>Agente de deterioração que atua em permanência no revestimento, como é o caso de agentes atmosféricos, incidência de raios U.V ou a ação do vento; nestes casos, verifica-se uma perda constante da capacidade de o material responder às exigências de serviço, ao longo do tempo</p>
	<p>Agente de deterioração biológico; de rápido desenvolvimento inicial, mas cujo potencial de degradação tende a diminuir ao longo do tempo; é o caso de micro-organismos, ocorrência de eflorescências e anomalias relacionadas com escorrência de águas</p>
	<p>Fenómenos físicos e químicos, de ação inicial lenta, mas cuja ação se faz sentir cumulativamente; nestes casos, quanto maior for a degradação, maior a probabilidade de esta aumentar e a uma velocidade superior</p>
	<p>Fenómenos que se manifestam muito rapidamente, que aparentemente se vem a estabilizar, mas que na prática continuam ativos ou criam condições para a ocorrência de uma deterioração mais profunda e de rápido desenvolvimento, num ponto futuro da vida útil do elemento</p>

Para a amostra analisada, obtém-se a curva presente nas Figuras 4.1 e 4.2. A curva obtida é em “S”, constituída por três fases distintas - iniciação (anomalias precoces), maturação e fase terminal (Gaspar e Brito, 2005). É assim observável que estes pavimentos possuem uma perda de desempenho acentuada no período de iniciação, seguindo-se um período de estabilização/maturação, no qual os fenómenos de degradação se fazem sentir de uma forma cumulativa, mas

lenta, e, por fim, a fase terminal, um período de senescência, em que a degradação se faz sentir de forma mais acelerada, existindo uma intensificação das ações de degradação e da sinergia entre elas (Serralheiro *et al.*, 2017). Esta curva de degradação foi assim obtida a partir dos dados recolhidos no trabalho de campo através do método de regressão, onde se ajustou uma linha polinomial de terceiro grau à nuvem de pontos correspondente à amostra.



**Figura 4.1: Gráfico do nível de degradação (sem coeficientes de ponderação)**



**Figura 4.2: Gráfico do nível de degradação (com coeficientes de ponderação)**

#### 4.4.1 - Coeficientes de ponderação

Quando se calcula o índice de severidade de degradação com os coeficientes de ponderação todos iguais à unidade, ou seja, sem coeficientes de ponderação, obtém-se a curva apresentada na Figura 4.1. A curva de degradação obtida conduz a um coeficiente de determinação de 0,651. Quando se adota coeficientes de ponderação diferentes da unidade, com vista a ponderar o peso relativo das diferentes anomalias, obtém-se um coeficiente de determinação de 0,667 (Figura 4.2).

A análise da validade estatística das curvas de degradação obtidas ao longo do presente estudo, é feita com base no coeficiente de determinação obtido para as diferentes curvas, sendo ainda analisado o andamento da curva, verificando se este apresenta sentido físico (por exemplo, em

nenhum momento, a curva pode revelar que a condição de degradação melhora ao longo do tempo, uma vez que não são contempladas ações de manutenção nos pisos lenhosos, com vista a melhorar a sua condição de degradação).

O quadrado do coeficiente de correlação momentânea do produto de Pearson ( $R^2$ ), ou coeficiente de determinação, serve para avaliar a relação linear entre duas variáveis quantitativas contínuas,  $x$  e  $y$ . De outra forma, pode dizer-se que avalia a variância da variável  $y$  (as ordenadas da curva, isto é, a severidade de degradação dos pisos) que é explicada pelo modelo, isto é, por  $x$  (as abcissas da curva, ou seja, a idade dos pisos lenhosos). Pode dizer-se, simplificadamente, que o coeficiente de determinação, neste contexto, permite avaliar a capacidade que o modelo tem de representar a realidade observada em trabalho de campo.

Este coeficiente pode variar entre 0 (correlação nula) e 1 (correlação perfeita). Segundo vários autores (Hinkle *et al.*, 2003; Piaw, 2006 em Ghani e Ahmad, 2010), valores do coeficiente de determinação superiores a 0,5 já revelam uma correlação forte entre as duas variáveis, enquanto valores superiores a 0,8 já indicam uma fortíssima correlação entre o modelo e a variável dependente (neste caso, a severidade de degradação).

No caso concreto da curva de degradação obtida para os pisos lenhosos, considerando os coeficientes de ponderação, o  $R^2$  obtido é igual a 0,667, o que significa que 66,7% da variabilidade encontrada para a variável  $y$  (severidade de degradação) é explicada pela variável  $x$  (idade do pavimento) e 33,3% é explicada por outros fatores (Mukaka, 2012).

Quando se avalia o valor do coeficiente de determinação, é importante ter presente que existe um conjunto de fatores que influenciam a degradação dos pisos lenhosos, para além da idade, como por exemplo, o tipo de madeira, o tipo de pavimento, a forma como o pavimento é aplicado, o acabamento do pavimento, as condições de utilização e de manutenção, entre outros.

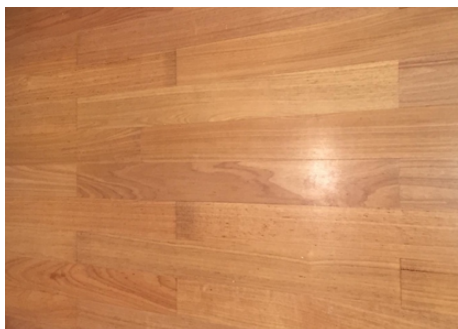
#### *4.4.2 - Limite máximo de degradação que estabelece o fim da vida útil dos pavimentos lenhosos*

O fim de vida útil dos pavimentos lenhosos é estabelecido através da definição de um limite máximo de degradação (com coeficientes de ponderação) aceitável que, uma vez atingido, se considera corresponder ao fim da vida útil do pavimento, devendo ser realizada uma ação de manutenção de forma a restituir as condições necessárias ao adequado desempenho do pavimento. Este limite convencional depende do grau de exigência dos utilizadores, sendo ainda condicionado por outras variáveis, como os fundos disponíveis para as ações de manutenção.

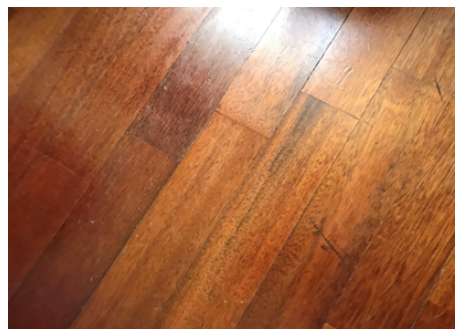
No presente estudo, considera-se que o fim da vida útil é atingido para um limite máximo de degradação correspondente a uma severidade da degradação de 30%. Para estabelecer este limite, foi feita uma análise de sensibilidade, com recurso à análise de diversos casos associados a diferentes valores de severidade de degradação, como se descreve em seguida.



O caso de estudo (número 28) apresentado na Figura 4.3, tem uma severidade de degradação de 19,47% e 15 anos de idade. Este pavimento é um soalho em Tauri e apresenta um nível de utilização 3. Já o caso de estudo (número 40) apresentado na Figura 4.4, tem uma severidade de degradação de 22,19% e 21 anos de idade. Este pavimento é em tacos de mogno e apresenta um nível de utilização 2.



**Figura 4.3: Caso de estudo n.º 28**

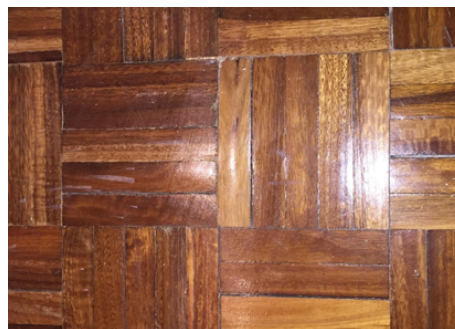


**Figura 4.4: Caso de estudo n.º 40**

O caso de estudo (número 31) apresentado nas Figuras 4.5 e 4.6 situa-se graficamente perto do valor de referência definido como sendo o fim da vida útil, com um nível de degradação de 38,40% e 45 anos de idade. Este pavimento é um parquet de eucalipto, com um nível de utilização 3 e apresenta um desgaste muito acentuado na maior parte da sua área.



**Figura 4.5: Caso de estudo n.º 31**



**Figura 4.6: Caso de estudo n.º 31 (pormenor)**

O caso de estudo (número 52) apresentado nas Figuras 4.7 e 4.8, tem um nível de degradação de 43,55% e 72 anos de idade. Este pavimento é em tacos de pinho e mostra um nível de utilização 3.

Com esta análise, conclui-se que valores de severidade de degradação de 15% ou 20%, são ainda muito conservativos para estabelecer o fim da vida útil dos pavimentos lenhosos, pois os casos associados a estes valores não apresentam uma degradação suficientemente gravosa para levar à realização de ações de manutenção.



Figura 4.7: Caso de estudo n.º 52 (a)



Figura 4.8: Caso de estudo n.º 52 (b)

Por sua vez, os casos com valores de  $S_{w,p}$  superiores a 30% apresentam uma degradação que se considera no presente estudo já justificar uma intervenção de manutenção. Na maioria das situações, em habitações de utilizadores correntes, os pavimentos lenhosos não chegam a atingir 40% do índice de severidade de degradação, pois são intervencionados antes; na amostra analisada, apenas 10% dos pisos lenhosos em habitações correntes atingem uma severidade de degradação acima de 40%. Assim sendo, considera-se que o limite convencional para estabelecer o fim da vida útil dos pisos lenhosos corresponde a uma severidade de degradação de 30%, uma vez que os limites inferiores são demasiado conservativos, e um limite cujo  $S_{w,p}$  é de 40% corresponde a uma condição de degradação demasiado gravosa e generalizada, considerando-se que os pisos lenhosos devem ser alvo de manutenção antes de atingirem esta condição de degradação.

#### *4.4.3 - Curvas de degradação segundo as características dos pavimentos (com coeficientes de ponderação)*

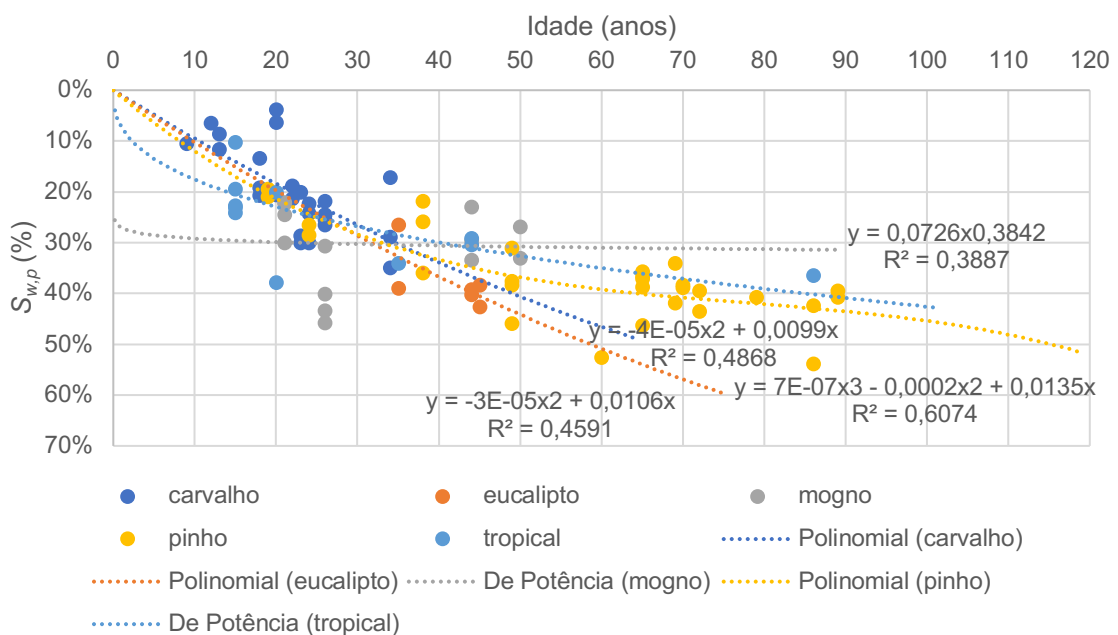
As características dos pavimentos em estudo têm um impacte muito significativo na durabilidade e vida útil dos mesmos. Considera-se assim essencial a análise das curvas de degradação tendo em consideração as características dos pavimentos. Desta forma, são analisados alguns parâmetros relevantes e que apresentam um maior impacte na previsão da vida útil dos pisos lenhosos, são eles: o tipo de madeira; a dureza da madeira; o tipo de acabamento; a relação entre a dureza das madeiras e os seus acabamentos; o nível de utilização; o tipo de pavimento; o tipo de utilização (habitação ou serviços/pública); a proximidade do pavimento com uma zona húmida; e o estado de degradação das caixilharias.

Na Figura 4.9, apresenta-se as curvas de degradação dos pavimentos lenhosos consoante o tipo de madeira utilizada. Os tipos de madeira Tauri, Cumaru e Sucupira, sendo madeiras tropicais e com características semelhantes, foram todas agrupadas na mesma curva. Esta curva apresenta um coeficiente de determinação de 0,389, devendo os resultados obtidos ser analisados com alguma precaução. Para as madeiras designadas como tropicais, é obtida uma vida útil de 40 anos.

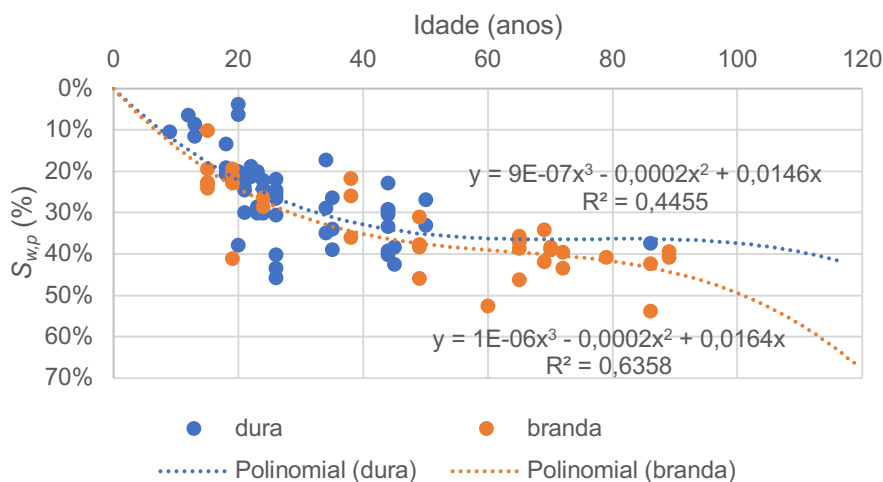
A curva de degradação obtida para pisos em eucalipto apresenta uma correlação média (0,4591); além disso, como é obtida para apenas seis casos de estudo, considera-se que a sua significância estatística é reduzida, devendo os resultados ser analisados com alguma cautela.

Os pisos em mogno apresentam uma curva sem sentido físico, uma vez que o intervalo de idade da amostra é muito reduzido (os casos de estudo têm idades e valores de severidade de degradação semelhantes), e o seu valor de coeficiente de determinação é praticamente nulo. Ambas as curvas de degradação de pisos em pinho e em carvalho apresentam uma correlação moderada. Os pisos em pinho apresentam uma vida útil de 32 anos e em carvalho de 35 anos, como seria expectável, por se tratar de uma madeira branda e uma madeira dura, respetivamente, e uma vez que o carvalho tem uma massa volúmica mais elevada do que o pinho, sendo (o carvalho comum) mais resistente a fungos (LNEC M9, 1997; Delgado, 2008).

A Figura 4.10 apresenta as curvas de degradação dos pisos lenhosos considerando a dureza da madeira aplicada, sendo adotadas duas categorias: madeiras duras e brandas.



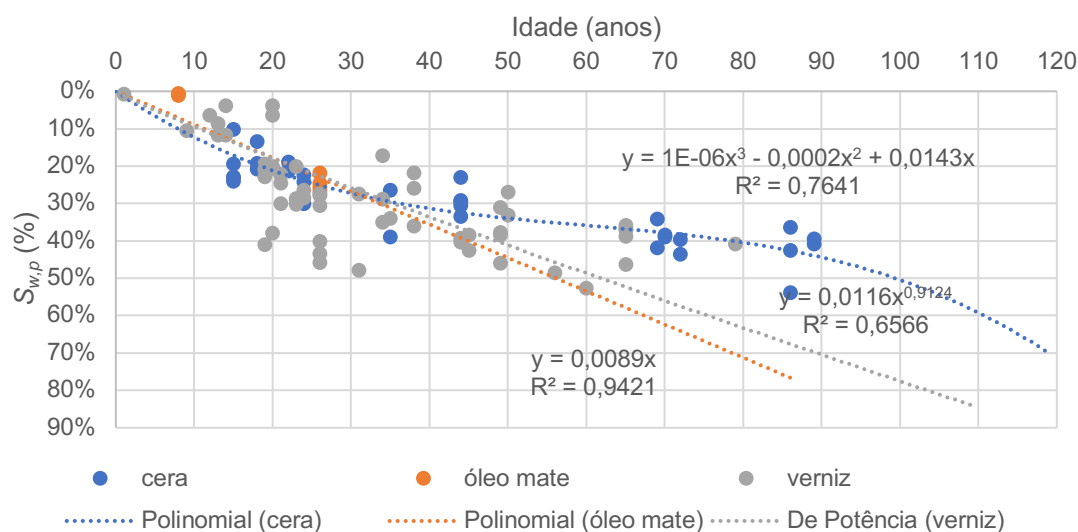
**Figura 4.9: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o tipo de madeira**



**Figura 4.10: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com a dureza da madeira**

Os critérios que distinguem as madeiras duras de brandas são enunciados e explicados no subcapítulo 2.2 - Tipos de madeiras. As curvas de degradação, demonstram que as madeiras duras apresentam sempre uma durabilidade superior à das madeiras brandas, tal como indicado em diversos estudos sobre a durabilidade das madeiras enquanto material de construção (Gallego, 2005; Martins, 2010; Livramento, 2016).

A Figura 4.11 apresenta as curvas de degradação obtidas para os pavimentos lenhosos em função do acabamento superficial. A curva de degradação dos pisos lenhosos com acabamento em óleo mate apresenta um coeficiente de determinação de 0,857, revelando assim uma forte correlação entre o modelo e a severidade de degradação obtida para os pisos lenhosos com este tipo de acabamento. Estes pisos atingem o fim da sua vida útil aos 33 anos. No entanto, por esta curva ser baseada em apenas sete pavimentos, a sua significância estatística é reduzida, devendo os resultados ser analisados com alguma cautela. Por sua vez, os pisos lenhosos com acabamento em cera apresentam uma curva com coeficiente de determinação de 0,764, revelando igualmente uma forte correlação entre o modelo e os dados. Os pisos com este tipo de acabamento apresentam uma vida útil de 36 anos. O verniz apresenta uma curva igualmente válida com um coeficiente de determinação moderado (0,656) e uma vida útil estimada de 35 anos.



**Figura 4.11: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o tipo de acabamento**

Segundo Santos e Duarte (2013), o verniz é, regra geral, o acabamento com maior durabilidade, tratando-se de um acabamento de película rígida, isto é, que impede o contacto dos poros da madeira com o exterior. Esta película protege a madeira de uma forma muito eficaz. No entanto, o próprio material da película (verniz) acaba por se degradar ao longo do tempo, isto é, o seu período de atuação é limitado, perdendo elasticidade e tornando-se quebradiço, ficando assim a madeira suscetível a diversos agentes de deterioração.

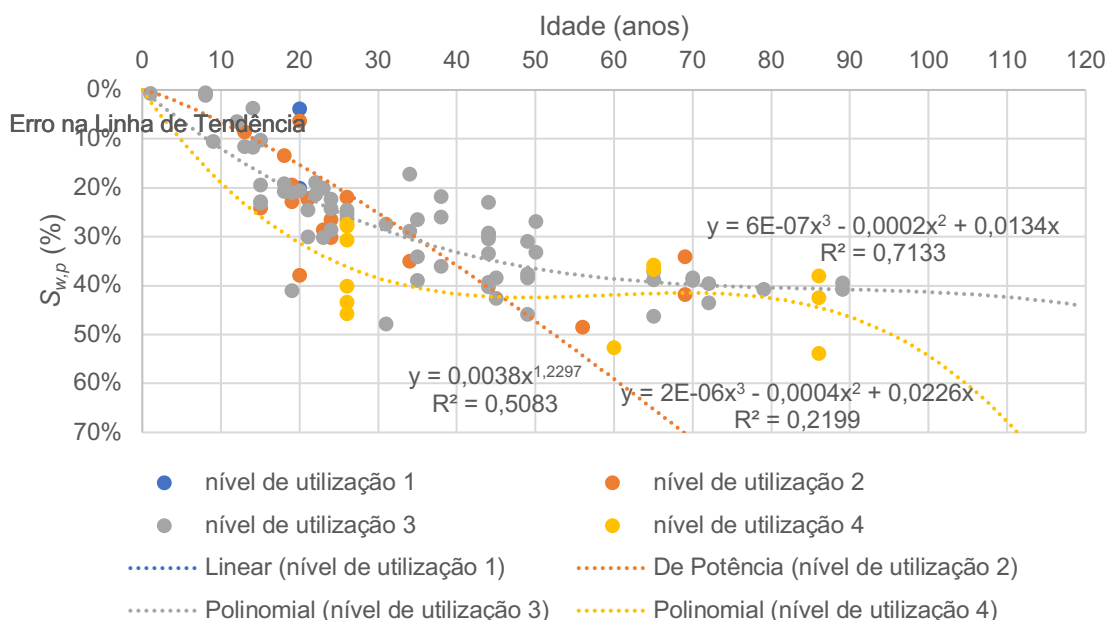
Ao contrário do verniz, os restantes acabamentos ao serem impregnados na madeira, não formam uma película protetora, mas acabam por funcionar em conjunto com a madeira, com períodos de atuação, regra geral, mais longos, promovendo uma degradação da madeira mais homogênea e regular ao longo do tempo (Figura 4.3).

A Tabela 4.6 apresenta a idade que corresponde a uma severidade de degradação de 30% na relação entre a dureza das madeiras e o seu acabamento. Tal como nas figuras anteriores, verifica-se que madeiras duras apresentam uma degradação menor, tal como o acabamento em cera. Esta tabela confirma assim as conclusões retiradas das figuras anteriores. Pode ainda concluir-se que os acabamentos superficiais demonstram ter uma maior influência na vida útil de madeiras duras do que madeiras brandas, onde a vida útil estimada é relativamente semelhante, independentemente do tipo de acabamento superficial adotado.

A Figura 4.12 apresenta o traçado das curvas de degradação obtidas para os pavimentos lenhosos consoante o seu nível utilização, onde o nível 1 representa o menor nível de utilização e 4 o maior nível de utilização. Os critérios que foram utilizados para definir os níveis de utilização são enunciados no subcapítulo 3.4.2 - Caracterização dos casos de estudo. Não foi possível traçar a curva de degradação para o nível de utilização 1 por este nível ser constituído por apenas dois casos de estudo.

**Tabela 4.6: Relação entre a dureza das madeiras e o tipo de acabamento utilizado**

	Vida útil estimada (anos)	
	Verniz	Cera
Dura	34	41
Branda	28	29

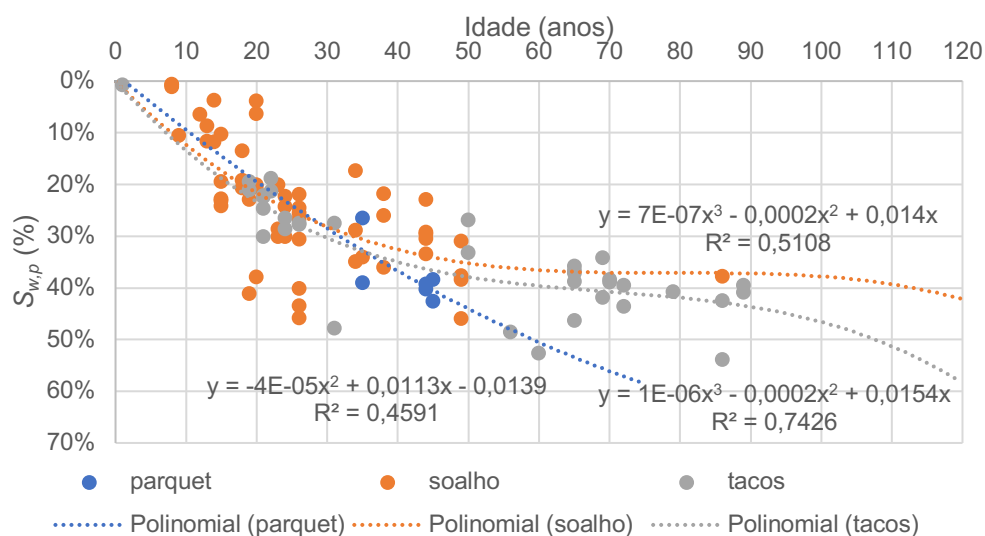


**Figura 4.12: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o nível de utilização**

O nível de utilização 2 apresenta um coeficiente de determinação moderado, de 0,5034 e uma vida útil estimada de 35 anos. A curva de degradação do nível de utilização 3 permite retirar

conclusões com significância estatística, apresentando uma forte correlação com a realidade, sendo o seu coeficiente de determinação de 0,713 e apresentando uma vida útil estimada de 33 anos. A curva de degradação do nível de utilização 4, apresenta uma vida útil estimada de 18 anos, mas o seu andamento apresenta uma fraca correlação com a realidade. Após o limite que estabelece o fim de vida útil, a curva do nível de utilização 2 cruza as restantes curvas, alterando assim a tendência de degradação, o que pode ser justificado por esta curva só possuir três casos a partir dos 30% de degradação. Verbist *et al.* (2019) referem a importância dos níveis de utilização para a seleção adequada de diferentes espécies de madeira, sugerindo que a classe de utilização seja usada como diretriz na fase inicial do projeto.

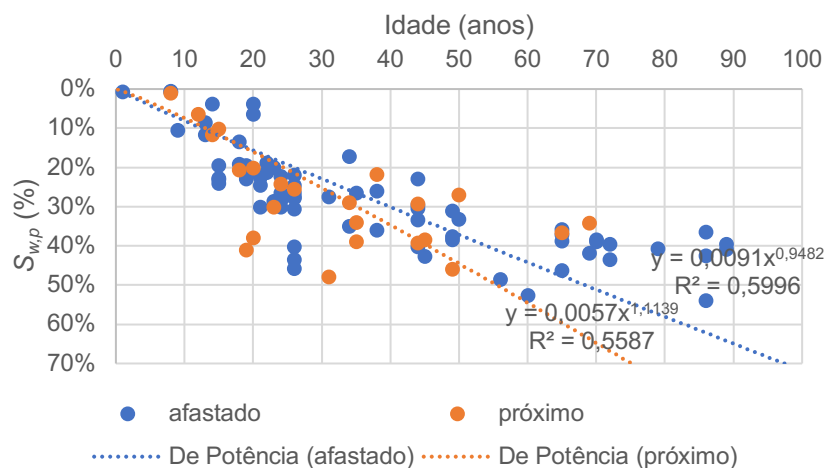
A Figura 4.13 apresenta as curvas de degradação obtidas para os pavimentos lenhosos em função do tipo de pavimento. A curva de degradação do pavimento em parquet apresenta um coeficiente de determinação de 0,4591, chegando ao fim da sua vida útil aos 32 anos. No entanto, por esta curva ser baseada em apenas seis pavimentos, a sua significância estatística é reduzida, devendo os resultados ser analisados com sentido crítico. Por sua vez, o pavimento em tacos apresenta uma curva de degradação, com um coeficiente de determinação de 0,743, revelando assim uma forte correlação entre o modelo e a realidade observada, apresentando uma vida útil estimada de 30 anos. A curva de degradação do pavimento em soalho apresentada é igualmente válida, com um coeficiente de determinação moderado de 0,511, correspondendo a uma vida útil estimada de 33 anos.



**Figura 4.13: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o tipo de pavimento**

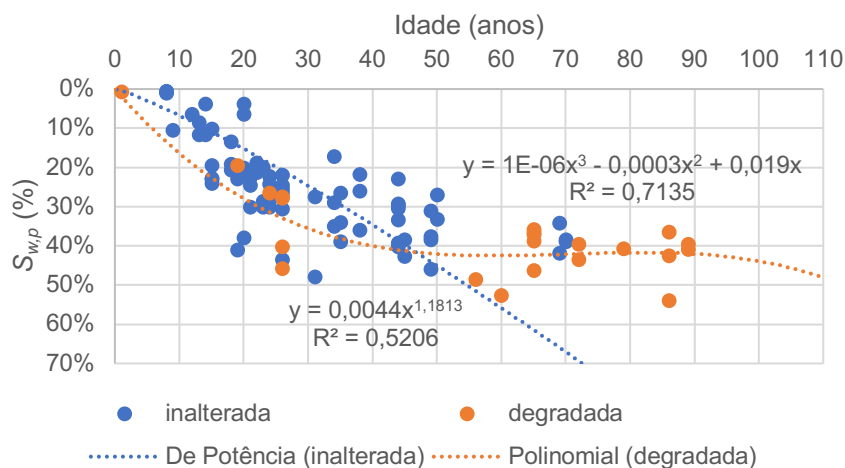
A Figura 4.14 apresenta as curvas de degradação obtidas para os pavimentos lenhosos em função da proximidade com uma zona húmida. Em relação a estas curvas, ambas apresentam um andamento da curva com sentido físico e com coeficientes de determinação moderados (0,559 para pavimentos junto a uma zona húmida, e aproximadamente 0,600 para pavimentos afastados de uma zona húmida). Os casos próximos de uma zona húmida atingem o fim da vida útil antes dos casos afastados desta fonte de degradação, 35 anos e 39 anos, respetivamente.





**Figura 4.14: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com a proximidade de zonas húmidas**

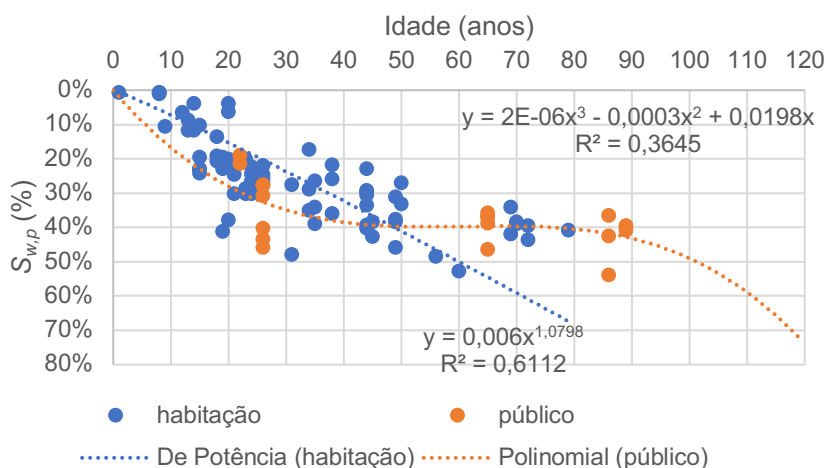
A Figura 4.15 apresenta as curvas de degradação obtidas para os pavimentos lenhosos em função do estado de conservação das caixilharias existentes na divisão onde o piso lenhoso se insere. A análise das curvas permite verificar que pavimentos localizados em divisões onde as caixilharias estão degradadas apresentam vidas úteis inferiores (22 anos), quando comparados com pisos localizados em divisões com caixilharias inalteradas (35 anos). As curvas de degradação relativas ao estado de conservação das caixilharias acabam por se cruzar, uma vez atingida uma severidade de degradação de 40%, alterando assim a tendência de degradação observada, que permitiu concluir que a degradação das caixilharias conduz à redução da vida útil estimada dos pisos lenhosos. A interseção das curvas após um nível de degradação acentuado pode justificar-se pelo facto de o fenómeno de degradação ser multidimensional, e existirem por isso diversos parâmetros que caracterizam os pisos lenhosos que influenciam a sua degradação. Aparentemente, verifica-se que, até um determinado nível de degradação, a existência de uma caixilharia danificada pode promover a degradação dos pisos lenhosos, mas com a evolução do processo de degradação e, com o efeito cumulativo dos vários agentes de degradação, a partir de uma determinada idade, a degradação dos pavimentos lenhosos pode ser mais condicionada por outros parâmetros (que caracterizam as amostras usadas nas curvas de degradação definidas) do que a degradação das caixilharias.



**Figura 4.15: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o estado de conservação das caixilharias existentes na divisão**

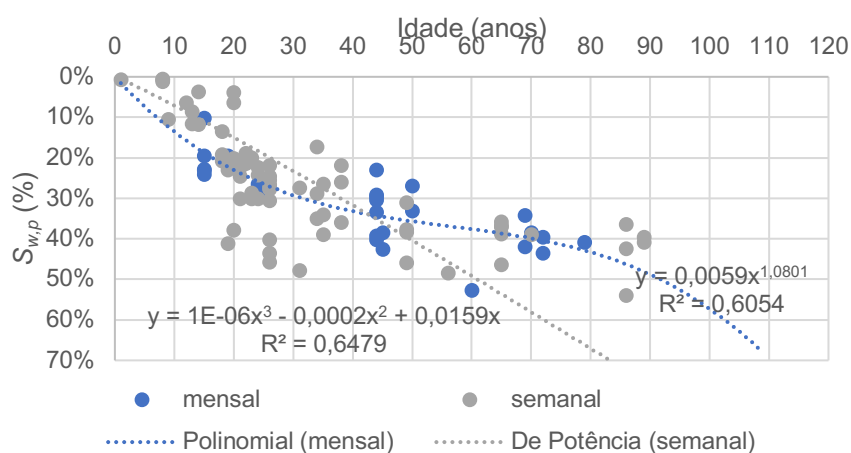
A Figura 4.16 apresenta as curvas de degradação obtidas para os pavimentos lenhosos em relação ao tipo de utilização. A curva de degradação obtida para pavimentos em habitações correntes apresenta uma correlação moderada com a realidade, com um coeficiente de determinação de 0,611 e uma vida útil estimada de 37 anos. A curva de degradação obtida para espaços públicos, apresenta uma vida útil estimada de 22 anos e um coeficiente de determinação reduzido, igual a 0,365. Após o fim de vida útil, as duas curvas coincidem invertendo-se a tendência de degradação, o que se pode dever a não existirem casos de utilização pública no intervalo entre 27 a 64 anos.

A Figura 4.17 apresenta as curvas de degradação obtidas para os pavimentos lenhosos em função da sua periodicidade de manutenção. As periodicidades utilizadas como referência para este estudo foram a manutenção semanal e a manutenção mensal.



**Figura 4.16: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o tipo de utilização**





**Figura 4.17: Curvas de degradação dos pisos lenhosos de acordo com a periodicidade de manutenção**

A curva de degradação relativa a pisos lenhosos com manutenção semanal apresenta um coeficiente de determinação moderado (0,6479), sendo obtida uma vida útil estimada de 38 anos. Os pisos lenhosos com manutenção mensal apresentam também uma curva com uma correlação adequada entre o modelo e a realidade em trabalho de campo, com um coeficiente de determinação de 0,605, tendo sido estimada uma vida útil de 31 anos. A curva de manutenção semanal diz respeito a pisos lenhosos que são alvo de manutenção por via seca e via húmida, não sendo considerada, no presente estudo, a nocividade dos produtos aplicados. A Figura 4.17 revela que as curvas se cruzam, após ser ultrapassado o limite definido como fim da vida útil dos pisos lenhosos, alterando assim a tendência de degradação observada até então. A curva de degradação relativa a pisos lenhosos com manutenção semanal não faz sentido físico para idades mais avançadas, essencialmente devido ao número reduzido de casos na amostra com idades superiores a 50 anos, não permitindo assim retirar conclusões inequívocas sobre o impacto da periodicidade da manutenção na vida útil dos pisos lenhosos, para idades mais avançadas.

#### 4.5 - Discussão dos resultados

Na discussão dos resultados obtidos, é importante ter presente a dependência que estes têm do trabalho de campo e da perícia do inspetor que o realiza. A Tabela 4.7 apresenta um resumo da vida útil estimada dos pisos lenhosos, em função de características dos mesmos.

Cruz *et al.* (2015) definiram diversos aspetos que devem ser tidos em conta quando se seleciona um pavimento em madeira para um determinado espaço, nomeadamente: i) a seleção do tipo de madeira de acordo com o nível de utilização / tipo de utilização do espaço onde será aplicada (EN 335, 2013); ii) a avaliação da durabilidade natural da madeira (tipo de madeira) a utilizar e se esta é suficiente perante os agentes de degradação a que estará sujeita ou se será necessário algum tratamento preservador; e iii) a seleção de espécies de madeira resistentes (tipo de madeira) e de um tipo de pavimento adequado. A análise da Tabela 4.7, tendo em consideração os coeficientes de determinação e a dimensão da amostra, confirma a importância dos aspetos referidos.

Outro aspeto fundamental para a durabilidade dos pisos lenhosos prende-se com a adoção de uma manutenção adequada, principalmente em pavimentos próximos de zonas húmidas (Cruz *et al.*,

2015). Os resultados revelam uma variação na vida útil estimada dos pisos lenhosos de 7 anos entre a manutenção semanal e a manutenção mensal, demonstrando a importância de uma manutenção periódica para a conservação destes pavimentos em condições adequadas de utilização.

Relativamente à proximidade de caixilharias, a degradação destes elementos está consequentemente associada a uma maior exposição aos agentes atmosféricos. Os agentes atmosféricos, como a radiação UV e a exposição a humidade, são responsáveis por alterações químicas na camada superficial da madeira (acabamento), o que pode causar uma cor acinzentada na superfície da madeira, além de alterações dimensionais na madeira e na sua resistência mecânica (Nunes e Cruz, 2003; Delgado *et al.*, 2013).

**Tabela 4.7: Quadro resumo**

	Características	Vida útil estimada (anos)	Coefficiente de determinação (R <sup>2</sup> )	Dimensão da amostra
Tipo de acabamento	Óleo mate	33	0,857	7
	Cera	36	0,764	30
	Verniz	35	0,656	60
Tipo de madeira	Pinho	32	0,607	28
	Carvalho	35	0,487	26
	Eucalipto	31	0,459	6
	Tropical	40	0,389	13
Nível de utilização	Nível 2	35	0,504	21
	Nível 3	33	0,713	64
	Nível 4	18	0,220	12
Tipo de pavimento	Parquet	32	0,459	6
	Tacos	30	0,743	35
	Soalho	33	0,511	56
Tipo de utilização	Habituação	37	0,611	79
	Público	22	0,365	18
Proximidade com zona húmida	Sim	35	0,559	24
	Não	39	0,600	73
Caixilharia	Degradada	22	0,714	21
	Inalterada	35	0,521	52
Manutenção	Semanal	38	0,648	69
	Mensal	31	0,605	26

#### 4.5.1 - Vida útil de referência

Segundo a literatura existente relativa à durabilidade dos pavimentos lenhosos, a vida útil de um pavimento em madeira pode variar significativamente. Nebel *et al.* (2006) obtiveram uma vida útil estimada de 10 anos para um parquet multicamada, enquanto Seiders *et al.* (2007) afirmam que um pavimento pode durar até 100 anos, sendo a duração do mesmo igual à duração do edifício. Esta dispersão de valores está associada a diversas características como o tipo de pavimento, o tipo de madeira, o tipo de acabamento e as condições de utilização. Anderson *et al.* (2002) obtiveram uma estimativa de vida útil de 20 anos, tal como Nebel *et al.* (2006) para um parquet multicamada colado ao suporte. Nebel *et al.* (2006), para um parquet de 8 mm e um parquet de 10 mm, obtiveram uma vida útil estimada de 25 anos. Jonsson *et al.* (1997) e Jonsson (1999)

estimaram uma vida útil de 40 anos para soalho em pinho. Scharai-Rad e Welling (2002) sugerem uma vida útil de 45 anos, tal como Petersen e Solberg (2004), para soalho em carvalho. Adalberth (1997) e Mithraratne e Vale (2004) obtiveram uma estimativa de vida útil de 50 anos, tal como Nebel *et al.* (2006) para um parquet de 22 mm. Gunther e Langowski (1997) obtiveram uma estimativa de vida útil superior a 50 anos para parquet.

Aktas e Bilec (2012) concluíram, com um intervalo de confiança de 80%, que a vida útil de um pavimento habitacional em madeira é, em média, de 40 anos. Este intervalo de confiança foi definido de acordo com a norma ISO 15686-1 (2011), para definir limites mínimos e máximos para a variância dos resultados da vida útil, sendo o mínimo de 15 anos e o máximo de 73 anos.

Neste estudo, a vida útil de referência obtida através das curvas de degradação é de 32 anos, assumindo-se um nível máximo de degradação de 30%, estando por isso dentro dos valores expectáveis de vida útil dos pavimentos em piso lenhoso, de acordo com a literatura e o conhecimento empírico sobre a durabilidade destes elementos.

## 4.6 - Conclusão

A metodologia apresentada neste capítulo, para estimar a vida útil de pisos lenhosos, baseada em Gaspar (2009), permitiu obter curvas de degradação que representam a evolução da degradação destes pisos ao longo do tempo e de acordo com as características dos pavimentos. Na maioria das situações, as curvas obtidas apresentam sentido físico e permitem retirar conclusões estatisticamente significativas e de acordo com o conhecimento empírico e a literatura sobre o tema. Considera-se assim que foram obtidos resultados relevantes, tendo em conta a complexidade do fenómeno analisado e dado que se trata de uma primeira abordagem deste modelo a pavimentos lenhosos interiores.

## 5 Conclusão e desenvolvimentos futuros

### 5.1 Considerações finais

Neste capítulo, apresenta-se um resumo dos principais aspetos abordados nesta dissertação, com o intuito de sintetizar os principais resultados obtidos. Deste modo, pretende-se percorrer as principais fases da metodologia adotada neste estudo, descrevendo os pontos de maior interesse. Igualmente, faz-se algumas sugestões de estudos futuros no âmbito do estudo realizado, em relação às temáticas onde se considera ser necessária uma investigação mais profunda.

A presente dissertação enquadra-se na linha de investigação desenvolvida por Gaspar (2002), Sousa (2008), Gaspar (2009), Gaspar e Brito (2011), Silva *et al.* (2011a)), Silva *et al.* (2011b), Chai *et al.* (2014), Emídio *et al.* (2014), Chai *et al.* (2015), Ximenes *et al.* (2015), Marques (2016) e Serralheiro *et al.* (2017) no âmbito da previsão da vida útil da envolvente das construções. Esta linha de investigação está relacionada com o interesse em assegurar maiores períodos de serviço, isto é, uma utilização mais racional dos elementos da construção, podendo constituir uma ferramenta útil na definição de planos de manutenção, permitindo não só um aumento da durabilidade desses elementos e, conseqüentemente, da sua vida útil, mas também proporcionando uma diminuição dos custos de reparação associados a reparações urgentes.

São referidas, em seguida, algumas conclusões obtidas durante a elaboração da presente dissertação, descrevendo-se ainda, em traços gerais, a metodologia utilizada. São ainda feitas algumas sugestões relativas a desenvolvimentos futuros, com o intuito de melhorar a metodologia proposta.

### 5.2 Conclusões gerais

A elaboração da presente dissertação pode dividir-se em três fases distintas: a recolha de informação sobre o tema (pesquisa bibliográfica); o trabalho de campo; e a elaboração do modelo para a estimativa da vida útil dos pavimentos lenhosos.

A pesquisa bibliográfica constituiu a primeira abordagem ao tema da durabilidade e previsão da vida útil, permitindo conhecer algumas das teorias relativas a esta matéria. Esta pesquisa incidiu também na caracterização da madeira enquanto material de construção, da sua aplicação em pisos e no entendimento dos fenómenos de degradação associados; a compreensão destes fenómenos constituiu uma ferramenta indispensável para a realização do trabalho de campo. Esta etapa veio a verificar-se de extrema importância no estabelecimento dos conhecimentos elementares à concretização das restantes etapas.

Por sua vez, o trabalho de campo constituiu uma etapa fundamental na definição do modelo de previsão da vida útil. Antes da realização das inspeções visuais aos casos de estudo, foi necessário elaborar uma ficha de inspeção e diagnóstico com o intuito de sistematizar a informação a recolher em trabalho de campo. Para a realização desta ficha de diagnóstico, foi essencial hierarquizar as anomalias em função da sua extensão de degradação entre outras características.

As anomalias foram deste modo divididas em três grupos - estéticas, funcionais e em juntas - estabelecendo-se uma classificação entre anomalias contidas no mesmo grupo mediante a gravidade das mesmas. A seleção destas anomalias foi realizada com base em estudos anteriores, como os de Delgado *et al.* (2013) e Prieto e Silva (2019).

A realização do trabalho de campo propriamente dito iniciou-se selecionando uma amostra de 97 casos de estudo, com diferentes características no que respeita às características do material (vários tipos de madeira, com vários acabamentos e de diferentes tipologias), com diferentes condições de utilização e manutenção, e com diversas idades. Durante a realização do trabalho de campo, constatou-se que, usualmente, existe uma sobreposição de diferentes anomalias na mesma área do pavimento. Considerou-se assim possível a sobreposição de anomalias entre grupos distintos, não se considerando a sobreposição de anomalias sobrepostas dentro do mesmo grupo, com o intuito de simplificar o modelo (por exemplo, numa área do pavimento que apresente riscagem e sulcos em simultâneo com manchas apenas se contabilizou a anomalia mais relevante (mais gravosa), visto tratar-se de duas anomalias estéticas).

Após a realização do trabalho de campo e do tratamento dos dados recolhidos, foi possível elaborar o modelo de degradação dos pisos lenhosos, com base no modelo proposto por Gaspar (2009), a partir do qual foi possível obter uma estimativa da vida útil dos pavimentos lenhosos, com recurso ao método gráfico. O modelo pretende determinar um índice numérico que permita estimar a degradação global do pavimento. Este modelo conduziu a resultados adequados e coerentes com outros estudos existentes neste âmbito, não se obtendo grandes divergências nos valores de vida útil quando se isola as diversas características dos edifícios e pavimentos analisados.

Neste modelo, foram definidas curvas de degradação que permitiram caracterizar a evolução da degradação dos pavimentos lenhosos, tendo-se verificado uma tendência dos mesmos padecerem de anomalias precoces. Foi ainda analisada a evolução da degradação mediante as características dos pavimentos, tendo sido obtidos alguns valores estatisticamente significativos, não podendo deixar de se salientar a estatisticamente reduzida dimensão da amostra. Constatou-se, como esperado, que a extensa gama de características dos pavimentos lenhosos influencia o seu comportamento ao longo do tempo, afetando a sua durabilidade.

Procedeu-se, por fim, à determinação da vida útil de referência dos pisos lenhosos, considerando como limite máximo de degradação para estabelecer o fim da vida útil destes pavimentos, uma severidade de degradação de 30%, tendo sido obtida uma vida útil de referência de 32 anos. Este valor está em conformidade com a literatura existente sobre a durabilidade deste tipo de pavimentos.

Da análise da evolução da degradação segundo as características dos pavimentos lenhosos inspecionados, foi possível determinar a vida útil prevista segundo essas mesmas características. Relativamente ao tipo de pavimento e ao tipo de acabamento, estes não apresentam uma variação na vida útil estimada muito relevante, com uma variação de 3 anos entre as características mais e menos favoráveis. Assim sendo, pode concluir-se que todos os tipos de acabamentos e todos os tipos de pavimentos são eficazes e duradouros, desde que aplicados de uma

forma correta e num espaço adequado a essas características, tal pode ser comprovado com o sistema de classificação UPEC, enunciado e explicado no subcapítulo 3.4.2 - Caracterização dos casos de estudo.

Outras características como o tipo de utilização, nível de utilização e o estado de degradação das caixilharias demonstram uma variação na vida útil estimada muito significativa: 15 anos, 17 anos e 13 anos, respetivamente. Com estas variações na vida útil estimada destas características e tendo em consideração que a vida útil de referência do estudo global é de 32 anos, é perceptível que estas características influenciam significativamente a durabilidade e vida útil dos pavimentos lenhosos. Este estudo permite assim quantificar o impacto das várias características consideradas, sendo possível ver quantificada a importância do nível de utilização dos espaços (com uma variação que pode atingir 17 anos) em proporção com o tipo de pavimento utilizado (onde a variação entre as opções disponíveis conduz a uma variação de vida útil estimada de apenas 3 anos).

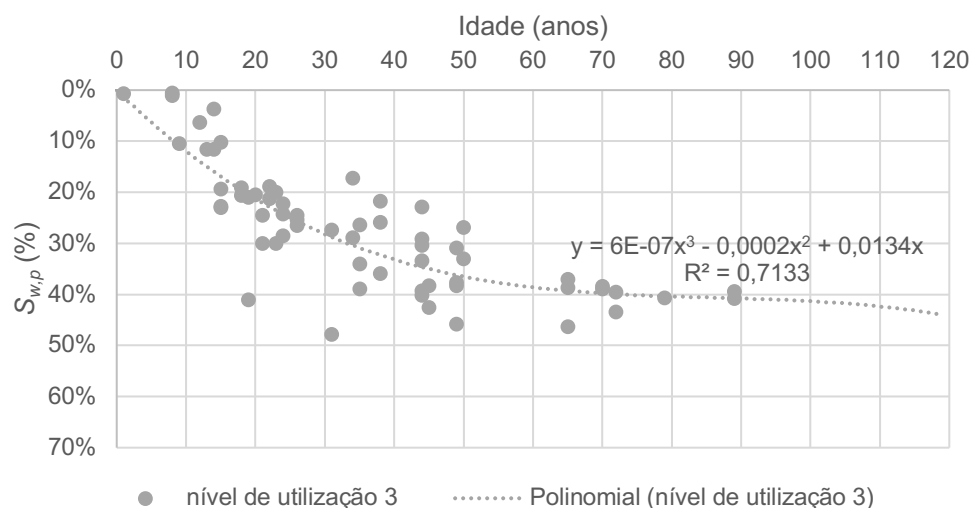
O tipo de madeira, a proximidade com uma zona húmida, e a periodicidade de manutenção apresentam uma variação na vida útil estimada de 9, 4 e 7 anos, respetivamente. Os resultados obtidos revelam, tal como seria esperado, que estas características conduzem a alguma variabilidade na estimativa de vida útil. No entanto, os resultados obtidos neste estudo permitem quantificar essa variabilidade, conduzindo a uma estimativa em anos, sendo este o primeiro passo para se obter soluções que permitam prolongar a vida útil dos pavimentos lenhosos, através da optimização de ações de manutenção, promovendo assim a durabilidade e sustentabilidade destes pavimentos.

### 5.3 Desenvolvimentos futuros

O estudo desenvolvido na presente dissertação constitui a primeira abordagem a uma metodologia de previsão da vida útil de pisos lenhosos. Considera-se que a metodologia apresentada deve ser melhorada e ajustada, no que respeita à natureza da informação a recolher, à calibração do modelo e à relevância estatística dos dados recolhidos. Importa, no entanto, referir que um maior rigor não deve ser sinónimo de uma maior complexidade, dado que se pretende que a informação assim recolhida e trabalhada seja aplicada em ações correntes de gestão e manutenção do edificado. Nos pontos seguintes, são, portanto, apresentadas algumas sugestões no que respeita a essas melhorias, que estariam fora do âmbito do trabalho aqui desenvolvido.

Seria interessante melhorar a adaptação da metodologia de Gaspar (2009) a materiais colocados no interior de edificações, tendo em conta diversos aspetos, destacando-se o nível de utilização dos pavimentos. Por exemplo, um pavimento com uma circulação de mil pessoas por dia apresenta um índice de degradação totalmente distinto de um pavimento habitacional, independentemente de terem a mesma idade. No presente estudo, constatou-se que o nível de utilização é uma característica extremamente relevante para a degradação dos pavimentos lenhosos. No entanto, a amostra analisada não permite obter conclusões inequívocas. A título de exemplo, a Figura 5.1, que analisa somente os pavimentos com o nível de utilização 3, mostra um coeficiente

de determinação de 0,713, ligeiramente superior coeficiente de determinação de 0,667 obtido quando se avalia os pavimentos sem ter em conta o seu nível de utilização. Esta avaliação só é viável para este caso, porque o nível de utilização 3 detém 64 dos 97 casos existentes, ou seja, os restantes 33 casos, ao serem representados nos outros níveis de utilização, conduzem a amostras demasiados reduzidas.



**Figura 5.1: Curva de degradação dos pisos lenhosos de acordo com o nível de utilização 3**

Seria importante estudar uma amostra significativamente maior, o que iria permitir uma análise mais detalhada da amostra e resultados mais viáveis. No presente estudo, optou-se por tentar reduzir as características da amostra em estudo; nomeadamente, não foram incluídos pavimentos em compósitos e em aglomerados de cortiça, pois uma maior abrangência no tipo de pavimento reduziria a significância estatística dos resultados obtidos, para a dimensão da amostra recolhida.

Uma grande ajuda para obter resultados mais próximos da realidade seria ter conhecimento da forma como os pavimentos foram aplicados e as datas exatas de execução e manutenção dos mesmos. No entanto, os proprietários não possuem esta informação, não tendo sido possível obter dados fiáveis relativamente a este fator. A análise destes dados iria implicar um estudo muito mais detalhado de cada caso de estudo; por exemplo, num pavimento que apresentava um índice de severidade de degradação muito baixo para a sua idade, descobriu-se, numa investigação mais detalhada, que esteve coberto por uma alcatifa durante um terço da sua vida útil. Assim sendo, durante esse período, não esteve tão exposto aos agentes de degradação.

Tal como proposto por Sousa (2008), considera-se relevante a criação de uma base de dados que forneça informação relativa aos materiais utilizados, às técnicas construtivas e às reparações efetuadas nos edifícios. Pode-se deste modo avaliar a influência das condições de conceção, execução e utilização na durabilidade dos pavimentos.

Seria também interessante avaliar a perceção da condição de degradação por parte dos utilizadores relativamente aos pavimentos inspecionados, através de inquéritos aos moradores e pro-

prietários. Tal como referido por Gaspar (2002), existem custos indiretos associados à degradação dos pavimentos, como o desconforto e depreciação da imagem. Seria assim possível quantificar a degradação através da análise da satisfação dos inquiridos perante os pavimentos em estudo, podendo mesmo definir-se uma escala de degradação mediante o estudo destes resultados. Como são os inquiridos quem determina quando se deve proceder a ações de reparação e manutenção, não se deve negligenciar a sua opinião.

Seria também importante obter informação sobre a espessura das peças de madeira, a forma como estas foram aplicadas e os tipos de colas utilizadas. O estudo alemão *Life Cycle Assessment of Wood Floor Coverings* (Nebel *et al.*, 2006) refere que a vida útil de um pavimento em madeira pode variar entre 10 e 50 anos, consoante o tipo de pavimento, a sua espessura e a forma como este é aplicado; por exemplo, um pavimento em que as peças são somente coladas entre si pode ter um tempo de vida útil que pode ser metade do de um pavimento que é inteiramente colado ao suporte. A espessura do mesmo tipo de pavimentos pode também implicar uma divergência no tempo de vida útil que chega a ser o dobro.

Também seria interessante criar um modelo que permitisse englobar mais do que uma variável na análise da degradação dos pavimentos lenhosos, o que permitiria considerar o efeito da simultaneidade e sinergia entre as várias características que afetam a durabilidade destes pavimentos. Por exemplo, a utilização do método fatorial iria permitir englobar na estimativa da vida útil dos pavimentos lenhosos, em simultâneo, as diversas características consideradas neste estudo, isto é, seria possível avaliar, por exemplo, o nível de utilização e o tipo de utilização em simultâneo, características que até agora foram avaliadas de forma singular. Outra opção seria a utilização de modelos estocásticos, que permitiriam obter a vida útil estimada e/ou a severidade de degradação dos pavimentos lenhosos, associadas a um intervalo probabilístico, permitindo contemplar a incerteza de um fenómeno tão complexo como é a degradação dos pavimentos lenhosos.

Apesar de na presente dissertação terem sido obtidos resultados adequados e coerentes, considera-se que a amostra analisada possui uma dimensão reduzida, dada a complexidade do fenómeno analisado, apresentando ainda alguma heterogeneidade relativamente às idades dos pavimentos.

Considera-se assim que se deve proceder à melhoria do modelo através da implementação dos desenvolvimentos futuros propostos, sendo necessário analisar uma amostra mais extensa e mais homogénea. Também o estudo aprofundado das diferentes características dos pavimentos, assim como das suas condições de conceção, execução e manutenção, pode permitir obter resultados mais realistas relativamente à durabilidade e vida útil dos pavimentos lenhosos.





## 6 Bibliografia

### A

Adalberth, K.; - *Energy use during the life cycle of buildings: A method*. Building and Environment. V. 32 (4), pp 317-320, 1997.

Anderson, J.; Shiers, D. E.; Sinclair, M; - *The green guide to specification: an environmental profiling system for building materials and components*. 3ª Edition, Malden Blackwell Science. 2002.

Arriaga, F.; Pezaza, F.; Esteban, M.; Bobadilla, I.; Garcia, F.; - *Intervención en estructuras de madera*. AiTiM, Madrid, 2002.

### B

Baião, Manuel; Appleton, João; - *Pavimentos de madeira de edifícios antigos*. Constituição, patologia e reabilitação. Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. LNEC, Lisboa, 1994.

### C

Castro, José M.; - *Revestimento interior de pavimentos em parquet*. Caderno de encargos, condições técnicas especiais, 2004

Cecconi F.; - *Performance leads the way to service life prediction*. 9<sup>th</sup> International Conference on Durability of Buildings Materials and Components, paper 213, Brisbane, Australia, 2002.

Chai, C.; Brito, J.; Gaspar, P. L.; Silva, A.; - *Predicting the service life of exterior wall painting: techno-economic analysis of alternative maintenance strategies*. Journal of Construction Engineering and Management, V. 140 (3), pp. 04013057-1-13, 2014.

Chai, C.; Brito, J.; Gaspar, P. L.; Silva, A.; - *Statistical modelling of the service life prediction of painted surfaces*. International Journal of Strategic Property Management, V. 19 (2), pp. 173-185, 2015.

Cimad '04 - *A madeira na construção*. 1º Congresso Ibérico. Universidade do Minho, Guimarães, 2004.

Cruz, H.; Jones, D.; Nunes, L.; - *Wood (chapter) - Materials for Construction and Civil Engineering*. Springer International Publishing Switzerland - Eds. M.C. Gonçalves, F. Margarido, 2015.

Cruz, Helena; - *Patologia, avaliação e conservação de estruturas de madeira*. II Curso livre internacional de património. Fórum UNESCO Portugal, Santarém, 2001.

Cruz, Helena; Machado, J.S.; Nunes, Lina; - *Inspecção e avaliação de estruturas de madeira*. Seminário sobre estruturas de madeira: reabilitação e inovação. GECORPA. Lisboa, LNEC, 2000.

CSA Standard S478 - *Guideline on durability in buildings: Structures (Design)*. Canadian Standards Association, Canada, 1995.

CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment - *Revêtements de sol: notice sur le classement UPEC et classement UPEC des locaux*. Cahier 3509. Groupe spécialisé no. 1. Paris: CSTB, 2004.

## D

Daniotti, Bruno - *Durability evaluation and control to prevent building pathologies*. 2º Simpósio Internacional sobre Patologia, Durabilidade e Reabilitação dos Edifícios – Aprendendo com os erros e defeitos da construção, pp. 97-105, LNEC, Lisboa, 2003.

Davies, G.; Szigeti, F.; - *Are facilities measuring up? Matching building capacities to functional needs*, 8<sup>th</sup> International Conference on Durability of Buildings Materials and Component, pp. 1856-1866. Vancouver, Canada, 1999.

Delgado, A.; - *Support system for inspection and diagnosis of wood flooring*. Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2008.

Delgado, A.; Brito, J.; Silvestre, J. D.; - *Inspection and Diagnosis System for Wood Flooring*. Journal of Performance of Constructed Facilities, V. 27 (5), pp. 564-574, 2013.

Desch H. E.; Dinwoodie J. M.; - *Timber: Structure, Properties, Conversion and Use*. Macmillan press ltd, 1996.

## E

Emídio, F.; Brito, J.; Gaspar, P.; Silva, A.; - *Application of the factor method to the estimation of the service life of natural stone cladding*. Construction and Building Materials, V. 66, pp. 484-493, 2014.

EN 335 - *Durability of wood and wood-based products*. Use Classes: definitions, application to solid wood and wood-based products. CEN, Brussels, 2013.

## F

Freitas V.P.; Corvacho H.; Quintela M.; Delgado J.M.P.Q.; - *Durability assessment of adhesive systems for bonding ceramic tiles on façades: the research and the practice*. Durability of Building Materials and Components, Building Pathology and Rehabilitation, Springer Berlin Heidelberg Publisher, V. 3, pp. 173-205, 2013.

## G

Garcia, J.; and de Brito, J.; - *Inspection and diagnosis of epoxy resin industrial floor coatings*, Journal of Materials in Civil Engineering, V. 20 (2), pp. 128-136, 2008.

Garcia, João; - *Sistema de inspeção e diagnóstico de revestimentos epóxicos em pisos industriais*. Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2006.

Gaspar P.; Brito J.; - *Service life estimation of cement-rendered facades*. Building Research & Information, V. 36 (1), pp. 44-55, 2008.

Gaspar, P.; Brito, J.; - *Limit states and service life of cement renders on façades*. Journal of Materials in Civil Engineering, V. 23 (10), pp. 1393-1404, 2011.

Gaspar, Pedro; - *Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes*. Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2002.

Gaspar, Pedro; - *Vida útil das construções: Desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa da durabilidade de elementos da construção. Aplicação a rebocos de edifícios correntes*. Tese de Doutoramento em Ciências de Engenharia, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2009.

Gaspar, Pedro; Brito, Jorge; - *Modelo de degradação de rebocos*. Revista Engenharia Civil, No. 24, pp. 17-27, 2005.

Grüll, G.; Truskaller, M.; Podgorski, L.; Bollmus, S.; Tscherne, F.; - *Maintenance procedures and definition of limit states for exterior wood coatings*. European Journal of Wood and Wood Products, V. 69, pp. 443-450, 2011.

Gunther A.; Langowski, H-C.; - *Life cycle assessment study on resilient floor coverings*. The International Journal of Life Cycle Assessment, V. 2, pp. 73-80, 1997.

## H

Hinkle, D.E.; Wiersma, W.; Jurs, S.G.; - *Applied statistics for the behavioral sciences*. 5<sup>th</sup> Edition, Boston: Houghton Mifflin, Boston, 2003.

Hovde, P.; - *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, pp. 1-51, Trondheim, Norway, 2004.

## I

## J

Jonsson, A.; Tillman, A-M.; Svensson, T.; - *Life cycle assessment of flooring materials: case study*. Building and Environment, V. 32 (3), pp. 245-255, 1997.

Jonsson, A.; - *Including the use phase in lca of floor coverings*. The International Journal of Life Cycle Assessment, V. 4, pp. 321-328, 1999.

## L

Martins, L.; Vasconcelos, G.; Lourenço, P.B.; - *Architectural heritage of the north eastern Portugal: History, construction and valorisation*, Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development - Correia, Carlos & Rocha (Eds.), Taylor & Francis Group, London, 2014.

Lacasse, M. A.; Sjöström, C.; - *Recent advances in methods for service life prediction of buildings materials and components - an overview*. In: CIB World Building Congress, pp. 1-10, Canada, 2004.

Layzell, J.; Ledbetter, S.; - *FMEA applied to cladding systems - Reducing the risk of failure*. Building Research and Information, V. 26 (6), pp. 351-357, 1998.

Lounis, Z.; Lacasse, M.A.; Vanier, D.J.; Kyle, B.R.; - *Towards standardization of service life prediction of roofing membranes*. Roofing Research and Standards Development, V. 4, (ASTM STP 1349, T. J. Wallace and W.J. Rossiter, Jr., Eds.), American Society for Testing and Materials, 1998.

## M

Machado, J. S.; Knapic, S.; Pereira, H.; - *Properties of cork oak wood related to solid wood flooring performance*, Construction and Building Materials, V. 30, pp. 569-673, 2012.

Marques, C.; - *Aplicação do método factorial à previsão da vida útil de ETICS*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

Martins, Albano, Joaquim; - *Estudo da durabilidade dos revestimentos de piso*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.

Maxime, Verbist; Nunes, Lina; Jones, Dennis; Branco, Jorge, M.; - *Service life design of timber structures*. Long-term Performance and Durability of Masonry Structures, Degradation Mechanisms, Health Monitoring and Service Life Design, Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, pp. 311-336, 2019.

Mc Duling, J.; Horak, E.; Cloete, C.; - *Service life prediction beyond the 'Factor Method'*. 11<sup>th</sup> DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Istanbul, Turkey, 2008.

Md Ghani, I.M.; Ahmad, S.; - *Stepwise multiple regression method to forecast fish landing*. Procedia - Social Behavioral Sciences, V. 8, pp. 549-554, 2010.

Mithraratne, N.; Vale, B.; - *Life cycle analysis model for New Zealand houses*. Building and Environment, V. 39 (4), pp. 483-492, 2004.

Moser, K.; - *Engineering design methods for service life planning - state of the art*. WMDBP 2003, International Workshop on Management of Durability in the Building Process, paper 40. Politecnico di Milano, Milan, Italy, 2003.

Moser, K.; - *Engineering design 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, pp. 52-95, Trondheim, Norway, 2004.

Mukaka, M. M.; - *Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research*. Malawi medical journal: the journal of Medical Association of Malawi, V. 24 (3), 2012.

## N

Nascimento, J.M.; - *Classificação funcional dos revestimentos de piso e dos locais - classificação UPEC e Gws*, ITE 29. LNEC, Lisboa, 2007.

Nebel, B.; Zimmer, B.; Wegener, G.; - *Life cycle assessment of wood floor coverings*. The International Journal of Life Cycle Assessment, V. 11, pp. 172-182, 2006.

Nunes, L. e Cruz, H., "Fungal degradation of wood in buildings" RILEM Int. Conf. on Microbial Impact on Building Materials. M. Ribas Silva (eds.), RILEM, Baneux, France, pp. 84-93, 2003.

Nunes, L.; - *Termite infestation risk in Portuguese historic buildings*. Cost Action IE0601-Wood Science for Conservation of Cultural Heritage, Braga, 2008.

## O

## P

Pacheco-Torgal, F.; Jalali, S.; *Construção sustentável. o caso dos materiais de construção*, 3º Congresso nacional da construção, Coimbra, Portugal, 2007.

Panshin, A. J.; Zeeuw, Carl; - *Textbook of wood technology*. McGraw-Hill Publishing Company. New York, USA, 1980.

Petersen, A.K.; Solberg, B.; - *Greenhouse gas emissions and costs over the life cycle of wood and alternative flooring materials*. Climatic Change, V. 64, pp. 143-167, 2004.

Prieto A. J.; Silva, A.; - *Service life prediction and environmental exposure conditions of timber claddings in South Chile*. Building Research Information, V. 48 (2), pp. 191-206, 2019.

## Q

## R

Rudbeck, C.; - *Assessing the service life of building envelope construction*. 8<sup>th</sup> DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, pp. 1051-1061, Vancouver, Canada, 1999.

## S

Santos, A.; - *Edifícios de escritórios em Lisboa: Um contributo para o estudo da sua história, Trabalho de Síntese para as Provas de Aptidão Pedagógica*. Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2000.

Santos, M.; - *Metodologias de previsão da vida útil de materiais, sistemas ou componentes da construção*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

Santos, P.R.L.; - *Madeira Laminada Colada como Matéria Prima para confecção de Marcos Estruturais*. Mestrado da FEA, Universidade Fumec, Belo Horizonte, Brasil, 2007.

Sarja, A.; - *Lifecon deliverable D 2.1: Reliability based methodology for lifetime management of structures*. VTT Building and Transport, Espoo, Finland, 2004.

Scharai-Rad M; Welling, J.; - *Environmental and energy balances of wood products and substitutes*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2002.

Segurado, J., dos Santos, E.; - *Trabalhos de Carpintaria Civil*. Biblioteca de Instrução Profissional, Livraria Bertrand, Lisboa, 1942.

Seiders, D.; Ahluwalia, G.; Melman, S.; Quint, R.; Chaluvadi, A.; Liang, M.; Silverberg, A.; Bechler, C.; - *Study of life expectancy of home components*. National Association of Home Builders, pp. 1-15, Washington D.C., USA, 2007.

Serralheiro, M.; - *Previsão da vida útil de superfícies de betão à vista*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

Serralheiro, Maria, Inês; Brito, Jorge; Silva, Ana; - *Methodology for service life prediction of architectural concrete facades*. Construction and Building Materials, V. 133, pp. 261-274, 2017.

Shohet, I.; Rosenfeld, Y.; Puterman, M.; Gilboa, E.; - *Deterioration patterns for maintenance management - a methodological approach*. 8<sup>th</sup> DBMC, Conference on Durability of Building Materials and Components, pp. 1666-1678, Vancouver, Canada, 1999.

Shupe, T.; Lebow, S.; Ring, D.; - *Causes and control of wood decay, degradation and stain*. LSU AgCenter e Research & Extension, Publication 2703. Louisiana State University Agriculture Center, Baton Rouge, USA, 2008.

Silva, A.; Brito, J.; Gaspar, P. L.; - *Service life prediction model applied to natural stone wall claddings (directly adhered to the substrate)*. Construction and Building Materials, V. 25 (9), pp. 3674-3684. 2011a.

Silva, A.; Dias, J.; Gaspar, P.; Brito, J.; - *Service life prediction models for exterior stone cladding*. Building Research and Information, V. 39 (6), pp. 637-653. 2011b.

Sousa, P.; - *A madeira como material de construção*. 1º Encontro da Madeira, Lisboa, 1997.

Sousa, Rita; - *Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachada*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2008.

**T**

**U**

**V**

**W**

**X**

Ximenes, S.; Brito, J.; Gaspar, P.; Silva, A.; - *Modelling the degradation and service life of ETICS in external walls*. Materials and Structures, V. 48 (7), pp. 2235-2249, 2015.

**Z**

Zhang X.; Gao, H.; - *Determining an optimal maintenance period for infrastructure systems*. Computer- Aided Civil and Infrastructure Engineering, V. 27 (7), pp. 543-554, 2011.

## Websites consultados

BCFA - <http://www.bcfca.com/the-history-of-hardwood.html> (consultado em Novembro 2019)

Builddirect - <https://www.builddirect.com/learning-center/flooring/hardwood-flooring-history/> (consultado em Junho 2019)

Ferreira Martins – <https://www.ferreiramartins.pt/pt/produtos/madeiras/especies/brasil/ipe> (consultado em Junho 2019)

House of Tiles - <https://www.houseoftiles.ie/blog/antique-hardwood-floors-with-new-wood> (consultado em Outubro 2019)

Hutton, T., Woodworm e Anobium punctatum - The Building Conservation Directory, 2008, <http://www.buildingconservation.com/articles/woodworm/woodworm.htm> (consultado em Junho 2019)

ISO - <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15686:-1:ed-2:v1:en> (consultado em Fevereiro 2020)

Jular - <https://www.jular.pt> (consultado em Março 2020)

Old House Online - <https://www.oldhouseonline.com/interiors-and-decor/the-history-of-wood-flooring> (consultado em Dezembro 2019)

SciELO - <http://www.scielo.mec.pt/pdf/slu/v12n2/12n2a05.pdf> (consultado em Fevereiro 2020)

The Crafts Man Blog - <https://thecraftsmanblog.com/a-history-of-wood-floors/> (consultado em Janeiro 2020)

Trada - <https://www.trada.co.uk/wood-species/sucupira/> (consultado em Setembro 2019)

Wood Floor Doctor - <https://www.woodfloordoctor.com/a-brief-history-of-wood-floors/> (consultado em Setembro 2019)

Wood-database - <https://www.wood-database.com/garapa/> (consultado em Agosto 2019)



## Anexos



## Anexo 1 - Ficha de inspeção

<b>Informações gerais da inspeção:</b>	
Identificação da ficha	
Data da inspeção	

Condições Climatéricas					
Temperatura	>5º (A)		5º e 15º (B)		>20º (C)
Humidade	Baixa		Média		Alta

Edifício									
Localização									
Tipo de utilização	Escritório		Habitação		Hospital		Universidade		Outro
Alteração do tipo de utilização	Sim		Não		Utilização anterior				
Ano de construção	1950		Ano de restauro						
Proximidade do mar	Sim		Não						
Contacto efetuado / Nome									

Pavimento			
Tipo			
Dimensão dos elementos de pavimento			
Madeira			
Proteção			
Localização			
Exposto a agentes externos de degradação			
Junto a uma zona húmida			
Cor			
Incidência solar directa	Sim		Não
Área do revestimento			
Juntas	Sim		Não

Manutenção						
Tipologia / Técnica implementada	Húmida (H)			Seca (S)		
Características das intervenções / materiais						
Periodicidade das inspeções / intervenções	Semanal		Quinzenal		Mensal	Outra
Data da última intervenção						

Nível de utilização	
Cães/Crianças/Refeições	

Anomalias estéticas	
Enodoamento ou alteração da cor	
Marcas de cigarro	
Riscagem, sulcos e outras marcas	
Desgaste ou destacamento do acabamento	
Manchas	
Manutenção inadequada	

Área afectada	Nível de Degradação
Estéticas	

Anomalias funcionais	
Despreendimento / empolamento	
Fendilhação nas peças / juntas	Medição da largura
Peças partidas ou lascadas	
Apodrecimento	
Problemas de humidade	
Desagregação	
Pulverulência (pó)	
Ataque de xilófagos	
Falta de tacos / peças	
Desgaste muito acentuado	

Área afectada	Nível de Degradação
Funcionais	

Juntas entre peças ou com elementos emergentes	
Alteração da cor	
Desprendimento ou perda de massa do produto de preenchimento	
Alteração da dimensão da junta	

Área afectada	Nível de Degradação
Juntas	

Humidade nas paredes	Sim		Não	
----------------------	-----	--	-----	--

Erro de projecto/ execução	
Manutenção / utilização inadequada	

ASPECTO GLOBAL										
Aspecto global da caixilharia	Inalterado-0		Bom-1		Degradação ligeira-2		Degradação moderada-3		Degradação severa-4	
Observações:										

## Anexo 2 - Ficha de inspeção preenchida relativa a um caso de estudo

Informações gerais da inspeção:	
Identificação da ficha	4
Data da inspeção	21/mai

Condições Climatéricas					
Temperatura	>5° (A)		5° e 15° (B)	>20° (C)	X
Humidade	Baixa		Média	X	Alta

Edifício										
Localização	Largo Conde Ottolini, nº2, 2º Drt. Lisboa									
Tipo de utilização	Escritório		Habitação	X	Hospital		Universidade		Outro	
Alteração do tipo de utilização	Sim		Não	X	Utilização anterior					
Ano de construção	1950		Ano de restauro							
Proximidade do mar	Sim		Não	X						
Contacto efetuado / Nome	Inclina/ Fernanda Braz									

Pavimento				
Tipo	Tacos			
Dimensão dos elementos de pavimento	20 x 5 cm			
Madeira	Pinho			
Proteção	Cera			
Localização	Corredor			
Exposto a agentes externos de degradação	Não			
Junto a uma zona húmida	Sim (WC)			
Cor	Castanho			
Incidência solar directa	Sim		Não	X
Área do revestimento	7,76 m2			
Juntas	Sim		Não	X

Manutenção						
Tipologia / Técnica implementada	Húmida (H)	X		Seca (S)		X
Características das intervenções / materiais	Produto para madeiras					
Periodicidade das inspeções / intervenções	Semanal		Quinzenal		Mensal	X
Data da última intervenção	15/mai					
					Outra	

Nível de utilização	2
Cães/Crianças/Refeições	N

Anomalias estéticas	
Enodoamento ou alteração da cor	Não
Marcas de cigarro	Não
Riscagem, sulcos e outras marcas	Não
Desgaste ou destacamento do acabamento	Sim
Manchas	Sim, pretas, (humidade)
Manutenção inadequada	Não

Área afectada	Nível de Degradação
Estéticas	
7	4
0,09	1

Anomalias funcionais	
Desprendimento / empolamento	Não
Fendilhação nas peças / juntas	Não   Medição da largura   0
Peças partidas ou lascadas	Não
Apodrecimento	Não
Problemas de humidade	Sim
Desagregação	Não
Pulverulência (pó)	Não
Ataque de xilófagos	Não
Falta de tacos / peças	Não
Desgaste muito acentuado	Não

Área afectada	Nível de Degradação
Funcionais	
1	2

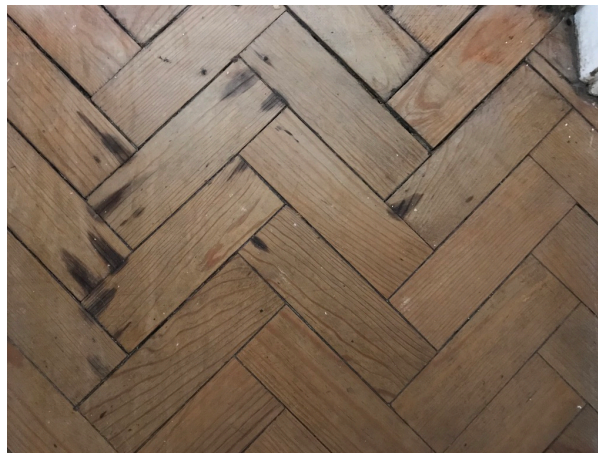
Juntas entre peças ou com elementos emergentes	
Alteração da cor	Sim
Desprendimento ou perda de massa do produto de preenchimento	Sim
Alteração da dimensão da junta	Sim

Área afectada	Nível de Degradação
Juntas	
1,6	2
3,3	2
2	2

Humidade nas paredes	Sim		Não	X
----------------------	-----	--	-----	---

Erro de projecto / execução	
Manutenção / utilização inadequada	

ASPECTO GLOBAL								
Aspecto global da caixilharia	Inalterado-0	X	Bom-1		Degradação ligeira-2		Degradação moderada-3	Degradação severa-4
Observações:								



**Caso de estudo analisado**

### Anexo 3 - Caracterização dos edifícios estudados

Edifício							
Edifício	Temperatura	Humidade	Tipo de utilização	Alteração de utilização	Construção	Restauro	Mar
2	C	Média	público	não	1993	1993	não
3	C	Baixa	habitação	não	1950	1950	não
4	C	Média	habitação	não	1950	1950	não
5	B	Média	habitação	não	1963	1963	não
6	B	Média	habitação	não	1963	2018	não
7	C	Média	habitação	não	1959	2000	não
8	C	média	habitação	não	1959	1959	não
9	C	média	habitação	não	1959	2000	não
10	C	Média	habitação	não	2011	2011	não
11	C	Média	habitação	não	2011	2011	não
12	C	Média	habitação	não	2011	2011	não
14	C	Média	habitação	não	1999	1999	não
15	C	Média	habitação	não	1999	1999	não
16	C	Média	habitação	não	1999	1999	não
19	C	média	habitação	não	1999	1999	não
20	C	média	habitação	não	1999	1999	não
21	C	média	habitação	não	1984	1984	não
22	C	média	habitação	não	2007	2007	não
23	C	média	habitação	não	1984	1984	não
24	C	média	habitação	não	1984	1984	não
25	C	média	habitação	não	2004	2004	não
26	C	média	habitação	não	2004	2004	não
27	C	média	habitação	não	2004	2004	não
28	C	média	habitação	não	2004	2004	não
29	C	média	habitação	não	2004	2004	não
30	C	média	habitação	não	1974	1974	não
31	C	média	habitação	não	1974	1974	não
32	C	média	habitação	não	2005	2005	não
33	C	média	habitação	não	2005	2005	não
34	C	média	habitação	não	1988	2010	não
35	C	média	habitação	não	1988	1988	não
36	C	média	habitação	não	1988	1988	não
37	C	média	habitação	não	1996	1996	não
38	C	média	habitação	não	1996	1996	não
39	C	média	habitação	não	1996	1996	não
40	C	média	habitação	não	1998	1998	não
41	C	média	habitação	não	1998	1998	não
42	C	média	habitação	não	1998	1998	não
43	C	média	habitação	não	1998	1998	não
44	C	média	habitação	não	2000	2000	não
45	C	média	habitação	não	2000	2000	não
46	C	média	habitação	não	2001	2001	não

Edifício							
Edifício	Temperatura	Humidade	Tipo de utilização	Alteração de utilização	Construção	Restauro	Mar
47	C	média	habitação	não	2001	2001	não
48	C	média	habitação	não	2001	2001	não
49	C	média	habitação	não	2006	2006	não
50	C	média	habitação	não	2006	2006	não
51	C	média	habitação	não	1947	1947	não
52	C	média	habitação	não	1947	1947	não
53	C	média	público	não	1993	1993	não
54	C	média	público	não	1993	1993	não
55	C	média	público	não	1993	1993	não
56	C	média	público	não	1933	1933	não
57	C	média	público	não	1933	1933	não
58	C	média	público	não	1933	1933	não
59	C	média	público	não	1997	1997	não
60	C	média	público	não	1997	1997	não
61	C	média	público	não	1993	1993	não
62	C	média	habitação	não	1981	1981	não
63	C	média	habitação	não	1981	1981	não
64	C	média	habitação	não	1981	1981	não
65	C	média	habitação	não	1975	1975	não
66	C	média	habitação	não	1975	1975	não
67	C	média	habitação	não	1975	1975	não
68	C	média	habitação	não	1975	1975	não
69	C	média	habitação	não	1975	1975	não
70	C	média	habitação	não	1975	1975	não
71	C	média	habitação	não	1975	1975	não
72	C	Média	público	não	1993	1993	não
73	C	média	público	não	1930	1930	não
74	C	média	público	não	1930	1930	não
75	C	média	habitação	não	1969	1969	não
76	C	média	habitação	não	1969	1969	não
77	C	Média	público	não	1954	1954	não
78	C	Média	público	não	1954	1954	não
79	C	Média	público	não	1954	1954	não
80	C	Média	público	não	1954	1954	não
81	C	Média	público	não	1954	1954	não
82	C	Média	habitação	não	1940	1995	não
83	C	média	habitação	não	1940	1940	não
84	C	média	habitação	não	1940	1995	não
85	C	média	habitação	não	1985	1985	não
86	C	média	habitação	não	1985	1985	não
87	C	média	habitação	não	1985	1985	não
88	C	Baixa	habitação	não	1949	1949	não
89	C	Média	habitação	não	1949	1949	não
90	C	média	habitação	não	1970	1970	não



Edifício							
Edifício	Temperatura	Humidade	Tipo de utilização	Alteração de utilização	Construção	Restauro	Mar
91	C	média	habitação	não	1970	1970	não
92	C	média	habitação	não	1970	1970	não
93	C	média	habitação	não	1970	1970	não
94	C	média	habitação	não	1995	1995	não
95	C	média	habitação	não	1995	1995	não
96	C	média	habitação	não	1995	1995	não
97	C	Média	habitação	não	1993	1993	sim
98	C	Média	habitação	não	1993	1993	sim
99	C	Média	habitação	não	1993	1993	sim
100	C	Média	habitação	não	1993	1993	sim



## Anexo 4 - Caracterização dos pavimentos estudados

Edifício	Pavimento									
	Tipo	Dimensão dos elementos	Madeira	Protecção	Localização	Agentes externos	Junto a zona húmida	So-lar	Área	Juntas
2	tacos	20 x 5	N.I.	verniz	sala aula	sim	não	sim	58,99	não
3	tacos	20 x 5	Pinho	Cera	sala	não	não	sim	15,473	não
4	tacos	20 x 5	Pinho	Cera	corredor	não	sim	não	7,76	não
5	tacos	21 x 6,5	Padauk	verniz	sala	não	não	sim	32	não
6	tacos	21 x 6,5	Padauk	verniz	quarto	não	não	sim	13,3	não
7	tacos	21 x 7	Pinho	verniz	sala	não	não	não	12,318	não
8	tacos	21 x 7	Pinho	verniz	quarto	não	não	não	12,197	não
9	tacos	21 x 7	Pinho	verniz	sala	não	não	não	9,469	não
10	soalho	210 x 14	N.I.	óleo mate	sala	não	não	sim	61,5	não
11	soalho	210 x 14	N.I.	óleo mate	corredor	não	sim	não	12,32	não
12	soalho	210 x 14	N.I.	óleo mate	quarto	não	não	sim	14,5	não
14	soalho	240 x 12	carvalho	verniz	sala	não	não	não	20	não
15	soalho	240 x 12	carvalho	verniz	escritório	não	não	não	16,68	não
16	soalho	241 x 12	carvalho	verniz	escritório	não	não	não	23,64	não
19	soalho	300 x 12	cumaru	verniz	sala (jogos)	não	sim	não	27,08	não
20	soalho	300 x 12	cumaru	verniz	corredor	não	sim	não	3,44	não
21	parquet	60 x 2,5 x 7	eucalipto	cera	quarto	não	sim	não	13,91	não
22	soalho	129 x 19	carvalho	verniz	quarto	não	sim	não	25,92	sim
23	soalho	200 x 40	sucupira	verniz	corredor	não	sim	não	5,78	não
24	parquet	60 x 2,5 x 7	eucalipto	cera	quarto	não	não	não	8,54	não
25	soalho	135 x 10	tauari	cera	sala	não	não	não	29,06	não
26	soalho	135 x 10	tauari	cera	sala	não	não	não	29,04	não
27	soalho	100 x 10	tauari	cera	escritório	não	não	não	13,07	não
28	soalho	100 x 10	tauari	cera	corredor	não	não	não	3,93	não
29	soalho	100 x 10	tauari	cera	quarto	não	sim	não	13,67	não
30	parquet	12 x 2,5 x 5	eucalipto	verniz	corredor	não	não	não	9,9	não
31	parquet	13 x 2,5 x 5	eucalipto	verniz	quarto	não	sim	não	18,3	não
32	soalho	183 x 20	jatobá	verniz	quarto	não	não	não	14,2	sim
33	soalho	184 x 20	jatobá	verniz	quarto	não	sim	não	16,52	sim
34	saoalho	120 x 12	carvalho	verniz	sala	não	não	não	41,2	sim
35	tacos	30 x 5,5	faia	verniz	quarto	não	não	não	12,2	não
36	tacos	30 x 5,5	faia	verniz	corredor	não	sim	não	3,82	não
37	soalho	70 x 7	carvalho	verniz	escritório	não	não	não	14,2	não
38	soalho	70 x 7	carvalho	verniz	corredor	não	sim	não	16,94	não
39	soalho	70 x 7	carvalho	verniz	quarto	não	não	não	11,2	não
40	tacos	30 x 6	mogno	verniz	quarto	não	não	não	14,97	não
41	tacos	30 x 6	mogno	verniz	corredor	não	não	não	11,33	não
42	tacos	30 x 6	mogno	verniz	escritório	não	não	não	13,01	não
43	tacos	30 x 6	mogno	verniz	sala	não	não	não	37,29	não

Edifício	Pavimento									
	Tipo	Dimensão dos elementos	Madeira	Protecção	Localização	Agentes externos	Junto a zona húmida	So-lar	Área	Juntas
44	soalho	290 x 19	cerejeira	verniz	escritório	não	não	não	10,45	não
45	soalho	290 x 19	cerejeira	verniz	corredor	não	sim	não	4,93	não
46	soalho	180 x 12	carvalho	cera	sala	não	não	não	29,79	sim
47	soalho	180 x 12	carvalho	cera	corredor	não	sim	não	18,82	sim
48	soalho	180 x 12	carvalho	cera	quarto	não	não	não	16,3	sim
49	soalho	122 x 15	carvalho	verniz	quarto	não	não	sim	14,94	sim
50	soalho	122 x 12,5	carvalho	verniz	escritório	não	não	sim	11,97	sim
51	tacos	21 x 7	pinho	cera	sala	não	não	não	16,45	não
52	tacos	21 x 7	pinho	cera	quarto	não	não	não	17,52	não
53	soalho	500 x 10	mogno	verniz	sala aula	não	não	não	99,78	não
54	soalho	500 x 10	mogno	verniz	sala aula	não	não	não	100	não
55	soalho	500 x 10	mogno	verniz	sala aula	não	não	não	106,7	não
56	tacos	15 x 5	pinho	cera	sala aula	não	não	não	64,3	não
57	tacos	20 x 10	pinho	cera	sala aula	não	não	não	35,99	não
58	soalho	250 x 35	cumaru	cera	sala aula	não	não	não	77,3	não
59	tacos	30 x 5	carvalho	cera	corredor	não	não	não	9,6	não
60	tacos	30 x 5	carvalho	cera	escritório	não	não	não	21,2	não
61	soalho	500 x 10	mogno	verniz	sala aula	não	não	não	76,751	não
62	soalho	220 x 10	pinho	verniz	quarto	não	não	sim	13,274	não
63	soalho	205 x 10	pinho	verniz	corredor	não	sim	não	6,82	não
64	soalho	400 x 10	pinho	verniz	quarto	não	não	sim	22,382	não
65	soalho	135 x 10	mogno	cera	sala	não	não	não	32	não
66	soalho	120 x 10	mogno	cera	sala	não	não	não	30	não
67	soalho	120 x 10	mogno	cera	escritório	não	não	não	17,4	não
68	soalho	100 x 10	sucupira	cera	corredor	não	não	não	4,2	não
69	soalho	100 x 10	sucupira	cera	quarto	não	sim	não	12,3	não
70	parquet	12 x 2,5 x 5	eucalipto	verniz	corredor	não	não	não	11,24	não
71	parquet	13 x 2,5 x 5	eucalipto	verniz	quarto	não	sim	não	19,1	não
72	tacos	25 x 5	N.I.	verniz	sala aula	sim	não	sim	54,536	não
73	tacos	20 x 5	pinho	cera	sala	não	não	não	60	não
74	tacos	20 x 5	pinho	cera	escritório	não	não	não	45,67	não
75	tacos	30 x 7	mogno	verniz	quarto	não	sim	não	18,3	não
76	tacos	30 x 7	mogno	verniz	sala	não	não	não	62,3	não
77	tacos	20 x 5	pinho	verniz	escritório	sim	não	sim	57,3	não
78	tacos	20 x 5	pinho	verniz	escritório	sim	não	sim	16	não
79	tacos	20 x 5	pinho	verniz	escritório	sim	não	sim	13	não
80	tacos	20 x 5	pinho	verniz	escritório	sim	não	sim	28	não
81	tacos	20 x 5	pinho	verniz	corredor	sim	sim	sim	14,27	não
82	tacos	21 x 7	Pinho	verniz	sala jantar	não	não	não	12,3	não
83	tacos	21 x 7	Pinho	verniz	quarto	não	não	não	13	não

Edifício	Pavimento									
	Tipo	Dimensão dos elementos	Madeira	Protecção	Localização	Agentes externos	Junto a zona húmida	Solar	Área	Juntas
84	tacos	21 x 7	Pinho	verniz	corredor	não	não	não	9,6	não
85	soalho	70 x 7	carvalho	verniz	escritório	não	não	não	15,4	não
86	soalho	70 x 7	carvalho	verniz	corredor	não	sim	não	19	não
87	soalho	70 x 7	carvalho	verniz	quarto	não	não	não	12	não
88	tacos	20 x 5	Pinho	Cera	sala	não	não	sim	15,8	não
89	tacos	20 x 5	Pinho	Cera	corredor	não	não	não	8,7	não
90	soalho	200 x 10	pinho	verniz	quarto	não	não	sim	23,4	não
91	soalho	200 x 10	pinho	verniz	corredor	não	sim	não	7	não
92	soalho	200 x 10	pinho	verniz	quarto	não	não	sim	13,5	não
93	soalho	200 x 10	pinho	verniz	quarto	não	não	sim	23,45	não
94	soalho	180 x 12	carvalho	cera	sala	não	não	não	31	sim
95	soalho	180 x 12	carvalho	cera	corredor	não	sim	não	19,22	sim
96	soalho	180 x 12	carvalho	cera	quarto	não	não	não	17	sim
97	soalho	210 x 10	carvalho	óleo mate	sala	não	não	sim	63	não
98	soalho	210 x 10	carvalho	óleo mate	sala	não	não	sim	47,8	não
99	soalho	210 x 10	carvalho	óleo mate	corredor	não	sim	não	14	não
100	soalho	210 x 10	carvalho	óleo mate	quarto	não	não	sim	16,6	não

N.I. - Não Identificado

Edifício	Manutenção	Utilização	
	Manutenção/Periodicidade	Nível de utilização	Cães/Crianças/Refeições
2	sim - semanal	4	não
3	sim - mensal	2	não
4	sim - mensal	2	não
5	sim - semanal	2	sim
6	sim - semanal	3	sim
7	sim - mensal	2	sim
8	sim - mensal	4	não
9	sim - mensal	3	não
10	sim - semanal	3	não
11	sim - semanal	3	não
12	sim - semanal	2	não
14	sim - semanal	3	sim
15	sim - semanal	1	não
16	sim - semanal	2	não
19	sim - semanal	1	não
20	sim - semanal	2	não
21	sim - semanal	3	não
22	sim - semanal	3	não
23	sim - semanal	3	não
24	sim - semanal	3	sim
25	sim - mensal	3	sim
26	sim - mensal	3	sim
27	sim - mensal	2	sim
28	sim - mensal	3	sim
29	sim - mensal	3	sim
30	sim - mensal	3	não
31	sim - mensal	3	não
32	sim - semanal	3	não
33	sim - semanal	3	não
34	sim - semanal	3	não
35	sim - semanal	3	não
36	sim - semanal	3	não
37	sim - semanal	2	sim
38	sim - semanal	3	sim
39	sim - semanal	3	sim
40	sim - semanal	2	não
41	sim - semanal	3	não
42	sim - semanal	2	não

Edifício	Manutenção	Utilização	
	Manutenção/Periodicidade	Nível de utilização	Cães/Crianças/Refeições
43	sim - semanal	3	não
44	sim - semanal	2	sim
45	sim - semanal	3	sim
46	sim - semanal	3	não
47	sim - semanal	3	não
48	sim - semanal	2	não
49	sim - semanal	3	não
50	sim - semanal	2	não
51	sim - mensal	3	sim
52	sim - mensal	3	sim
53	sim - semanal	4	não
54	sim - semanal	4	não
55	sim - semanal	4	não
56	sim - semanal	4	não
57	sim - semanal	4	não
58	sim - semanal	4	não
59	sim - semanal	3	não
60	sim - semanal	3	não
61	sim - semanal	4	não
62	sim - semanal	3	não
63	sim - semanal	3	não
64	sim - semanal	3	não
65	sim - mensal	3	sim
66	sim - mensal	3	sim
67	sim - mensal	2	sim
68	sim - mensal	3	sim
69	sim - mensal	3	sim
70	sim - mensal	3	não
71	sim - mensal	3	não
72	sim - semanal	4	não
73	sim - semanal	3	não
74	sim - semanal	3	não
75	sim - mensal	3	não
76	sim - mensal	3	não
77	sim - semanal	4	não
78	sim - semanal	3	não
79	sim - semanal	3	não
80	sim - semanal	3	não
81	sim - semanal	4	não

Edifício	Manutenção	Utilização	
	Manutenção/Periodicidade	Nível de utilização	Cães/Crianças/Refeições
82	sim - mensal	2	sim
83	sim - mensal	3	não
84	sim - mensal	3	não
85	sim - semanal	2	sim
86	sim - semanal	3	sim
87	sim - semanal	3	sim
88	sim - semanal	3	não
89	sim - mensal	3	não
90	sim - semanal	3	não
91	sim - semanal	3	não
92	sim - semanal	3	não
93	sim - semanal	3	não
94	sim - semanal	3	não
95	sim - semanal	3	não
96	sim - semanal	2	não
97	sim - semanal	3	não
98	sim - semanal	3	não
99	sim - semanal	3	não
100	sim - semanal	2	não





## Anexo 5 - Caracterização do estado de degradação dos pavimentos inspecionados

Edifício	$EW$ (sem ponderação)	$S_{w,p}$ (sem ponderação)	$EW$ (com ponderação)	$S_{w,p}$ (com ponderação)	Idade
2	541,11%	45,09%	329,62%	27,47%	26
3	823,37%	68,61%	502,55%	41,88%	69
4	565,59%	47,13%	409,46%	34,12%	69
5	784,16%	65,35%	581,86%	48,49%	56
6	15,04%	1,25%	9,02%	0,75%	1
7	314,17%	26,18%	233,97%	19,50%	19
8	959,99%	80,00%	632,19%	52,68%	60
9	378,08%	31,51%	252,19%	21,02%	19
10	11,71%	0,98%	7,02%	0,59%	8
11	21,92%	1,83%	13,15%	1,10%	8
12	13,79%	1,15%	8,28%	0,69%	8
14	385,00%	32,08%	247,00%	20,58%	20
15	76,14%	6,34%	45,68%	3,81%	20
16	93,06%	7,76%	76,14%	6,35%	20
19	391,43%	32,62%	240,77%	20,06%	20
20	706,40%	58,87%	454,65%	37,89%	20
21	725,38%	60,45%	467,43%	38,95%	35
22	126,16%	10,51%	77,31%	6,44%	12
23	517,30%	43,11%	408,65%	34,05%	35
24	489,46%	40,79%	318,03%	26,50%	35
25	416,38%	34,70%	277,36%	23,11%	15
26	384,54%	32,04%	273,57%	22,80%	15
27	451,42%	37,62%	289,21%	24,10%	15
28	351,15%	29,26%	233,59%	19,47%	15
29	188,73%	15,73%	122,90%	10,24%	15
30	723,23%	60,27%	511,31%	42,61%	45
31	678,69%	56,56%	460,77%	38,40%	45
32	75,35%	6,28%	45,21%	3,77%	14
33	163,44%	13,62%	140,44%	11,70%	14
34	195,87%	16,32%	125,92%	10,49%	9
35	431,15%	35,93%	329,67%	27,47%	31
36	638,74%	53,23%	574,35%	47,86%	31
37	467,61%	38,97%	343,66%	28,64%	23
38	436,25%	36,35%	361,51%	30,13%	23
39	374,82%	31,24%	240,61%	20,05%	23

Edifício	$E_w$ (sem ponderação)	$S_{w,p}$ (sem ponderação)	$E_w$ (com ponderação)	$S_{w,p}$ (com ponderação)	Idade
40	409,49%	34,12%	266,27%	22,19%	21
41	520,74%	43,40%	360,81%	30,07%	21
42	394,31%	32,86%	268,26%	22,35%	21
43	389,38%	32,45%	294,99%	24,58%	21
44	355,98%	29,67%	274,83%	22,90%	19
45	547,67%	45,64%	492,90%	41,08%	19
46	299,77%	24,98%	230,68%	19,22%	18
47	353,88%	29,49%	248,46%	20,70%	18
48	252,76%	21,06%	161,47%	13,46%	18
49	206,16%	17,18%	139,76%	11,65%	13
50	172,10%	14,34%	103,26%	8,60%	13
51	565,96%	47,16%	474,65%	39,55%	72
52	618,72%	51,56%	522,60%	43,55%	72
53	726,60%	60,55%	521,47%	43,46%	26
54	673,80%	56,15%	482,20%	40,18%	26
55	692,13%	57,68%	549,43%	45,79%	26
56	856,92%	71,41%	646,66%	53,89%	86
57	743,26%	61,94%	509,47%	42,46%	86
58	613,84%	51,15%	437,26%	36,44%	86
59	286,46%	23,87%	226,46%	18,87%	22
60	337,74%	28,14%	256,23%	21,35%	22
61	450,55%	37,55%	367,63%	30,64%	26
62	617,75%	51,48%	432,12%	36,01%	38
63	390,03%	32,50%	261,88%	21,82%	38
64	410,55%	34,21%	311,31%	25,94%	38
65	468,75%	39,06%	401,25%	33,44%	44
66	372,60%	31,05%	275,43%	22,95%	44
67	500,57%	41,71%	354,83%	29,57%	44
68	552,38%	46,03%	365,71%	30,48%	44
69	486,99%	40,58%	350,41%	29,20%	44
70	663,70%	55,31%	482,74%	40,23%	44
71	658,64%	54,89%	471,62%	39,30%	44
72	510,82%	42,57%	333,45%	27,79%	26
73	662,33%	55,19%	490,07%	40,84%	89
74	577,62%	48,14%	474,10%	39,51%	89
75	398,91%	33,24%	323,06%	26,92%	50
76	574,64%	47,89%	397,50%	33,12%	50
77	542,23%	45,19%	429,60%	35,80%	65
78	653,75%	54,48%	465,00%	38,75%	65

Edifício	$E_w$ (sem ponderação)	$S_{w,p}$ (sem ponderação)	$E_w$ (com ponderação)	$S_{w,p}$ (com ponderação)	Idade
79	740,00%	61,67%	556,00%	46,33%	65
80	585,71%	48,81%	445,21%	37,10%	65
81	598,88%	49,91%	439,92%	36,66%	65
82	416,26%	34,69%	318,05%	26,50%	24
83	718,46%	59,87%	489,38%	40,78%	79
84	466,67%	38,89%	342,50%	28,54%	24
85	651,95%	54,33%	419,74%	34,98%	34
86	465,11%	38,76%	346,75%	28,90%	34
87	301,00%	25,08%	207,27%	17,27%	34
88	682,15%	56,85%	467,06%	38,92%	70
89	703,45%	58,62%	461,15%	38,43%	70
90	644,44%	53,70%	452,14%	37,68%	49
91	724,29%	60,36%	550,57%	45,88%	49
92	462,22%	38,52%	372,15%	31,01%	49
93	658,93%	54,91%	460,35%	38,36%	49
94	424,84%	35,40%	267,87%	22,32%	24
95	424,04%	35,34%	291,26%	24,27%	24
96	531,76%	44,31%	361,41%	30,12%	24
97	416,98%	34,75%	318,76%	26,56%	26
98	433,03%	36,09%	294,27%	24,52%	26
99	384,29%	32,02%	306,00%	25,50%	26
100	397,59%	33,13%	262,65%	21,89%	26