



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

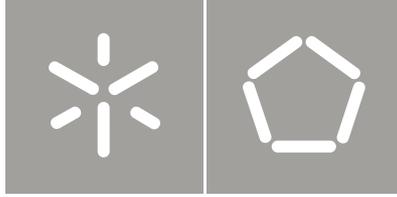
Rui Nuno Almeida de Sá Barros

Betonilhas para o Revestimento de Pavimentos

Rui Nuno Almeida de Sá Barros Betonilhas para o Revestimento de Pavimentos

UMinho | 2012

Outubro de 2012



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Rui Nuno Almeida de Sá Barros

Betonilhas para o Revestimento de Pavimentos

Tese de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor Aires Fernando Fernandes Leite  
Camões

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, quero prestar um especial agradecimento à minha esposa, Joana e ao meu filho, Diogo Miguel, pela paciência que tiveram comigo, pelas muitas horas em que suportaram a minha ausência e pelo carinho, força e coragem que me transmitiram para que conseguisse concluir este trabalho, mas acima de tudo, para que finalizasse esta etapa que durou seis anos das nossas vidas.

Agradeço também aos meus Pais e aos meus Sogros, pela disponibilidade que mostraram ao longo deste seis anos, para tomarem conta do neto e por terem feito das suas casas um hotel sempre que decorria uma época de exames.

A todos os professores da Universidade do Minho que, sempre mostraram disponibilidade para ensinar, explicar e compreender as dificuldades que muitas vezes tive que ultrapassar para conciliar a Universidade, o trabalho e a família.

Um especial agradecimento ao Professor Aires Camões, por ter sido meu orientador e por ter tolerado as minhas ausências e falta de disponibilidade.

Ao meu colega de curso, Paulo Santos pelo apoio, pelo esforço e encorajamento que muitas vezes me transmitiu, e pela pessoa que demonstrou ser.

Ao Departamento de Obras Municipais da Câmara Municipal de Esposende, nas pessoas do Sr. Presidente da Câmara, Eng<sup>o</sup> João Leites e Eng<sup>a</sup> Marta Barros, pela permanente disponibilidade demonstrada e pela oferta de estágio que me permitiu obter dados para a realização e finalização desta tese.



## RESUMO

As betonilhas de revestimento para pavimentos apresentam, frequentemente, problemas de qualidade de execução, que obrigam, no limite, à sua remoção e substituição. As deficiências apresentadas podem ser devidas à fraca qualidade da mão-de-obra, dos materiais ou a especificações incorrectas ao nível de projecto. Por norma, a aplicação deste material é encarada como uma actividade secundária, não sendo as suas especificações contempladas de uma forma cuidada, sendo mesmo muitas vezes, inexistentes em fase de projecto. Geralmente, a sua produção é deixada ao cuidado de quem a aplica que, muitas vezes, não considera as diversas variáveis intervenientes no processo de produção de uma betonilha, como por exemplo: o fim para que irá servir; se irá receber algum tipo de revestimento; se servirá como camada de desgaste; ou que cargas deverá suportar. Este desinteresse generalizado no que diz respeito aos requisitos em projecto e procedimentos de execução para a aplicação de camadas de betonilhas para pavimentos tem resultado, geralmente, em elevadas espessuras, consumos elevados de ligante, má compactação das betonilhas, impossibilidade de controlo de qualidade e execução durante a produção e aplicação em obra, e finalmente, o aparecimento precoce de patologias (por exemplo: fendas e fissurações) que levam à degradação do pavimento.

Pretende-se dar resposta a várias questões, sobre a produção e aplicação de betonilhas. Pretende-se também definir e compreender quais as normas europeias existentes para ensaios a betonilhas e se estas estão a ser respeitadas por quem as vende, produz e aplica. Desta forma irá abordar-se temas, como: requisitos exigidos a uma betonilha; normas e critérios utilizados para o seu dimensionamento e ensaios; características; patologias, diagnóstico e respectiva reparação. No decorrer desta dissertação, conclui-se, ainda, que existe uma crescente necessidade para compreender e estudar os requisitos necessários a que devem respeitar a escolha, produção e aplicação das betonilhas, de modo a evitar ou eliminar patologias que possam eventualmente surgir neste tipo de material que muitas vezes só aparecem em fase de uso, devido ao esmagamento sob cargas pontuais e em zonas de maior tráfego. Conclui-se, também, que a degradação das camadas de betonilhas pode levar a prejuízos consideráveis em obra sendo, muitas vezes, a única solução a remoção e substituição por uma camada nova. Igualmente importante é a fase de diagnóstico e posterior reparação dos pavimentos, onde o mais difícil é definir as causas e mecanismos das patologias.

Palavras-chave: betonilhas, pavimentos, patologias, reparação, causas



## **ABSTRACT**

Floor screeds often present problems of quality implementation, requiring at the limit, their removal and replacement. The pathologies presented may be due to poor quality of hand labor, from materials or incorrect specifications at project level. Normally the application of this material is regarded as a secondary activity, as its specifications are not carefully contemplated and they are often inexistent at project level. Its production is generally left to the care of those who apply it and often they do not consider all the variables involved in the process of producing and applying a screed, such as: its purpose, if it will get any kind of coating, if it will be a wearing screed or which loads will be applied. This generalized disaffection concerning the requirements and project implementation procedures to apply screeds have generally resulted in higher thickness, high consumption of binders, poor compaction of screeds, impossible control of quality and execution during production and application of screeds layers and finally the early appearance of pathologies (cracking, for example) that lead to degradation of the pavement.

It will be aim of this work to address several issues that continue to raise questions that still lack answers on the production and application of screeds. One also intend to define and understand which European standards for testing the screeds exist and whether these are being respected by those who sell, manufacture and apply. One also concluded, that there is a growing need to study and understand the requirements the selection, production and application of screed must respect, in order to prevent the appearance of pathologies that this type of material may develop, which often appear only in the use phase of the pavement, due to crushing under localized loads and in higher traffic areas. It is also important to understand that the degradation of the screeds layers can lead to considerable damages in the pavement, and often the only solution is to remove and replace the older layer with a new one. Equally important is the diagnosis stage and later pavement repair, where the most complicated is to define its causes and mechanisms.

Keywords: Screeds, floor screeds, floors, pathologies, repair, causes.



## ÍNDICE

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>iii</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>v</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>vii</b>
<b>Índice.....</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>xii</b>
<b>Índice de Tabelas .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Notação e Simbologia .....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Pavimentos .....</b>	<b>3</b>
2.1. Constituição .....	3
2.2. Requisitos Operacionais .....	4
<b>3. Betonilhas .....</b>	<b>5</b>
3.1. Definição.....	5
3.2. Normas aplicáveis.....	6
3.3. Composição das Betonilhas .....	9
3.3.1. Betonilhas tradicionais .....	11
3.3.2. Betonilhas modificadas .....	11
3.3.3. Betonilhas pré-misturadas .....	12
3.3.4. Betonilhas Autonivelantes.....	13
3.4. Classificação quanto ao tipo de aplicação .....	13
3.4.1. Betonilha Aderente .....	14
3.4.2. Betonilha não aderente ao substrato .....	15
3.4.3. Betonilha Flutuante .....	16
3.4.4. Betonilha Radiante .....	17

3.5.	Propriedades e Requisitos .....	18
<b>4.</b>	<b>CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO .....</b>	<b>20</b>
4.1.	Responsabilidades e competências.....	22
4.2.	Classificação Funcional do Revestimento de Pavimento.....	23
4.2.1.	Classificação I/MC.....	23
4.2.2.	Classificação UPEC .....	25
4.3.	Propriedades, classificações e ensaios às Betonilhas .....	29
4.3.1.	Classificação e Ensaio à Flexão .....	29
4.3.2.	Classificação e Ensaio à Compressão .....	31
4.3.3.	Classificação e Ensaio à Resistência ao Desgaste .....	33
4.4.	Seleção da betonilha .....	34
4.5.	Espessura da camada da betonilha .....	36
4.6.	Armazenamento e Mistura .....	37
4.7.	Compactação e Nivelamento.....	38
4.8.	Tratamentos para Betonilhas de desgaste.....	40
4.8.1.	Selantes de superfície.....	40
4.8.2.	Endurecedores de superfície .....	40
4.9.	Reforço de Betonilhas .....	41
4.10.	Processo de cura e tempo de secagem .....	42
4.11.	Inspeção e Ensaio após aplicação.....	43
4.11.1.	Inspeção .....	43
4.11.2.	Ensaio à superfície de desgaste.....	44
4.12.	Tolerâncias.....	47
4.12.1.	Nivelamento .....	47
4.12.2.	Regularidade da superfície .....	47
4.13.	Tipo de juntas e dimensões dos painéis .....	48
4.13.1.	Juntas em Betonilhas aderentes .....	49
4.13.2.	Juntas em Betonilhas não aderentes .....	50
<b>5.</b>	<b>Patologias .....</b>	<b>51</b>

5.1. Nos Pavimentos .....	51
5.1.1. Classificação das Patologias .....	51
5.1.2. Causas .....	58
5.2. Nas Juntas .....	63
5.2.1. Classificação das Patologias .....	63
5.2.2. Causas .....	65
5.3. Diagnóstico .....	67
5.3.1. Caso 1: Patologia em Pavimento (Caso Teórico) .....	68
5.3.2. Caso 2: Patologia em Junta (Caso Teórico) .....	69
5.3.3. Caso 3: Patologia em Pavimento, Ciclovía Esposende (Caso Prático) .....	70
5.3.4. Caso 4 – Patologia em Pavimento: Rampa de acesso em moradia .....	71
5.3.5. Caso 5 – Patologia em Pavimento: Pista do Aeroporto de Praga, Ruzyne .....	72
5.3.6. Caso 6 – Patologia em Pavimento: Parque de estacionamento exterior do IOP .....	73
5.3.7. Caso 7 – Patologia em Pavimento: Superfície Comercial, LIDL, Praga .....	74
<b>6. Reparação .....</b>	<b>75</b>
<b>7. Conclusões e Desenvolvimentos Futuros .....</b>	<b>78</b>
7.1. Desenvolvimentos futuros .....	80
<b>8. Referências bibliográficas .....</b>	<b>81</b>
<b>Anexo A – Lista de Empresas Contactadas .....</b>	<b>Erro! Marcador não definido.</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Pormenor de aplicação de betonilha de enchimento e finalização da superfície. ....	5
Fig. 2 - Aplicação de betonilha Autonivelante pela empresa “OCL Facades – Essex” (11)...	13
Fig. 3 - Betonilha Aderente.....	14
Fig. 4 - Betonilha não Aderente.....	15
Fig. 5 - Betonilha Flutuante. ....	16
Fig. 6 - Ensaio à Flexão. ....	30
Fig. 7 - Ensaio à compressão a betonilhas .....	32
Fig. 8 - Uso de formas fixas para nivelamento e compactação de betonilhas de desgaste. ....	38
Fig. 9 - Piso onde foi aplicado um selante na superfície mais à direita. ....	40
Fig. 10 - Aplicação de endurecedor de superfície.....	41
Fig. 11 - Aplicação de betonilha reforçada com malha electrosoldada .....	41
Fig. 12 – Espátula para verificação da regularidade de uma superfície (BS 8204-2).....	44
Fig. 13 – Desvio da superfície em relação à referência (BS8204-2) .....	48
Fig. 14 - Exemplo de juntas. ....	49
Fig. 15 – Relação entre a espessura do revestimento e a tensão aplicada por flexão .....	58
Fig. 16 – Fenómeno de “Curling” .....	59
Fig. 17 – Caso 1: Apresentação de Patologia ( <i>Curling</i> ) para diagnostico. ....	68
Fig. 18 – Caso 2: Apresentação de patologia em Junta para Diagnóstico .....	69
Fig. 19 – Caso 3: Ciclovía, situada na Marginal de Esposende.....	70
Fig. 20 - Patologia em Pavimento: Rampa de acesso em moradia. Esposende .....	71
Fig. 21 - Patologia em Pavimento: Pista do Aeroporto de Praga, Ruzyne, Rep. Checa. ....	72
Fig. 22 - Patologia em Pavimento: Parque de estacionamento exterior do IOP).....	73
Fig. 23 - Patologia em Pavimento: Superfície Comercial, LIDL, Praga .....	74

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Normas aplicáveis a ensaios de materiais para Betonilhas .....	7
Tabela 2 - Normas para concepção e aplicação de betonilhas .....	8
Tabela 3 - Espessura mínima de betonilhas flutuantes.....	17
Tabela 4 - Questões fundamentais a abordar e definir .....	21
Tabela 5- I/MC: Níveis de agressividade mecânica .....	24
Tabela 6- I/C: Níveis de Agressão Química.....	25
Tabela 7- Acções características das cargas estáticas (CSTB).....	27
Tabela 8- Acções características das cargas dinâmicas para as classes P4 (CSTB).....	27
Tabela 9 - Tabela de ensaios a realizar consoante o tipo de ligante usado na betonilha .....	29
Tabela 10: Classes de Resistência à Flexão para ligantes de betonilhas (EN 13892-2).....	30
Tabela 11 – Classes Resistência à compressão de ligantes para betonilhas (EN 13892-2).....	31
Tabela 12 – Classes Resistência ao desgaste (Bohme) para betonilhas .....	33
Tabela 13 – Classes de Resistência ao desgaste (BCA) para betonilhas.....	34
Tabela 14 – Classes Resistência ao desgaste ( <i>Rolling Wheel</i> ) para betonilhas .....	34
Tabela 15 - Espessuras mínimas aconselháveis. ....	37
Tabela 16 - Especificações de malhas electrossoldadas usadas no reforço de betonilhas. ....	42
Tabela 17 - Classificação da Regularidade de Superfícies.....	45
Tabela 18 - Categorias Principais de Patologias para Pavimentos .....	53
Tabela 19 - Classificação das Patologias em Betonilhas de revestimento para pavimentos....	54
Tabela 20 - Identificação das causas e razões das patologias em pavimentos. ....	60
Tabela 21 - Classificação das Patologias nas juntas.....	64
Tabela 22 - Identificação das causas para o aparecimento de patologias nas juntas.....	66
Tabela 23 – Sugestão de reparação para os casos em estudo .....	76

## **NOTAÇÃO E SIMBOLOGIA**

BS – British Standard

EN – European Norm

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

PP – Polipropileno

PVC – Polyvinyl chloride

CSTB – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

pH – Potencial hidrogeniônico

AR – Abrasion Resistance

RW – Rolling Wheel

UE – União Europeia

PVT - Pendulum Test Value

## 1. INTRODUÇÃO

A betonilha é um elemento construtivo, geralmente com espessuras que podem variar entre 1 a 8 cm, aplicado geralmente na construção de pavimentos, podendo servir para o enchimento, regularização ou mesmo como camada de desgaste. É, geralmente, confeccionada com ligantes cimentícios, ou, em alguns casos, com ligantes de outra natureza.

Existem, actualmente, diferentes formas de aplicação da betonilha, dependendo se esta é assente em aderência ao suporte, sobre uma camada de dessolarização, sobre uma camada de isolamento térmico ou acústico ou caso contenha uma serpentina de aquecimento, a betonilha é denominada respectivamente de aderente, não aderente, flutuante ou radiante. Relativamente à sua preparação estas podem ser preparadas manualmente, ou seja, de uma forma tradicional, podem ser modificadas de forma a se obter propriedades especiais tais como tempo de secagem, podem ainda ser pré-misturadas ou, por fim, autonivelantes. Desta forma, no segundo e terceiro capítulos desta dissertação serão abordados temas relativos ao tipo de betonilhas existentes, sua aplicação, preparação e cura.

Para que se proceda à elaboração de um projecto de qualidade, é necessário definir de antemão os requisitos e especificações funcionais para os quais o pavimento será destinado, pois um tipo de pavimento não conseguiria satisfazer todos os requisitos para todo o tipo de utilizações. É, então, importante seleccionar as mais importantes de forma a utilizar e aplicar o tipo de betonilha de revestimento mais apropriado para cada situação e utilização do pavimento. A título de exemplo pode-se referir que a primeira exigência de um local de armazenamento de explosivos deverá ser a segurança e a de uma loja de máquinas pesadas poderá ser a resistência ao impacto, enquanto que, no caso de um showroom será a estética e a facilidade de manutenção.

Desta forma, o quarto capítulo será dedicado à concepção e dimensionamento de betonilhas onde se pretenderá apurar as responsabilidades durante a fase de planeamento, projecto, produção e aplicação da betonilha. Será, também, efectuada uma classificação relativamente à superfície dos pavimentos e classificação relativamente às suas propriedades físicas. Serão, também abordados temas como selecção, armazenamento, mistura, compactação e nivelamento.

Outro dos temas abordados no quarto capítulo refere-se a questões, tais como: tratamentos a aplicar á betonilha de forma a conferir-lhe propriedades especiais; reforço usado em betonilhas para conferir maior resistência mecânica à mesma; processo de cura e secagem; ensaios a realizar após aplicação da betonilha e suas tolerâncias.

Já no quinto capítulo irá abordar-se um dos problemas que tem vindo a mostrar especial relevância na construção, que tem sido o estudo e compreensão dos motivos e causas para o aparecimento de patologias nos pavimentos. Existem já estudos efectuados relativamente a patologias em pavimentos em betão, porém pouca informação existe relativamente aos mecanismos e causas responsáveis para o aparecimento de patologias em betonilhas de revestimento de pavimentos em especial quando estas servem como camada de desgaste.

O sexto capítulo desta dissertação será dedicado á reparação das patologias onde é já possível encontrar no mercado soluções técnicas de betonilhas de nivelamento que se ajustam perfeitamente a grandes reparações de pavimentos e que se mostram uma solução pouco económica para novos pavimentos, mas que quando se fala na reparação de pavimentos serão já uma solução a estudar.

## 2. PAVIMENTOS

### 2.1. Constituição

Quando se fala de betonilhas para revestimento de pavimentos, faz todo o sentido começar por abordar o tema com uma caracterização geral do que é um pavimento e de que forma as betonilhas se enquadram na sua constituição ou mesmo de que forma constituem o próprio pavimento.

Os pavimentos são constituídos por várias camadas horizontais de elementos distintos que funcionam como um todo organizado e encontram-se uniformemente assentes sobre um suporte base.

Para além do suporte base e da camada de enchimento existe, normalmente, uma argamassa de regularização (substrato) que poderá servir de base para o revestimento final (nivelamento) ou ter ela própria essa função (desgaste). São, portanto, nesta duas últimas camadas que as betonilhas são utilizadas, ou seja, tanto para a camada de enchimento como para a de regularização (nivelamento ou desgaste).

O suporte base é o elemento estrutural do pavimento e é normalmente constituído por uma laje de betão armado ou mesmo o solo onde será aplicado. Já a camada de enchimento tem como principal função preencher os espaços criados pela colocação de tubagens de instalações técnicas ou cumprir imposições arquitectónicas. A camada de regularização, é aplicada sobre a camada de enchimento com vista ao seu nivelamento, distribuição de esforços e fornecimento do acabamento necessário, de modo a permitir o assentamento do revestimento final do piso, caso este venha a existir. Esta camada deve, também, assegurar a durabilidade da obra nas suas diversas finalidades de utilização, sendo estas de interior ou exterior, em pavimentos domésticos, comerciais ou industriais.

Pode-se, então, afirmar que a durabilidade de um pavimento é influenciada pelas características do seu suporte, ou mais especificamente das diferentes camadas constituinte do suporte. No que diz respeito às camadas de betonilha, estas características estão directamente relacionadas com os materiais utilizados para a preparação da betonilha e, também, pelo processo de preparação, aplicação, compactação e cura das misturas.

## **2.2.Requisitos Operacionais**

O bom desempenho de um pavimento depende do seu correcto dimensionamento e construção. Existem, então, alguns requisitos fundamentais que são necessários ter em conta durante o processo de concepção e construção:

- Cargas estáticas a que o pavimento estará sujeito;
- Cargas dinâmicas;
- Regularidade de superfície;
- Características da superfície (aparência, durabilidade, resistência ao deslizamento, etc.).

### 3. BETONILHAS

#### 3.1. Definição

Define-se por betoniha de revestimento de um pavimento (Fig. 1) como uma ou mais camadas de argamassa aplicada “*in situ*”, geralmente de espessura variável entre 1 e 8cm, produzidas com ligantes cimentícios ou à base de anidrite. São usadas para recobrir um pavimento base, aplicado directamente sobre este, aderente ou não, ou aplicado sobre camadas intermédias ou isolantes, com o objectivo de nivelar o pavimento a uma cota pré-determinada, receber o revestimento final ou mesmo servir como revestimento final (1).



**Fig. 1 - Pormenor de aplicação de betoniha de enchimento e finalização da superfície, em simultâneo, efectuado pela empresa "A.J. Clark Group - Scotland" (2).**

Quando a camada de betoniha funciona como revestimento final, nomeadamente em pavimentos industriais, é necessário conferir-lhe propriedades especiais de forma a apresentar maior resistência ao desgaste devido às condições mecânicas, químicas e ambientais a que estará sujeita. A constituição das camadas de betoniha dependerá então do seu tipo de uso

final, nível de exposição a elementos químicos assim como a classe de solicitação a nível de esforços a que estará sujeita na sua vida útil quer sejam esforços de punçoamento, restrições de carga relativa ao peso próprio ou mesmo resistência ao desgaste da passagem de veículos e/ou atrito provocado pelas rodas como acontece no caso de pavimentos industriais ou parques de estacionamento interiores e exteriores.

### **3.2. Normas aplicáveis**

No que diz respeito a normas aplicáveis às betonilhas, alguns Países, tal como a Inglaterra, França, Holanda e Alemanha, têm vindo já a realizar algum trabalho e mostram algum interesse na aplicação das mesmas, no entanto, toda a pesquisa elaborada neste domínio mostra que existe pouca informação relativamente à caracterização deste material, em parte devido à falta de interesse por quem constrói de as aplicar e pelo simples facto de as betonilhas serem vistas como um parente pobre da construção.

A antiga norma Britânica “BS 4721: Especificação para argamassas prontas mistas de construção” (3) foi retirada no final de Janeiro de 2005 e substituída pela norma, “BS EN 998 (partes 1 e 2): Especificação para argamassas de alvenaria” (4) e pela norma “BS EN 13813: Materiais para Betonilhas e Pavimentos em Betonilhas - Propriedades e os requisitos” (5) que foi publicada em Novembro de 2002, e é agora a norma usada pelas empresas que fabricam betonilhas pré-misturadas. A “BS EN 998” não aborda as betonilhas (tradicionalmente eram especificadas pelos requisitos estabelecidos na Secção 4 da “BS 4721-2”), portanto, torna-se imperativo que as empresas que fabricam e aplicam betonilhas, se tornem familiarizadas e com a Norma “EN 13813”. Uma outra alteração que ocorreu relativamente na mesma altura diz respeito à norma “BS 4551: Métodos de ensaio de argamassas, betonilhas e rebocos” (6) que foi substituída por uma série de métodos de ensaios normalizados que para o caso das betonilhas encontram-se especificados na série EN 13892 (ver tabela 1). Desde Fevereiro de 2005, passou também a existir uma separação entre normas para o fabrico de Betonilhas e normas para o seu ensaio.

**Tabela 1 - Normas aplicáveis a ensaios de materiais para Betonilhas**

EN13318	Materiais para Betonilhas e Pavimentos em Betonilhas – Definições
EN13813	Materiais para Betonilhas e Pavimentos em Betonilhas – Propriedades e Requisitos
EN13892-1	Métodos de Ensaio para Materiais de betonilhas Parte 1 – Amostragem, fabrico e processo de cura dos provetes
EN13892-2	Métodos de Ensaio para Materiais de betonilhas Parte 2 – Determinação da resistência à compressão e flexão.
EN13892-3	Métodos de Ensaio para Materiais de betonilhas Parte 3– Determinação da resistência ao desgaste - Bohme
EN13892-4	Métodos de Ensaio para Materiais de betonilhas Parte 4 – Determinação da resistência ao desgaste – BCA
EN13892-5	Métodos de Ensaio para Materiais de betonilhas Parte 5 – Determinação da resistência ao desgaste ao rolamento para betonilhas de revestimento final
EN13892-6	Métodos de Ensaio para Materiais de betonilhas Parte 6 – Determinação da dureza superficial
EN13892-7	Métodos de Ensaio para Materiais de betonilhas Parte 7 – Determinação da resistência ao desgaste ao rolamento de betonilhas com revestimento
EN13892-8	Métodos de Ensaio para Materiais de betonilhas Parte 8 – Determinação da força de adesão

Para o efeito de concepção e aplicação de betonilha, surgiram também uma série de normas Britânicas (ver tabela 2) e que, ao contrário das normas anteriores, vocacionam-se não para os

materiais mas sim para o projecto, aplicação e ensaios do resultado final. São de especial importância para este trabalho a BS8204-1 (7) e a BS 8000-9 (8) pois a primeira destina-se a betonilhas de nivelamento que posteriormente vão receber um revestimento final e a segunda a betonilhas de nivelamento mas também de desgaste.

**Tabela 2 - Normas para concepção e aplicação de betonilhas**

BS 8204/1	Betonilhas, bases e pavimentos - Parte1: Bases em betão, betonilhas de nivelamento
BS 8204/2	Betonilhas, bases e pavimentos - Parte2: Superfícies de desgaste em betão
BS 8204/3	Betonilhas, bases e pavimentos - Parte3: Superfícies de desgaste poliméricas modificadas
BS 8204/4	Betonilhas, bases e pavimentos - Parte4: Superfícies de desgaste em Terrazzo
BS 8204/5	Betonilhas, bases e pavimentos - Parte5: Superfícies de desgaste em Asfalto
BS 8204/6	Betonilhas, bases e pavimentos - Parte6: pisos sintéticos
BS 8204/7	Betonilhas, bases e pavimentos - Parte7: Betonilhas autonivelantes
BS 8000-9	Obras na construção civil - Parte9: Betonilhas comestíveis de nivelamento e betonilhas de desgaste

No que diz respeito às normas para especificação e ensaios de materiais para betonilhas, existe uma obrigatoriedade por partes das empresas que fabricam e comercializam betonilhas pré-misturadas, de realizarem os respectivos ensaios e apresentarem uma ficha técnica da betonilha com as respectivas especificações, não acontecendo o mesmo para o caso de betonilhas tradicionais fabricadas no local da obra onde raramente se realizam os ensaios, tal

como foi possível constatar durante os contactos realizados com empresas da especialidade (anexo A). Salienta-se, ainda, que na eventualidade de se realizar ensaios, verificou-se que estes são apenas realizados à compressão e é aplicada a norma do NP EN 12390-3 que é relativa a betões e não a betonilhas.

No que concerne à aplicação das normas para a concepção e aplicação de betonilhas, neste campo o panorama geral ainda é pior pois as empresas (anexo A) não se sentem obrigadas, salvo se exigido pelo dono-de-obra, a realizarem os ensaios aos pavimentos e como tal a seguirem as normas existentes, argumentando razões económicas e da pouca importância estrutural das betonilhas.

### **3.3. Composição das Betonilhas**

As betonilhas são normalmente compostas por cimento, areia, aditivos e água. No entanto, nada obriga a que a betonilha tenha de ser uma argamassa de cimento e areia. Como ligante base pode também ser utilizado a “*Cal Hidráulica*”, o “*Sulfato de Cálcio*”, a “*Magnesite*”, o “*Betume*” e “*Resinas Sintéticas*”. Existem, portanto, várias soluções para os revestimentos de piso, em função do uso a que vão estar sujeitos os pavimentos.

Para as betonilhas cimentícias, a qualidade da areia tem uma grande influência na qualidade final da mistura. Idealmente a areia deve ter partículas inferiores a 5mm de forma a permitir melhores acabamentos para a superfície. Sempre que possível a areia deve também ser testada em laboratório antes de ser usada no fabrico da betonilha. Um traço geralmente usado tem a seguinte proporção: 3,5 partes de areia seca, 1 parte de cimento e uma quantidade de água na ordem dos 300-320 litros por m<sup>3</sup> de betonilha a produzir (Quanto mais água for usada, menor será a resistência da betonilha e maior será a tendência para o aparecimento de fendas). No entanto a composição depende dos requisitos das acções mecânicas. Se o pretendido é uma mistura facilmente trabalhável e cuja superfície final seja lisa e suave então poderá ser necessário misturar dois ou mais tipos de areia.

Segundo a norma EN 13813:2002, pode-se caracterizar e classificar as betonilhas de acordo com o ligante base:

- Cimento (Tipo CT)
- Sulfato de Cálcio (Tipo CA)
- Magnesite (Tipo MA)
- Asfalto (Tipo AS)
- Resinas sintéticas (Tipo SR)

Salienta-se, também, que a composição da argamassa para a betonilha, deverá garantir o máximo de compacidade, que poderá ser aumentada, particularmente se se destinar a superfícies de desgaste, à custa da incorporação de elementos destinados a esse fim (aditivos).

O endurecimento superficial das betonilhas é obtido por meio da aplicação de produtos que através de uma reacção química com as partículas moles da betonilha (cal, carbonato de cálcio) as endurecem e as tornam mais coesas dando ao pavimento características mais resistentes ao desgaste. O endurecedor poderá ser aplicado misturado com a argamassa da betonilha, podendo nestes casos, cumulativamente, ser também um acelerador de presa.

No que diz respeito à forma de preparação, as betonilhas podem ser divididas em 4 grupos:

- Tradicionais (preparadas em obra);
- Modificadas;
- Pré-doseadas;
- Autonivelantes

### **3.3.1. Betonilhas tradicionais**

As betonilhas tradicionais são preparadas no próprio local da obra e consistem basicamente numa mistura de cimento ou cal hidráulica, areia e água com traços que podem variar entre 3 e 5 partes de areia para 1 parte de cimento. Na maior parte dos casos um traço de 4:1 é suficiente. Porém, este tipo de betonilha implica algumas desvantagens, tal como, sujidade no estaleiro, desperdício de espaço para armazenamento de matérias-primas, rendimento de trabalho inferior, incerteza quanto às quantidades das areias e às características da argamassa. Durante muitos anos o único reforço usado nas betonilhas foi a malha electro-soldada, porém, nos últimos anos, o uso de fibras de Polipropileno (fibras PP) começou a ser popular sendo actualmente as mais usadas para reforçar as betonilhas tradicionais. As betonilhas de fibras ou reforçadas são ideais para qualquer local especialmente para locais com forte tráfego pedestre. O uso de fibras diminui a possibilidade de retracção e consequente fissuração, melhora a coesão, a resistência e diminui a permeabilidade das betonilhas.

### **3.3.2. Betonilhas modificadas**

Actualmente existem três tipos principais de betonilhas modificadas: as de secagem rápida, presa rápida e de polímeros modificados.

- Betonilha de secagem rápida - é uma combinação de cimento, areia e um adjuvante superplastificante para reduzir a quantidade de água necessária para a realização da mistura. É adequado para interiores e exteriores. É um ligante hidráulico que permite a secagem rápida e endurece em 24 horas tornando-se completamente seco em aproximadamente 4 dias. Também pode ser aplicado por cima de isolamento e para pisos radiantes (10).
- Betonilha de presa e secagem muito rápida - é uma combinação de cimento, areia e um adjuvante (à base de alumínio) acelerador de presa. Este tipo de betonilha tende a ser resistente ao pisoteio após uma ou duas horas, e apresenta-se seco ao fim de 1 dia (10).
- Betonilha polimérica - é uma mistura padrão com PVA ou SBR adicionado em grandes quantidades. Quando atingem presa estas betonilhas tornam-se resistentes à água e outros produtos químicos, mas também permitem que os pavimentos de betonilha polimérica sejam mais finos do que os de não-polimérica.

### 3.3.3. Betonilhas pré-misturadas

De modo a obter o melhor desempenho das betonilhas, como camada de regularização, o mercado disponibiliza versões de argamassas prontas, bastando somente adicionar água. Estes produtos têm, obviamente, o seu incremento de custo face à solução tradicional, mas consoante as situações e o planeamento/prazo da obra poderá ser uma opção ou uma solução a ponderar.

No mercado existe:

- Argamassa pré-misturada pronta a usar, para betonilhas de secagem rápida (4 dias) de retracção controlada (10), em conformidade com a norma europeia EN 13813.

Esta argamassa oferece um conjunto de vantagens entre as quais se destaca o facto de permitir resolver o problema, comum em muitas áreas, de encontrar agregados de granulometria correcta e de boa qualidade, permite evitar erros de dosagem e problemas ligados à qualidade da mão-de-obra constituindo a solução óptima em situações de difícil armazenagem das matérias-primas (agregados, cimento, etc.), por exemplo, em intervenções de recuperação em centros históricos. Este tipo de argamassas é particularmente aconselhado no caso de assentamento de pavimentos sensíveis à humidade (madeira, PVC, linóleo, etc.) em que o tempo de secagem e cura são independentes da qualidade dos agregados, da dosagem e da qualidade da mão-de-obra. Além disso, podem ser utilizados na execução de betonilhas que incorporem serpentinas para aquecimento sem adição de aditivos.

- Argamassa pré-misturada pronta a usar, para betonilhas de secagem muito rápida (24 horas), de retracção controlada (10), em conformidade com a norma europeia EN13813

Este tipo de composição conjuga as vantagens do emprego dos ligantes hidráulicos especiais, de presa e secagem rápidas (24 horas) e retracção controlada, com as que se obtêm com a utilização de uma argamassa pré-misturada, pronta a usar, cujo fabrico obriga a apenas juntar água.

### 3.3.4. Betonilhas Autonivelantes

As betonilhas autonivelantes (Fig. 2) podem conter cimento ou sulfato de cálcio como ligante. As betonilhas à base de sulfato de cálcio podem enquadrar-se em duas categorias: as de *Anidrita* e “*Alpha-hemihydrate*”. Ambos os sistemas permitem cobrir grandes áreas num curto período de tempo. As suas vantagens relativamente às betonilhas tradicionais são: a rapidez da aplicação, capacidade autonivelante, possibilidade de execução de pavimentos contínuos (sem juntas), elevada resistência superficial (mesmo em espessuras reduzidas) e a possibilidade de serem aplicadas não aderentes ou flutuantes com espessuras médias de 40mm em zonas comerciais e 25mm para zonas de uso doméstico. No que diz respeito a desvantagens, as betonilhas autonivelantes requerem a necessidade de mão-de-obra especializada, apresentam menor resistência ao esmagamento e por norma implicam um custo de aplicação superior ao das betonilhas tradicionais.



**Fig. 2 - Aplicação de betonilha autonivelante pela empresa “OCL Facades – Essex” (11).**

### 3.4. Classificação quanto ao tipo de aplicação

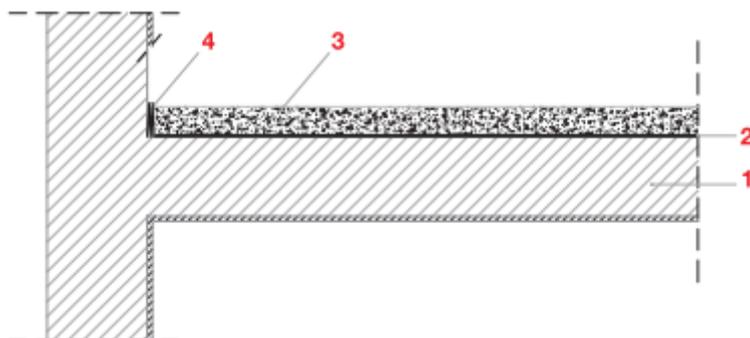
No que diz respeito ao tipo de ligação ao suporte podem-se definir vários tipos de Betonilhas (5)

- Betonilha aderente
- Betonilha não aderente
- Betonilha flutuante
- Betonilha radiante

### 3.4.1. Betonilha Aderente

Quando o pavimento vai ter uma espessura inferior a 40mm, reduzida espessura, a solução mais adequada é executar-se uma betonilha aderente (Fig. 3) à laje subjacente tomando em atenção:

- Se a laje está curada tendo uma adequada resistência mecânica;
- Se a laje está isenta de pó, partes friáveis ou se apresenta alguma rugosidade;
- Se está iminente o assentamento devido á humidade, verificando se a humidade da laje não é superior à exigida na execução do pavimento.



**Fig. 3 - Betonilha Aderente. 1)Laje; 2)Aguada de aderência; 3)Betonilha de espessura<4cm; 4)Material compressível.**

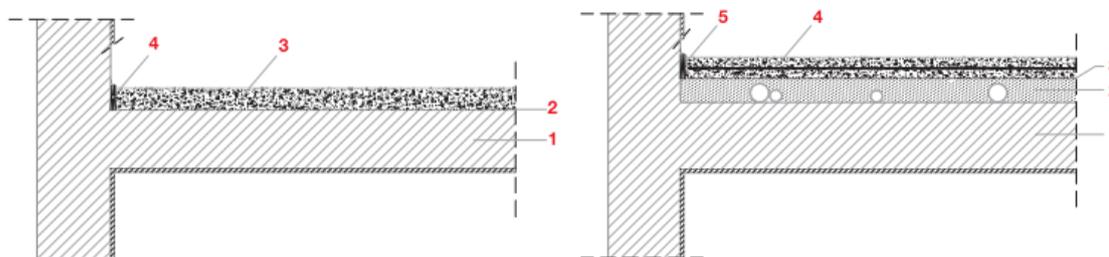
No que diz respeito a cuidados a ter com a laje onde será aplicada a betonilha aderente, esta deve estar preparada de forma a assegurar a maior adesão possível com a betonilha. Desta forma, qualquer excesso de leitada presente na base deve ser removido com recurso a meios mecânicos e todos os resíduos devem ser limpos preferencialmente por aspiração. Estas operações devem ser retardadas ao máximo até à aplicação da betonilha de forma a evitar acumulação de resíduos posteriormente à limpeza. A laje deve também apresentar uma superfície rugosa e, algumas horas antes de aplicação, a betonilha deve ser mantida húmida sendo que qualquer excesso de água deve ser removido.

Para se garantir uma boa aderência da betonilha à laje é aconselhável a aplicação de uma aguada de aderência que se prepara misturando látex e água com o mesmo ligante usado na preparação da betonilha. É ainda aconselhável a realização, em todo o perímetro do local, de

juntas perimetrais compostas por um material compressível (poliestireno expandido ou outro) e com 1cm de espessura. É, também, importante que as juntas de dilatação do suporte sejam prolongadas para a betonilha no mesmo alinhamento.

### 3.4.2. Betonilha não aderente ao substrato

O uso deste tipo de betonilha (Fig. 4) deve-se ao tráfego de pessoas, tendo uma espessura superior a 50mm e por norma não superior a 80mm, onde se coloca, entre a betonilha e o suporte um substrato separador horizontal (como por exemplo, folha de polietileno ou PVC), delimitando o perímetro das paredes e à volta dos pilares com um substrato resiliente com 1 cm de espessura e que deve ser prolongado nas colunas e paredes por uma altura de 10 cm (12).



**Fig. 4 - Betonilha não Aderente. Esquerda:** 1)Laje; 2) Folha de polietileno; 3)Betonilha de espessura  $\geq 3,5$ cm; 4) Material compressível. **Direita:** 1)Laje; 2)Betonilha de enchimento; 3)Folha de polietileno; 4) Betonilha de espessura  $\geq 3,5$ cm com rede eletrossoldada; 5)Material compressível. Soluções construtivas MAPEI (12).

As principais vantagens associadas a este tipo de betonilhas são (12):

- Permite separar o pavimento das deformações da estrutura (assentamentos, contracções por retracção higrométrica, etc.);
- Muito usada quando é necessário fazer enchimentos com elevadas espessuras;
- As folhas de Polietileno ou PVC usadas criam uma barreira muito eficaz ao vapor, não permitindo a subida de humidade do substrato.

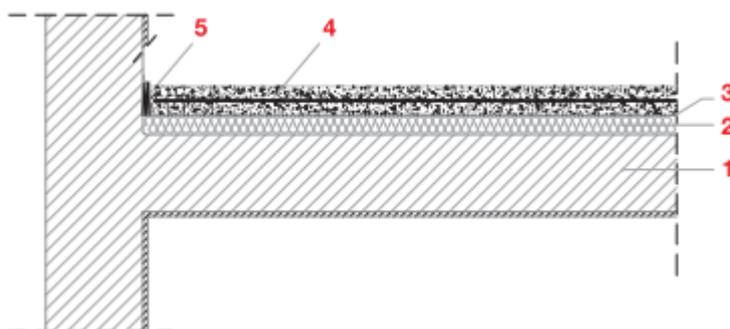
Quando são usadas betonilhas tradicionais em areia e cimento, devem ser executadas juntas de esquadramento em correspondência com as soleiras entre pilares, bem como a cada 20/25m<sup>2</sup> no interior e 16m<sup>2</sup> no exterior cortando o pavimento de betonilha até 1/3 da sua espessura, tendo em atenção à rede electro-soldada, caso exista. Quando são usados ligantes

específicos na preparação da betonilha, ou seja argamassas especiais, pode ser conveniente aumentar o tamanho da areia usada.

No que diz respeito à preparação da base de suporte para betonilhas não aderentes, deve-se garantir que a superfície se encontra suficientemente limpa para receber qualquer tipo de material especificado. Case se verifique a existência de fissuração ou qualquer outro tipo de patologia na base, esta deve ser identificada, tratada e só então se deverá proceder à aplicação da betonilha.

### 3.4.3. Betonilha Flutuante

Quando uma betonilha assenta sobre um estrato de isolamento térmico ou acústico passa a definir-se como betonilha flutuante (Fig. 5).



**Fig. 5 - Betonilha Flutuante.** 1)Laje; 2) Material de isolamento térmico/acústico; 3)Folha de polietileno; 4) Betonilha de espessura >4cm com rede electrossoldada; 5) Material compressível. Soluções construtivas MAPEI (12)

Neste caso, devido à elevada compressibilidade e baixa resistência mecânica do suporte, vai ser preciso dimensionar cuidadosamente a betonilha e, possivelmente colocar rede electrossoldada a meio da espessura favorecendo, assim, a distribuição de cargas evitando fenómenos de punçoamento. Na tabela 3, fornecida pela MAPEI (12), é possível retirar algumas indicações quanto às espessuras e armaduras das betonilhas para pavimentos habitacionais, em função da compressibilidade e da espessura da camada isolante.

**Tabela 3 - Espessura mínima de betonilhas flutuantes e características da armadura em função da classe de compressibilidade do estrato isolante. Tabela retirada do Caderno Técnico para Betonilhas da Mapei (12).**

	<b>ESPESSURA BETONILHA</b>	<b>ARMADURA</b>
I:Espessura < 3mm	4 cm	Mesmo não armada
I:Esmagamento*>0,5mm e espessura > 3mm	4 cm 5 cm	Malha 50x50, $\phi=2$ mm Mesmo não armada
II:Esmagamento*>0,5mm e $\leq 3$ mm	4 cm 5 cm	Malha 50x50, $\phi=2$ mm Mesmo não armada
III:Esmagamento*>3mm e $\leq 12$ mm	4 cm 5 cm	Malha 100x100, $\phi=5$ mm Malha 50x50, $\phi=2$ mm

\*Como “Esmagamento” entende-se a redução de espessura do estrato isolante em consequência da força de compressão exercitada por uma carga “standard”.

#### **3.4.4. Betonilha Radiante**

Chama-se “*Betonilha Radiante*” quando se incorpora na betonilha flutuante tubagens em plástico ou compósito com núcleo metálico que formam serpentinas percorridas por água a uma temperatura média de 40°C ( $T_{m\acute{a}x. Acidental} = 65^{\circ}C$ ) (12).

Nestes casos, instalam-se as serpentinas sobre os painéis isolantes, obrigando assim a que o calor radie através da superfície livre da estrutura somente na direcção do ambiente a aquecer. Em fase de projecto, deve prever-se que a espessura mínima do massame acima das serpentinas seja de pelo menos 2,5cm e que seja inserida uma rede metálica de armadura dimensionada em função da espessura total e das cargas previstas. Além disso, os tubos que atravessam as juntas devem ser protegidos por uma conquinha deslizante. A betonilha deverá ser executada após o teste de estanquidade das tubagens. Geralmente é preferível que a espessura do massame acima das tubagens seja o mínimo indispensável (no entanto, não inferior a 2,5cm), com o fim de ter uma camada caracterizada por uma baixíssima inércia térmica, acelerando assim o aquecimento do ambiente. Para reduzir ao mínimo a espessura, é aconselhável utilizar, na confecção da betonilha, ligantes cimentícios ou especiais caracterizados por uma baixa retracção e elevadas resistências mecânicas. No caso das betonilhas tradicionais confeccionadas na obra, com areia e cimento, a fim de garantir um valor de condutividade térmica relativamente elevado e um total envolvimento das tubagens, é sempre necessária a adição de um aditivo superfluidificante. A utilização de tal aditivo permite, de facto, reduzir a relação água/cimento, obtendo-se assim uma massa com uma estrutura mais compacta que permite uma melhor difusão do calor.

### 3.5. Propriedades e Requisitos

De acordo com a EN 13813 de 2002, norma europeia relativa às propriedades e requisitos para as argamassas das betonilhas, impõem-se algumas propriedades que devem ser verificadas pelas betonilhas. Estas propriedades são:

- Acabamento – o grau de acabamento superficial, ou seja, o nível de rugosidade da superfície depende do tipo de uso ao qual o pavimento estará sujeito. Se o pretendido é uma superfície que ofereça uma boa aderência dos produtos autonivelantes ou dos adesivos então o ideal será uma betonilha cuja superfície se apresente rugosa e de poros abertos. Se, pelo contrário, o pretendido é a posterior aplicação de um revestimento final resiliente então o ideal será uma superfície perfeitamente lisa.
- Regularidade da Superfície – quer a betonilha tenha função de regularização ou desgaste, esta deve apresentar um grau de regularidade dentro dos limites especificados em projecto (secção 4.11.2).
- Compacto – A betonilha deverá apresentar-se compacta e homogénea à superfície e em toda a espessura. A presença de camadas ou zonas de consistência inferior, mais friáveis, é um sintoma de características mecânicas deficientes, que poderiam causar rupturas ou destacamentos do pavimento (secção 4.7).
- Cura e estabilidade – O período de cura/maturação é um dos requisitos mais importantes para uma betonilha. De facto, o assentamento dos ladrilhos em cerâmica e material pétreo deve efectuar-se sobre betonilhas curadas, que tenham já realizado a maior parte da retracção higrométrica, evitando, portanto, a formação de eventuais fissuras sucessivamente à aplicação de pavimentos capazes de provocar a ruptura e o destacamento do revestimento. O tempo de cura de uma betonilha “tradicional” em areia e cimento é de cerca 7-10 dias por cm de espessura. O tempo de espera, caso se utilizem argamassas cimentícias tradicionais, pode ser particularmente longo (mais de um mês). Esse período pode ser consideravelmente reduzido utilizando ligantes especiais ou argamassas pré-misturadas, de presa e secagem rápida (secção 4.10);

- **Humidade** - No que diz respeito à humidade residual presente na betonilha, esta não deve ultrapassar os valores previstos para a aplicação de pavimentos que sejam sensíveis à humidade e deve ser uniforme em toda a espessura e extensão da betonilha. Para betonilhas de base cimentícia, consideram-se como aceitáveis valores de humidade inferiores a 2% no caso em que se deva aplicar um pavimento em madeira, de 2,5-3% no caso em que se deva aplicar PVC, borracha ou linóleo. As betonilhas à base de anidrita devem ter um valor de humidade residual inferior a 0,5%, independentemente do tipo de revestimento (12).
- **Resistência Mecânica** - A resistência mecânica, tal como a espessura, deve ser adequada à finalidade de uso e ao tipo de pavimento a aplicar.

## 4. CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO

A concepção de betonilhas tem como objectivo principal a obtenção de um suporte que seja adequado para receber o tipo de revestimento previsto e posteriores solicitações ou então a obtenção de uma superfície que seja adequada para servir como revestimento final e como tal suportar as solicitações mecânicas e/ou químicas ao qual o piso estará sujeito. Deverá também garantir que o assentamento ocorra dentro dos prazos pré-estabelecidos e que a durabilidade da obra, quando sujeita às diversas condições de exercício, não seja comprometida. O dimensionamento e concepção de betonilhas, especialmente para pisos industriais, envolve também um esforço coordenado de vários intervenientes e fornecedores de materiais uma vez que é necessário escolher o tipo de produto a utilizar na betonilha, seja ele um ligante especial, argamassa pré-misturada, argamassa tradicional preparada em obra ou ainda se existe a necessidade de adicionar fibras de reforço (metálicas, minerais, etc.). É necessário definir o destino de uso do pavimento, as condições da obra (no interior ou exterior, espessura, etc.), o tipo de pavimento a aplicar e o tempo que decorrerá até o início da utilização ou aplicação do revestimento. Na fase de dimensionamento, o projectista deverá requerer uma reunião preliminar a ser realizada com a participação de todos os principais responsáveis directamente envolvidos tanto na utilização, no dimensionamento ou construção do pavimento. Nessa reunião deve-se confirmar e documentar as responsabilidades e interações antecipadas de cada participante envolvido na construção destas betonilhas de revestimento. Na Tabela 4 encontra-se elaborada uma lista de questões que devem ser abordadas e definidas, não sendo obrigatório cumprir a sua totalidade. Dada a falta de desenvolvimento das questões que serão abordadas, em parte e tal como já referido, devido ao desinteresse generalizado com que são tratadas as betonilhas, será intenção deste trabalho

contribuir para a resposta às mesmas, através de pesquisa de campo ou compilação da informação já existente. Encontra-se, então, na Tabela 4 as questões que deverão ser abordadas e definidas para uma boa concepção e dimensionamento betonilhas para pavimentos.

**Tabela 4 - Questões fundamentais a abordar e definir para uma boa concepção e dimensionamento de betonilhas.**

1	Responsabilidades e requisitos referentes à preparação do local a pavimentar?
2	Classificação Funcional do Revestimento/Pavimento segundo a sua utilização?
3	Propriedades, Classificações e Ensaios às Betonilhas?
4	Qual o melhor tipo de betonilha a aplicar?
5	Espessuras mínimas da camada da betonilha?
6	Melhor forma de armazenar e efectuar a mistura?
7	Compactação e nivelamento?
8	Tratamentos específicos para betonilhas de desgaste?
9	Que tipo de reforço utilizar quando requerido?
10	Quais os procedimentos de cura, início e duração de cura, período de tempo antes de utilizar o pavimento?
11	Inspeção e ensaios a realizar após aplicação da betonilha?
12	Quais as tolerâncias admitidas?
13	Tipo de Juntas e Dimensões dos painéis?

#### **4.1. Responsabilidades e competências**

Esta secção é de especial importância pois qualquer má decisão ou solução que se adopte na fase de definição de responsabilidades e competências, poderá por em risco toda a funcionalidade e durabilidade do pavimento. Através de entrevistas realizadas a empresas especializadas em pavimentos e pesquisa realizadas a cadernos de encargos de obras realizadas pela Camara Municipal de Esposende, verificou-se que esta questão de definição de responsabilidades e competências é quase inexistente no que se refere às betonilhas, sendo que, por norma, os “Cadernos de Encargos” e “Condições Técnicas Especiais” apenas referem que o pavimento será finalizado em betonilha, aderente ou não, e em alguns casos em betonilha reforçada, sem qualquer outro tipo de informação mais técnica.

Nos próximos parágrafos serão definidas, de uma forma geral, as responsabilidades e competências atribuídas às principais entidades envolvidas no projecto, construção e utilização das betonilhas. Poderá também servir de guia para a elaboração do “Caderno de Encargos e Condições Técnicas Especiais”, devendo-se ter em mente que será sempre necessário adaptar o texto a cada caso específico. Existem então três figuras consideradas mais relevantes neste processo, sendo elas: o “Dono da Obra”; o “Projectista”; e o “Empreiteiro”.

Ao dono da obra compete definir o tipo de solicitações para o qual o pavimento irá servir, e prever futuras alterações que possam vir a surgir no que diz respeito à utilização do espaço (13).

Ao projectista compete a definição da solução construtiva mais adequada ao uso final do pavimento e definido pelo dono de obra. Compete a elaboração das peças desenhadas, mapa de medições e elaboração do Caderno de Encargos. Compete, também, a fiscalização das diferentes fases de aplicação e inclusive na fase final (13).

Ao Empreiteiro compete a execução de todos os trabalhos do projecto relativos à execução e enchimentos em betonilha, incluindo o fornecimento e aplicação de todos os materiais com todos os trabalhos inerentes, conforme desenhos e Condições Técnicas Especiais (13).

## 4.2. Classificação Funcional do Revestimento de Pavimento

Neste ponto, tem-se como objectivo atribuir uma classificação funcional e pré-definir requisitos relativamente às acções mecânicas e químicas a que um determinado piso estará sujeito, de forma a permitir a selecção do tipo de betonilha mais adequado para cada pavimento e tipo de utilização a que estará sujeito. Ou seja, pretende-se classificar o uso dos pavimentos.

Algum trabalho já tem vindo a ser realizado no que diz respeito à classificação de pavimentos industriais e revestimento para pavimentos (cerâmicos). Porém nenhuma classificação foi definida para as betonilhas que servem como revestimento final ou enchimento. Neste conceito e tendo em conta a necessidade de garantir uma adequada aplicação de pavimentos e revestimentos de pisos em condições correctas e nos locais adequados para o seu uso final, o CSTB definiu dois tipos de classificações para os revestimentos de pavimentos (14):

- A classificação I/MC, que se aplica a locais de uso industrial;
- A classificação UPEC, que se aplica a locais de uso colectivo não industrial (habitações, ginásios, hospitais, lojas, etc.) e que está associada, essencialmente, a revestimentos cerâmicos.

### 4.2.1. Classificação I/MC

De forma a classificar os pavimentos industriais no que refere às solicitações mecânicas e químicas, a CSTB desenvolveu um método de classificação denominado I/MC que se subdivide da seguinte forma:

- a) Classificação I/M<sub>ipru</sub> – determinação dos níveis de solicitações mecânicas que estão definidos por quatro índices (Tabela 5):
- “i” para o choque ou impacto (queda de ferramentas ou outros objectos). Método de ensaio: esfera de aço (15 a 35 quedas consecutivas)
  - “p” para o punçoamento (pé de estantes). Método de ensaio: medição da penetração sob carga antes e depois de ataque químico

- “r” para o arrancamento (provocado por exemplo pelo arrastar dos garfos de uma empilhadora). É influenciado principalmente pela natureza do material que entra em contacto com pavimento, a pressão de contacto e a frequência do contacto. Método de ensaio: medição da tensão aplicada num prego de forma a provocar a remoção de material e sua perfuração.
- “u” para o desgaste por rolamento (circulação de veículos). Método de teste: roda de aço carregada sujeita aos efeitos da aceleração, travagem brusca e derrapagem.

**Tabela 5- I/MC: Níveis de agressividade mecânica**

		Nível 1		Nível 2		Nível 3		Nível 4		
<b>Choque</b>		i=1		i=2		i=3		i=4		
		raramente		ocasional		normal		importante		
<b>Punçoamento estático (CBR) - repartido - pontual</b>		p=1		p=2		p=3		p=4		
		≤8KN/m2		≤20KN/m2				≤120KN/m2		
		Baixo		moderado		normal		Importante		
<b>Arrancamento</b>		r=1		r=2		r=3		r=4		
		sem atrito		material macio				material metálico		
		raramente		ocasional		normal		Importante		
<b>Rolamento</b>	Natureza pneus	u=1		u=2		u=3		u=4		
		duros	pneumáticos	duros	pneumáticos	duros	pneumáticos	duros	pneumáticos	Metálicos
	Frequência	Média		elevada		elevada		elevada	a definir	
	Carga/roda	≤300Kg	≤1 ton	≤1 ton	≤2 ton	≤2 ton	≤4 ton	<2 ton	<4 ton	a definir

b) Classificação I/C<sub>abs</sub> – determinação dos níveis de solicitações Químicas

Para a determinação dos níveis de solicitações químicas, os principais parâmetros são, principalmente, a natureza do produto, a sua concentração, a frequência de contacto com o solo e o tempo de contacto.

Os níveis de solicitações químicas estão definidos por três índices (Tabela 6):

- “a” para os ácidos (a1 para concentrações com 10% de ácido acético; a2 – 20% de ácido sulfúrico)
- “b” para as bases (b1-20% de soda cáustica; b2- produtos desinfetantes)
- “s” para os solventes (s1- metanol; s2-Tricloroetileno; s3- gasolinas; s4- óleo de motor; s5- liquido dos travões)

**Tabela 6- I/C: Níveis de Agressão Química**

	Nível 1	Nível 2		Nível 3
	a, b ou s=1	a, b ou s=2		a, b ou s=2
Frequência de contacto	Acidental	Ocasional	Frequente	Frequente
Concentração	Baixa	Baixa	Forte	Forte
Duração do contacto	Baixo	Prolongado	Baixo	-

#### 4.2.2. Classificação UPEC

A classificação UPEC para pisos foi desenvolvida pelo CSTB (14) em Paris e, define o campo de aplicação de novos revestimentos de piso atribuindo ao pavimento e/ou revestimento (não industriais) uma classificação que é função das suas características de durabilidade e do uso. De igual modo os locais são classificados segundo a severidade das condições de uso. A selecção do pavimento ou revestimento para determinado tipo de utilização é feita comparativamente entre a sua classificação UPEC e o local onde se vai instalar o pavimento.

A classificação UPEC caracteriza o local de aplicação ou o revestimento pela associação de quatro letras afectadas de índices que traduzem, no caso dos locais, as diferentes severidades de uso e, no caso dos revestimentos, as diferentes classes de resistência aos agentes de deterioração. A classificação é feita da seguinte forma :

- U: desgaste (num sentido mais geral do que o provocado pela circulação dos utentes);
- P: punçoamento;
- E: comportamento sob a acção da água ou sob a acção da humidade;

- C: actuação dos agentes químicos.

Uma vez que este trabalho é sobre betonilhas de revestimento para pavimentos, iremos considerar betonilhas de enchimento, para camadas regularização e para camadas de revestimento final (desgaste) o que implica que estará exposta às quatro classes apresentadas pelo UPEC.

### a) Classes de desgaste (U)

A classe de uso (letra "U") reflecte os efeitos do uso do local (principalmente devido ao tráfego pedestre), e está associada, essencialmente, ao desgaste devido ao tráfego pedestre e por abrasão. A esta classe é atribuída um dos índices: 2, 3 ou 4. O índice 1 não é usado pois corresponde a um uso muito moderado (por exemplo, quarto de hóspedes) que não pode ter sido em consideração na prática do edifício.

### b) Classes de punçoamento (P)

A classe de punçoamento (Tabela 7Tabela 8) reflecte, principalmente, as acções mecânicas de mobiliários, manipulação de viaturas de manutenção e queda de objectos (impacto). A esta classe são atribuídos os seguintes índices:

- P1: locais onde não existe permanência de pessoas nem instalação de mobiliário;
- P2: circulação de pessoas e onde se prevê a instalação corrente e sem precauções especiais de mobiliários fixos, a qual não deve transmitir ao revestimento pressões superiores a 2MPa; só se prevê a utilização nestes locais de mobiliário móvel leve equivalente ao utilizado nas habitações;
- P3: locais sujeitos a acções comparáveis às que se verificam nos escritórios equipados com cadeiras de rodas, nos corredores dos hospitais ou nas circulações onde se desloquem porta-paletes normais;
- P4 e P4s: locais sujeitos, sem restrições, a todo o tipo de cargas fixas ou móveis tal como manipulação de equipamentos de cargas pesadas ou manutenção de equipamentos pesados ou ainda submetidos a choques severos. Não são incluídos os locais industriais.

Tabela 7- Acções características das cargas estáticas (CSTB)

Carga concentrada máxima por apoio (Kgf)	P2	P3	P4	P4s
		100	200	500
Constrangimento máximo induzido sobre o revestimento (Kgf/cm <sup>2</sup> )	20	30	40	50

Tabela 8- Acções características das cargas dinâmicas para as classes P4 (CSTB)

	Classificação	P4		P4s	
Tráfego do Local	Freq. e Natureza	Freq. corrente:Lojas		Freq. corrente: restauração; hipermercado	
Características dos rodados	Natureza da Ligação do rodado	Poliuretano ou de duração equivalente	Borracha cheia ou pneumático	Poliuretano ou de duração equivalente	Borracha cheia ou pneumático
	Carga total por rodado (1)	≤600 Kg	≤1000 Kg	≤1000 Kg	≤2000 Kg
	Pressão de contacto	≤40 Kgf/cm <sup>2</sup>		≤60 Kgf/cm <sup>2</sup>	
	Força total em carga	≤1800 Kg	≤3000 Kg	≤30000 Kg	≤6000 Kg
	velocidade	≤5Km/h (2)	≤10Km/h (2)	≤10Km/h (2)	
Exemplos de Materiais	Movimentação	Carro deslocado à mão; empilhador manual; empilhador eléctrico e condutor até 1300Kg	Carro Tractor (3)	Tractor de capacidade nominal 1600Kg	Tractor de capacidade nominal 2000Kg
	Conservação		Auto lavagem motora com condutor		Auto lavagem sem condutor

(1)os rodados geminados contam como um só desde que a distância seja inferior a 20cm. Os rodados metálicos são excluídos; (2)rodados metálicos capazes de provocar alterações ligeiras nos revestimentos como o caso dos antiderrapantes; (3)Caso dos porta-bagagens das garagens, comboios e aeroportos.

De um modo geral, os pisos interiores das habitações são da classe P2 (excepto compartimentos para armazenamento de lixo que são da classe P3). Os pisos exteriores das habitações e os escritórios são da classe P3. As classes P4 correspondem aos hipermercados, cozinhas, laboratórios e alguns compartimentos escolares.

c) Classes de comportamento sob a acção da água ou humidade (E)

A letra "E" caracteriza a frequência da presença de água no chão, especialmente em relação ao modo de manutenção.

- E1: presença ocasional de água; limpeza de rotina (vassoura, mopa, detergentes).
- E2: presença frequente de água, mas não de forma sistemática (cozinhas e Wc's); limpeza de manutenção por lavagem.
- E3: presença prolongada de água; limpeza de rotina por lavagem.

d) Classes actuação dos agentes químicos

A letra "C" caracteriza o uso de substâncias cuja acção física e química pode afectar a durabilidade do pavimento, provocando por exemplo, manchas. De C0 para C2, a classificação das instalações refere-se principalmente ao uso de produtos atuais (alimentos, produtos farmacêuticos, detergentes, etc.).

- C0: local onde estes produtos estão normalmente ausentes (hall, por exemplo), porém o risco de mancha existe, ele não é nulo;
- C1: local onde o contacto destes produtos com o solo é acidental (restaurantes, por exemplo);
- C2: local onde estes produtos são usualmente utilizados (cozinha, por exemplo).
- C3: instalações em que determinados produtos químicos são normalmente utilizados, o que requer um estudo específico.

### 4.3. Propriedades, classificações e ensaios às Betonilhas

A Norma Europeia EN 13813:2002 define para as betonilhas frescas a sua consistência e valor de PH (5) e para as betonilhas endurecidas, a resistência à compressão, resistência à flexão, resistência ao desgaste, dureza superficial, resistência à penetração, resistência ao rolamento, contracção e expansão, módulo de elasticidade, resistência de coesão, resistência ao impacto, reacção ao fogo, desempenho acústico, resistência térmica e resistência química.

A tabela 9 resume para cada os tipos de ligantes mais usados na produção de betonilhas, as propriedades que deverão ser verificadas.

**Tabela 9 - Tabela de ensaios a realizar consoante o tipo de ligante usado na betonilha (EN 13813)**

Ligante	Compressão	Flexão	Abrasão “Bohme”	Abrasão “BCA”	Abrasão “RW”	Dureza Superf.
<b>Cimento</b>	N	N	N (um dos três)			O
<b>Sulfato de Cálcio</b>	N	N	O	O	O	O
<b>Magnésite</b>	N	N	O	O	O	N <sup>a</sup>
	Legenda: N – Normativo   O – Opcional   X – não relevante   <sup>a</sup> – Sup. húmidas					

#### 4.3.1. Classificação e Ensaio à Flexão

A resistência à Flexão para betonilhas à base de cimento, sulfato de cálcio e magnesite deve ser determinada em laboratório de acordo com a EN 13892-2 (15) ou NP EN 196-1 (16). A sua classificação deve ser designada pela letra “F” (de flexão) seguida pela classe de resistência em N/mm<sup>2</sup>, de acordo com a tabela:

**Tabela 10: Classes de Resistência à Flexão para ligantes de betonilhas (EN 13892-2)**

Classe	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F10	F15	F20	F30	F40	F50
Flexão N/mm <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	10	15	20	30	40	50

Ao nível instrumental o ensaio é constituído por dois suportes cilíndricos em aço com comprimentos que podem variar entre 44mm e 50mm e 10±0.5mm de diâmetro, espaçados entre si na ordem dos 100±0.5mm, e um terceiro cilindro de carga com os mesmos parâmetros dos anteriores localizado centralmente entre os dois cilindros de suporte (Fig. 6). Os três planos verticais que passam pelos eixos devem ser paralelos e permanecer paralelos e equidistantes mesmo durante o ensaio. Um dos cilindros de suporte e o cilindro de carga devem ser capazes de efectuar pequenas rotações de forma a permitir uma distribuição mais uniforme da carga sobre a largura do prisma sem que o mesmo fique sujeito a esforços de torção.



**Fig. 6 - Ensaio à Flexão. Imagem captada nos laboratórios do CSTB (Centro Científico e Técnico de Pavimentos) em França respeitando as normas EN13892-1-2.**

No que diz respeito ao procedimento de ensaio, devem ser analisadas três amostras de (40mm x 40mm x 160mm) preparadas tal como está especificado na EN 13892-1 (17). Cada amostra deve ser testada aos 28 dias após a sua moldagem e logo que retiradas da estufa. As faces de

cada amostra devem ser limpas de forma a remover qualquer material solto. A amostra deve ser pesada, o seu volume e densidade devem ser calculados. Os rolamentos dos cilindros devem ser limpos e a amostra deve ser colocada centralmente aos cilindros de suporte. A carga deve então ser aplicada de forma suave, contínua e com uma taxa de aumento na ordem dos  $50 \pm 10 \text{ N/s}$  até à ruptura. Deve-se então registar a carga máxima aplicada  $F_f$  em Newton. As duas metades resultantes da amostra ensaiada devem ser novamente guardadas de forma a serem utilizadas no ensaio à compressão.

A resistência à flexão,  $R_f$  ( $\text{N/mm}^2$ ) deve ser calculada segundo a expressão:

$$R_f = \frac{1,5F_f l}{bd^2} \text{ N/mm}^2 \quad (1)$$

Onde  $l$  é a distância entre os eixos dos cilindros de suporte inferiores,  $b$  é a largura da amostra e  $d$  é a sua altura. O valor da resistência à flexão deve ser registado com um arredondamento na ordem dos  $0,05 \text{ N/mm}^2$  para cada amostra individual e na ordem dos  $0,01 \text{ N/mm}^2$  no caso da média das três amostras.

#### 4.3.2. Classificação e Ensaio à Compressão

A resistência à compressão para betonilhas à base de cimento, sulfato de cálcio e magnesite é determinada de acordo com a EN 13892-2 (15) ou a NP EN 196-1. A sua classificação deve ser designada pela letra “C” (de compressão) seguida pela classe de resistência em  $\text{N/mm}^2$ , de acordo com a tabela 11:

**Tabela 11 – Classes Resistência à compressão de ligantes para betonilhas (EN 13892-2)**

Classe	C5	C7	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C50	C60	C70	C80
Compressão $\text{N/mm}^2$	5	7	12	16	20	25	30	35	40	50	60	70	80

Ao nível instrumental o ensaio é constituído por um prato superior que deve ser capaz de alinhar livremente à medida que o contacto vai sendo feito com a amostra. No entanto, tanto a

placa superior como a inferior devem estar impedidas de inclinação, uma em relação à outra, durante o carregamento. As duas placas devem ser de tungsténio ou aço com uma dureza superficial de pelo menos 600HV (Vickers, ver EN ISO 6507-1) e as suas dimensões devem ter 40,0mm de comprimento,  $40\pm 0,1$ mm de largura e 10mm de espessura (Fig. 7). A tolerância para a planeza das faces de contacto dos pratos deve ser na ordem dos 0,01mm.



**Fig. 7 - Ensaio à compressão a betonilhas. Imagem captada nos laboratórios do CSTB (Centro Científico e Técnico de Pavimentos) em França respeitando as normas EN13892-1-2 para betonilhas.**

No que diz respeito ao procedimento de ensaio, as seis partes resultantes do ensaio à flexão devem testadas no mesmo dia. Qualquer partícula ou outro tipo de material deve ser removido das faces das amostras. A superfície de apoio da máquina de ensaio e as placas de suporte devem ser bem limpas e a amostra deve ser colocada na máquina de tal forma que a carga seja aplicada nas faces laterais e não na face de ruptura da amostra. A amostra deve também ser disposta de tal forma que a face de ruptura fique 16mm saliente para além do bordo mais próximo das placas de apoio. Devem-se descartar todas as amostras que não garantam um cubo solido de material entre as placas de apoio superior e inferior. Deve-se também garantir que a carga seja aplicada em toda a face da amostra em contacto com os pratos. A carga deve ser aplicada suavemente e aumentada progressivamente a uma taxa de  $2400\pm 200$  N/s até à ruptura. Deve-se anotar a máxima carga  $F_f$  (N) aplicada durante o teste.

A resistência à compressão deve ser calculada como a carga máxima suportada pela amostra dividida pela área da secção transversal da amostra em contacto com a placa de apoio.

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad (2)$$

Onde  $A=40\text{mm} \times 40\text{mm}$  e o resultado de ser apresentado com arredondamento na ordem dos  $0,05\text{N/mm}^2$  para um ensaio individual e na ordem dos  $0,1\text{N/mm}^2$  para a média de seis amostras.

### 4.3.3. Classificação e Ensaio à Resistência ao Desgaste

A resistência ao desgaste é a capacidade de uma superfície resistir às acções de abrasão causadas por forças de rolamento, deslizamento, corte e/ou impacto. Este desgaste pode levar ao destacamento de partículas ou fragmentos da superfície de desgaste do pavimento. É no entanto complexo compreender o mecanismo da abrasão pois pode englobar diferentes combinações de acções e ocorrer no mais variado tipo de ambientes. Como exemplo, pode-se considerar as rodas de um camião, o pisoteio ou impacto de objectos.

A resistência ao desgaste para betonilhas à base de cimento e resinas sintéticas a serem usadas como revestimento final de pavimento devem ser determinadas de acordo com a norma EN 13892-3 (Böhme) (18) ou com a EN 13892-4 (BCA) (19) ou ainda com a EN 13892-5 (Rolling Wheel) (20). Tratando-se de ensaiar a resistência à abrasão para betonilhas cimentícias, deve-se utilizar no mínimo um dos três ensaios disponíveis, enquanto que para as betonilhas à base de resinas sintéticas deve-se escolher entre o ensaio BCA ou o “Rolling Wheel”.

A resistência ao desgaste pelo ensaio de “Böhme” deve ser designada pela letra “A” (de abrasão) seguida pela quantidade de abrasão em  $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ , de acordo com a tabela 12:

**Tabela 12 – Classes Resistência ao desgaste (Bohme) para betonilhas**

Classe	A22	A15	A12	A9	A6	A3	A1.5
Abrasão $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$	22	15	12	9	6	3	1.5

A resistência ao desgaste pelo BCA deve ser designada pelas letras “AR” (Abrasion Resistance) seguida pela máxima profundidade de desgaste em  $100\mu\text{m}$ , de acordo com a tabela 13:

**Tabela 13 – Classes de Resistência ao desgaste (BCA) para betonilhas**

Classe	AR6	AR4	AR2	AR1	AR0.5
Profundidade máxima desgaste ( $\mu\text{m}$ )	600	400	200	100	50

A resistência ao desgaste pela “*Rolling Wheel*” deve ser designada pelas letras “RWA” (*Rolling Wheel Abrasion*) seguida pela quantidade de abrasão em  $\text{cm}^3$ , de acordo com a tabela 14:

**Tabela 14 – Classes Resistência ao desgaste (*Rolling Wheel*) para betonilhas**

Classe	RWA300	RWA100	RWA20	RWA10	RWA1
Qtd. Abrasão ( $\text{cm}^3$ )	300	100	20	10	1

#### 4.4. Seleção da betonilha

Dados os diferentes tipos de betonilhas, as diferentes soluções construtivas existentes e a enorme variedade de oferta no mercado, pode tornar-se uma tarefa difícil chegar rapidamente a uma decisão sobre a escolha da melhor solução a adoptar. É, desta forma, importante compreender a adequabilidade de cada tipo de betonilha a cada tipo de uso de pavimento. No decorrer da pesquisa em campo e após vários contactos com empresas Portuguesas da especialidade, ficou claro que, por norma, as betonilhas tradicionais são usadas apenas para enchimento e nivelamento de pavimentos, e com menor frequência como revestimento final, mas apenas em pavimentos pouco solicitados, sujeitos apenas ao pisoteio ou então garagens

de edifícios de habitação. Quando se trata de pavimentos industriais, que por norma estão mais sujeitos a fortes solicitações mecânicas e químicas, foi prontamente respondido pelas diferentes empresas que preferencialmente aplicam um betão leve reforçado com fibras pois tem um custo mais baixo e apresenta um bom comportamento mecânico. No que diz respeito a betonilhas modificadas ou autonivelantes, foi também do consenso geral não ser a melhor solução para pavimentos industriais pois apresentam menor resistência e custos mais elevados de aplicação. Estas duas últimas opções são geralmente usadas como recurso para a reparação de pavimentos já existentes ou em situações ocasionais tais como em pavimentos para grandes superfícies comerciais (eg. Centros Comerciais) e outras situações onde o custo da obra em si não é importante mas sim o resultado final em termos estéticos do pavimento.

Relativamente às soluções construtivas a adoptar, por norma, foi respondido durante as entrevistas realizadas que, para pisos industriais, a primeira opção seria um betão leve reforçado e como segunda opção usariam então uma betonilha aderente ou não aderente. Relativamente a pavimentos comerciais ou residenciais aqui a escolha já foi mais abrangente. Para as superfícies comerciais o aconselhado foi betonilhas não aderentes ou auto-nivelantes e para zonas residenciais utilizariam as não aderentes, flutuantes ou radiantes, mediante os requisitos mecânicos, térmicos e acústicos.

Quando se trata de seleccionar a betonilha no que respeita à sua composição não seria prudente definir especificamente uma determinada composição e tipo de mistura para cada situação específica, pois cada caso deve ser estudado individualmente. No entanto, ficam aqui algumas linhas gerais:

a) Betonilhas tradicionais

A mistura tradicional de cimento e areia num rácio de 1:3-5 é geralmente utilizada para a aplicação de uma camada que irá servir para receber (camada de enchimento e/ou regularização) o revestimento final do pavimento, tal como, madeira, tijoleiras, vinil, etc. Geralmente as betonilhas tradicionais adequam-se bem ao uso em Hospitais, Escolas, Lojas e Habitações.

### b) Betonilhas Modificadas

Geralmente aplicadas quando a obra está sujeita a prazos apertados e não existe tempo para esperar pelo processo normal de cura que pode chegar a ser de 1mm por dia. Com este tipo de betonilhas é possível obter um pavimento seco ao fim de 2-3 dias após a sua aplicação. São também usadas quando se pretende conferir à betonilha qualidades mais específicas, tal como, maior dureza superficial, melhores propriedades hidrófugas, colorações, etc.

### c) Betonilhas Pré-misturadas

Aconselhável para intervenções onde seja difícil armazenar as matérias primas, por exemplo em centros históricos. Para o assentamento de pavimentos sensíveis à humidade (madeira, PVC, linóleo, etc.) em que o tempo de secagem e cura são independentes da qualidade dos agregados, da dosagem e da qualidade da mão-de-obra. Podem ainda ser utilizados na execução de pavimentos radiantes

### d) Betonilhas Autonivelantes

Este tipo de betonilhas são vantajosas devido à sua facilidade e rapidez de aplicação com a obtenção de resultados fiáveis, porém, não são adequadas para pavimentos que estejam sujeitos a fortes solicitações mecânicas. É necessário, também, tomar em atenção o seu preço final de aplicação pois não é a solução mais económica. No que diz respeito a reparações de pavimentos este tipo de solução apresenta-se já favorável dependendo sempre, é claro, das condições em que será aplicado.

## 4.5.Espessura da camada da betonilha

Consoante o tipo de betonilha a aplicar pode-se definir para cada caso uma espessura mínima a aplicar de forma a garantir um bom desempenho da betonilha. Desta forma, na Tabela 15, apresenta-se um resumo indicativo das espessuras aconselháveis para cada tipo de aplicação de betonilhas.

**Tabela 15 - Espessuras mínimas aconselháveis para os diferentes tipos de aplicação de betonilhas.**

Tipo de aplicação	Espessura aconselhável (e)
aderente	$e < 40\text{mm}$
Não aderente	$50 < e < 80\text{mm}$
Flutuante	Consultar Tabela 3
Radiante	$e > 25\text{cm}$
Autonivelante	$e > 25\text{mm}$

#### 4.6. Armazenamento e Mistura

No que diz respeito ao armazenamento, os materiais que irão ser utilizados na produção da betonilha, nomeadamente o cimento e os agregados, devem ser sempre agrupados segundo a sua massa e, em circunstâncias que não seja possível fazê-lo, devem ser agrupados segundo o volume equivalente. Recipientes adequados devem ser usados para o armazenamento de areias húmidas e o cimento deve ser armazenado dentro dos sacos originais e por abrir (21).

Quanto à mistura, a betonilha considerada correcta, é aquela cuja mistura final se apresenta homogénea e na proporção certa em conformidade com as especificações. Sempre que haja a possibilidade de se escolher entre misturas pré-doseadas ou misturas efectuadas no local da obra, é importante considerar a viabilidade de cada opção dependendo da localização e do espaço disponível no local da obra.

A mistura efectuada no local é uma forma bastante eficiente e económica sendo adequada para a maioria dos projectos que não apresentem grandes requisitos. Os três métodos geralmente usados para a realização de misturas no local de obra, são:

- a) Mistura manual: por norma as misturas realizadas manualmente são apenas adequadas para áreas pequenas e não são recomendadas para projectos de maiores dimensões dado ser uma tarefa árdua e as quantidades estimadas e erros humanos cometidos durante o processo de fabrico poderem afectar a qualidade da betonilha.
- b) Mistura Mecânica: o recurso a acção mecânica é o método mais eficiente e económico para obter betonilhas de alta qualidade no local da obra. Permite obter uma mistura mais homogénea e é ideal quando se pretende adicionar aditivos às betonilhas.
- c) Misturas Prontas: por norma são uma boa opção para obras onde existe dificuldade no armazenamento de materiais em estaleiro, porém, muitas vezes o seu transporte e aplicação podem levar a uma quantidade considerável de desperdícios que implicam perdas económicas. Geralmente são betonilhas fabricadas em estaleiros especializados e que garantem uma excelente qualidade da mistura e rigoroso cumprimento das especificações, embora com custos mais elevados.

### 4.7. Compactação e Nivelamento

A betonilha deve ser totalmente compactada através de métodos adequados, de tal forma que um excesso de leitada não apareça à superfície. Quanto ao nivelamento da superfície final do piso, as tolerâncias especificadas na secção 4.12 devem ser obtidas recorrendo à utilização de formas rigidamente fixas (Fig. 8), régua de betão permanentemente embutidas ou régua de nivelamento temporárias (Fig. 8). As formas e régua devem ser fixas de forma a que não se desloquem durante a compactação.



**Fig. 8 - Uso de formas fixas para aplicação (esq.) e régua temporárias (dir.) para nivelamento e compactação de betonilhas de desgaste.**

Para grandes áreas, o uso de laser de nivelamento pode evitar a utilização de réguas temporárias. Para locais onde são exigidas tolerâncias apertadas, as formas devem ter uma superfície de topo com arestas em metal e devem estar ajustadas a um nível que permita cumprir as especificações referentes à regularidade da superfície de desgaste (ver secção 6.1 da BS 8204-2).

A classe da regularidade da superfície requerida para um pavimento depende do uso para o qual este irá servir. O método usado para alcançar o nivelamento desejado encontra-se descrito na secção 4.11.2 e é geralmente usado e considerado satisfatório para grande parte das utilizações dos pavimentos. Existem, no entanto, outros métodos considerados mais adequados que devem ser aplicados quando o pavimento for usado para aplicações específicas, como por exemplo grandes armazéns ou zonas industriais, onde é requerido maior rigor e nível de precisão no que diz respeito à regularidade da superfície. Chama-se, no entanto, à atenção de que no momento da elaboração do projecto de um pavimento, deve-se ter em conta que quanto maior for o grau de exigência para a regularidade da superfície, maior será o custo da obra. Desta forma o projectista deve ter o cuidado de escolher o nível de regularidade mais adequado ao piso e sua finalidade.

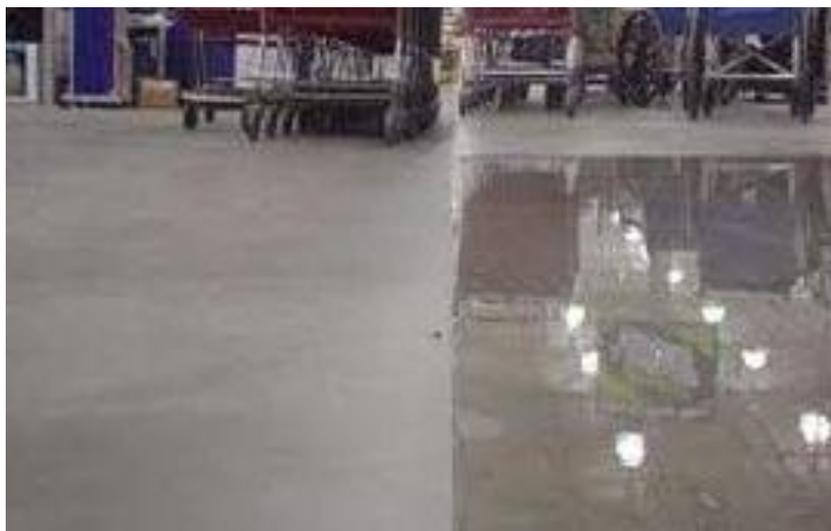
A adequabilidade de um piso em serviço em termos de regularidade da superfície é ditada pelo raio de curvatura e alterações na altura ao longo de curtas distâncias. O método descrito na secção 4.11.2 não tem em conta as ondulações de um pavimento ao longo de um comprimento específico, devendo ser então usado para pavimentos realizados por métodos convencionais que, inevitavelmente produzem uma ligeira ondulação na superfície. Sempre que este método é usado, é aconselhável que antes do pavimento ser aplicado, ambas as partes envolvidas no contracto, dono da obra e construtor, cheguem a um acordo quanto à frequência com que se realiza o ensaio ao longo de um determinado comprimento, e os procedimentos a adoptar se as especificações não forem cumpridas.

## 4.8. Tratamentos para Betonilhas de desgaste

A aplicação de tratamento às superfícies de desgaste compostas por betonilhas pode mostrar-se bastante útil, por exemplo, para melhorar a resistência à abrasão, para reduzir o pó em áreas sensíveis ou para proteger o pavimento de qualquer tipo de derrame que seja contaminante. No entanto, alguns tratamentos de superfície podem afectar a resistência ao escorregamento.

### 4.8.1. Selantes de superfície

Materiais com propriedades baseadas em uma ou mais resinas orgânicas, podem ser aplicados na superfície do pavimento de forma a reduzir a penetração de líquidos, melhorar a resistência à abrasão, ao deslizamento, dar cor à superfície, ou reduzir o risco de formação de poeiras. Alguns selantes penetram na superfície, enquanto outros formam uma capa protectora sobre a superfície (Fig. 9). Alguns podem ser aplicados imediatamente após a aplicação da betonilha de forma a ajudar no processo de cura e melhorar a resistência à abrasão.



**Fig. 9 - Piso onde foi aplicado um selante na superfície mais à direita.**

### 4.8.2. Endurecedores de superfície

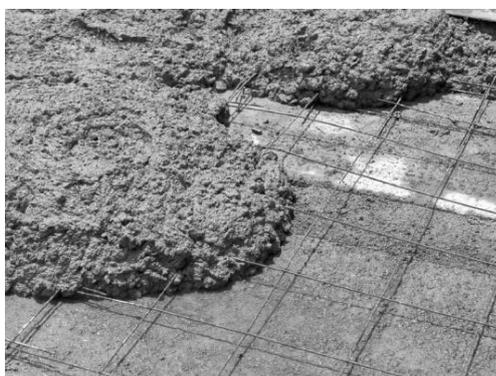
As soluções de endurecimento superficial (Fig. 10), podem ser aplicados segundo a norma “BS:8204-2” (21). Por norma, incluem soluções de silicato de sódio, magnésio ou silício-fluoreto, geralmente constituídos principalmente por um ou outro desses compostos. Este tipo de soluções endurecedoras deve ser utilizado de acordo com as instruções do fabricante.



**Fig. 10 - Aplicação de endurecedor de superfície**

#### **4.9.Reforço de Betonilhas**

Por vezes existe a necessidade de usar reforços nas betonilhas, tanto para fins estruturais como para minimizar o aparecimento de fendilhação. É então, necessário, na fase de dimensionamento, prever e especificar em projecto este tipo de reforços/armadura que podem compreender a aplicação de fibras metálicas, poliméricas ou mesmo vegetais ou então ser compostas por malha electrossoldada (Fig. 11).



**Fig. 11 - Aplicação de betonilha reforçada com malha electrossoldada**

No que diz respeito à malha, está aconselhado pela norma Britânica *BS 4483:1998* (22), e cujas especificações foram retiradas e apresentadas na Tabela 16, o uso de malha do tipo D49 ou A98 (22). É, no entanto, possível que exista a necessidade, por parte do projectista, de utilizar malhas que ofereçam maior reforço.

**Tabela 16 - Especificações de malhas electrossoldadas usadas no reforço de betonilhas. (22)**

Ref. Fabrico	Varões Longitudinais			Varões Transversais		
	$\phi$ (mm)	Espaçamento (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	$\phi$ (mm)	Espaçamento (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )
A98	5	200	98	5	200	98
D49	2.5	100	49	2.5	100	49

No que diz respeito ao reforço das betonilhas com recurso à incorporação de fibras na mistura, estas são por norma metálicas ou poliméricas, e a sua presença pode ajudar a obter uma betonilha mais coesa e ajudar a controlar a fendilhação devido a possíveis esforços a que o pavimento possa estar sujeito. Esta incorporação de fibras é ideal para betonilhas a aplicar em hospitais, escritórios, grandes superfícies de comércio ou qualquer outro pavimento cuja presença de acentuada fendilhação possa colocar em causa a utilidade do piso e como tal representar perdas económicas e/ou funcionais. A incorporação de fibras nas betonilhas tem vantagens pois permite reduzir a retracção e o aparecimento precoce de fendas e, ao mesmo tempo, melhora a resistência à flexão, à abrasão e ao impacto.

#### 4.10. Processo de cura e tempo de secagem

Depois de realizado o assentamento da betonilha devem ser cumpridas as seguintes exigências (10):

- 1) Cura e tempo de secagem: o período de cura é um dos requisitos mais importantes para uma betonilha, visto que, se a betonilha apresentar um bom tempo de cura, evita-se assim o aparecimento de fissuras. O tempo de cura de uma betonilha tradicional é de cerca 7-10 dias por cm de espessura enquanto que o de uma betonilha

modificada, de secagem ou presa rápida, pode levar apenas 1 a 2 dias respectivamente. A humidade residual deve estar consoante os valores previstos e deve ser uniforme em toda a espessura da betonilha. Deve-se ter algum cuidado de forma a garantir que o processo de cura comece logo de imediato. À medida que a betonilha seca, começa a encolher ligeiramente. Existe então o risco de aparecer fissuração, que pode ser diminuído simplesmente assegurando que o processo de cura seja realizado lentamente.

- 2) Teor em água: no caso de uma betonilha tradicional considera-se como aceitável o teor em água de equilíbrio cerca de 2,5%. Para o caso de assentamento de revestimento de madeira o seu teor em água é de 2,5%, e de 2,5% a 3% no caso de se querer aplicar PVC, borracha ou linóleo. No caso das madeiras a humidade relativa do ar deverá situar-se entre o 50% e 65%.

Só após verificados os requisitos anteriores é que se pode aplicar os revestimentos finais ou sujeitar o pavimento à sua utilização normal, para o qual foi prescrito.

### **4.11. Inspeção e Ensaios após aplicação**

#### **4.11.1. Inspeção**

O processo de inspeção às betonilhas de desgaste deve ser realizado durante a instalação do piso e após a sua conclusão, sendo aconselhável prestar especial atenção aos seguintes pontos;

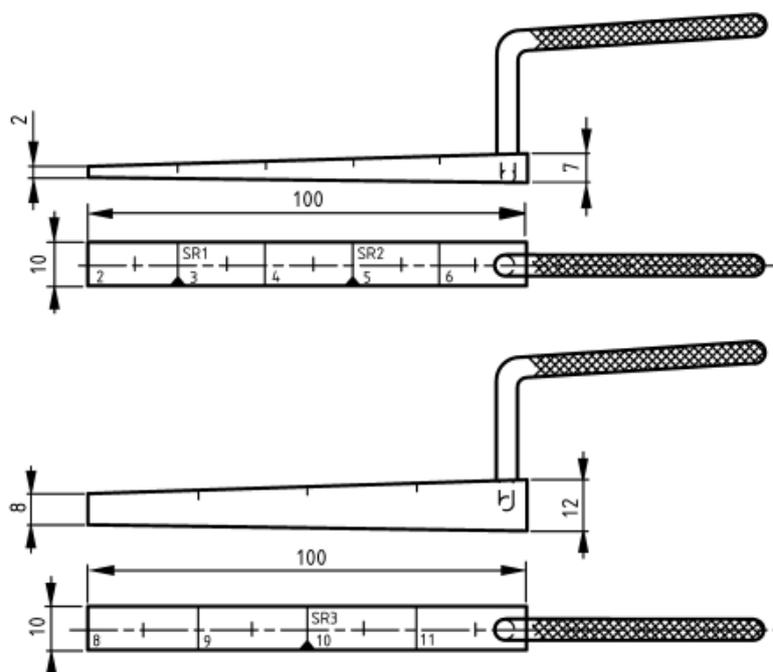
- Materiais (secção 3.3)
- Preparação da base de assentamento (secção 3.4)
- Armazenamento e mistura (secção 4.6);
- Compactação e Nivelamento (secção 4.7)
- Tratamentos para superfície (secção 4.8);
- Processo de cura (secção 4.10).

#### 4.11.2. Ensaio à superfície de desgaste

Segundo a norma “BS-8204-2” após a conclusão do pavimento, existe uma bateria de ensaios que podem e devem ser realizados de forma a garantir a qualidade e bom desempenho da betonilha quando usada como revestimento final, ou seja, como camada de desgaste. Os ensaios a realizar são:

##### a) Nivelamento e regularidade da superfície

O nivelamento e regularidade de uma superfície podem ser medidos com recurso ao ensaio descrito no “anexo A” da norma BS 8204-2:2002. Neste ensaio, a verificação da regularidade e nivelamento é efectuada com uma régua de pelo menos 2 metros de comprimento, apoiando-a sobre a betonilha em todas as direcções; a tolerância admitida com esta régua é de 2 mm, no entanto, é necessário ter presente que essa varia em função do comprimento da régua utilizada. Os desvios da superfície relativamente à base da régua são medidos com recurso a uma espátula calibrada, tal como o que se encontra representado na Fig. 12, ou então qualquer outro dispositivo que seja apropriado e preciso.



**Fig. 12 – Espátula para verificação da regularidade de uma superfície (BS 8204-2)**

Sempre que um pavimento é testado por este método, o nível de referência deve estar dentro dos limites especificados pelo projectista e a regularidade da superfície deve estar dentro dos limites dados pela Tabela 17. O ensaio à regularidade e nivelamento de uma superfície deve ser realizado 24 horas após a primeira banda ou área da camada de desgaste ser aplicada e nunca deve ser deixada apenas para o fim quando todo o pavimento já estiver completo.

**Tabela 17 - Classificação da Regularidade de Superfícies para camadas de desgaste e máxima diferença desde o nível de referência**

Classe	Máximo desvio permitido usando uma régua/espátula de 2m pousada em contacto com o pavimento	Aplicações
Especial	n.a.	Regularidade Elevada
SR1	3mm	Regularidade Standard-Elevada: superfícies comerciais ou industriais
SR2	5mm	Regularidade Standard-média: superfícies comerciais ou industriais
SR3	10mm	Regularidade Standard: outros pisos com menores requisitos

b) Adesão à base para o caso de betonilhas de desgaste aderentes

Este ensaio é bastante simples e implica apenas dar pequenas batidas na superfície do pavimento, com recurso a um martelo. Se o som for uma batida oca então indica a presença de uma falha de adesão (7). A verificação da adesão das betonilhas aderentes deve ser realizada o mais tarde possível, de forma a que tenha já ocorrido a máxima retracção do pavimento e ao mesmo tempo, ao calendarizar a obra, deve-se sempre ter em conta que poderá ser necessário substituir partes do pavimento que não tenham aderido correctamente à base.

Por norma, as zonas mais propícias a apresentarem problemas de aderência encontram-se nos extremos e cantos do pavimento e nas extremidades de possíveis fendas que se tenham desenvolvido na betonilha. É importante salientar que mesmo com a melhor preparação da base e os mais experientes aplicadores de betonilhas, não é garantida a inexistência de zonas não aderidas, porém, seguramente, as mesmas serão reduzidas ao mínimo. A existência de zonas não aderidas não implica que a betonilha de desgaste não seja satisfatória, no entanto, se esta apresentar zonas visivelmente levantadas nas extremidades do pavimento ou em fissuras isso poderá implicar que no processo de aplicação de cargas devido ao uso do pavimento possa haver deflexão da camada de betonilha e surgirem fendas. Nestes casos, a betonilha é considerada insatisfatória.

As zonas da betonilha de desgaste consideradas insatisfatórias devem ser tratadas usando um dos seguintes métodos:

- Encher ou injectar nas áreas ocas uma resina sintética bastante fluida de forma a estabilizar e melhorar a aderência entre a betonilha e a base;
- Isolar a zona afectada através de cortes verticais nas zonas adjacentes, tendo o cuidado de não afectar a zona aderida ao realizar o corte. As zonas afectadas serão então removidas e substituídas por material novo.

### c) Resistência ao deslizamento

Quando solicitado, o ensaio à resistência ao deslizamento deverá ser realizado e encontra-se descrito na norma Britânica “BS 7976-2” (23). O ensaio é realizado com recurso a um pêndulo e o PVT (Pendulum Test Value) obtido não deve ser inferior a 40, tanto para pisos secos ou húmidos, excepto em zonas onde os utilizadores do pavimento por algum motivo especial usem calçado especial antiderrapante. Neste último caso, o PVT não deve ser inferior a 33. Se o PVT é insatisfatório, então devem tomar-se medidas adicionais de forma a aumentar a resistência ao deslizamento.

### d) Resistência ao desgaste

Sempre que especificado, o pavimento deve ser ensaiado ao desgaste segundo a Norma Europeia “EN 13892-4” e que se encontra descrito na secção 4.3.3 desta dissertação. Se os resultados encontrados forem insatisfatórios, então medidas adicionais devem ser tomadas de

forma a melhorar a resistência do pavimento. Este melhoramento, por norma, é realizado com recurso à aplicação de produtos, tais como resinas.

Os testes c) e d) são apenas efectuados quando existem requerimentos específicos nesse sentido ou quando existem dúvidas acerca da qualidade do piso.

## **4.12. Tolerâncias**

Na fase de dimensionamento e concepção da betonilha torna-se importante definir quais as tolerâncias permitidas.

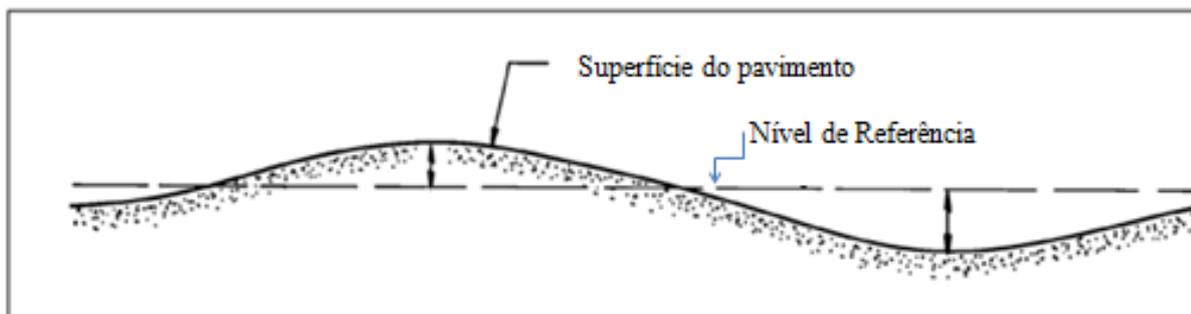
### **4.12.1. Nivelamento**

Quando se aplica um pavimento, deve-se ter em conta o nível de referência especificado em projecto e as tolerâncias permitidas para o nível do pavimento relativamente à referência. A máxima diferença entre os dois níveis, o da superfície e o estabelecido em projecto, deve ser especificada tendo em conta a área do pavimento e sua finalidade. Para grandes áreas e sem grandes exigências de nivelamento, uma diferença de 15mm relativamente à referência é geralmente considerada satisfatória (21). No entanto, maior rigor poderá ser exigido para espaços mais pequenos, ao longo do eixo de paredes divisórias, nas zonas de aberturas de portas e em sítios onde serão instalados equipamentos especiais directamente fixos ao pavimento.

Por norma, o plano de referência para a maioria dos pavimentos é horizontal no entanto este também pode ser inclinado e para este caso as diferenças entre os dois planos, o de referência e da actual superfície, devem ser medidas em relação ao plano de referência inclinado.

### **4.12.2. Regularidade da superfície**

A diferença de alturas entre juntas numa superfície de um pavimento deve ser inferior a 2mm para o caso de pavimentos da classe SR2 e SR3 (Tabela 17). Sempre que a categoria SR1 for especificada, não deverá existir diferenças abruptas no nivelamento entre juntas. Poderá realizar-se um ligeiro polimento de forma a atenuar pequenas diferenças de altura.



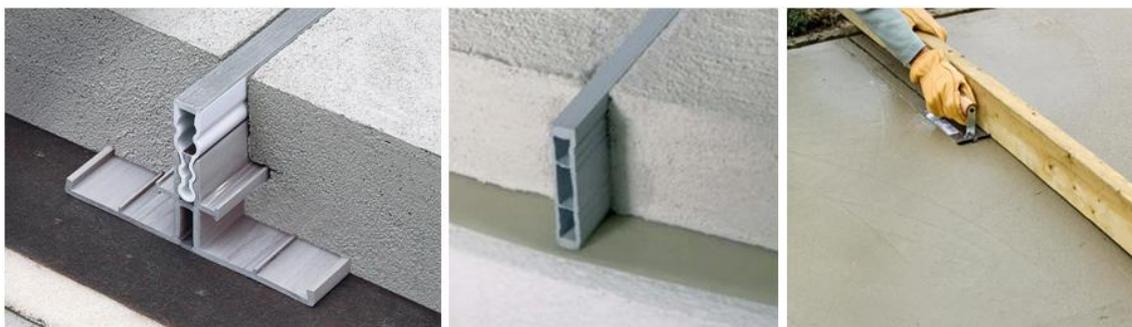
**Fig. 13 - Desvio da superfície em relação à referência (BS8204-2)**

#### **4.13. Tipo de juntas e dimensões dos painéis**

As juntas são elemento inevitáveis em todos os pisos e, por conseguinte, também nas betonilhas de revestimento, logo, a sua concepção e construção merece especial atenção pois pode ser uma potencial fonte de problemas. O número e tipo de juntas a aplicar vai depender do tipo de aplicação da betonilha, podendo esta ser monolítica, aderente ou não aderente. Desta forma, a necessidade da aplicação de juntas surge por dois motivos:

- Para aliviar as tensões de tracção induzidas pela retracção devida ao processo de cura ou a alterações de temperatura;
- Para atender a pausas no processo de construção dos painéis adjacentes.

As juntas podem ser realizadas com recurso à aplicação de perfis já existentes no mercado (Fig. 14), podendo estes ser metálicos, em PVC, etc. São usados muitas vezes quando dois painéis adjacentes em betonilha são aplicados em diferentes fases da construção. Podem também ser realizadas através de corte realizado com espátula, caso a betonilha ainda se encontre parcialmente endurecida e no caso de dois painéis adjacentes serem aplicados ao mesmo tempo ou, então, através do corte com disco caso o pavimento se encontre já endurecido.



**Fig. 14 - Exemplo de juntas. Nas duas primeiras imagens foram usados perfis metálicos e em PVC e na imagem da direita a junta está a ser realizada com recurso a uma espátula.**

As betonilhas devem ser aplicadas de uma só vez e em áreas o mais extensas possíveis, cumprindo sempre os requisitos especificados em projecto relativamente à regularidade e nivelamento da superfície e de forma a minimizar o número de juntas a aplicar. Mesmo que as betonilhas aplicadas em áreas bastante extensas sejam mais susceptíveis ao aparecimento de fendas à medida que o processo de cura decorre, estas fendas, por norma, são mais aceitáveis do que o aparecimento de levantamento vertical dos painéis nas zonas das juntas (*Curling*) quando as betonilhas são aplicadas em painéis de pequenas dimensões.

A localização das juntas nas betonilhas deve coincidir com as existentes na base em betão. Quando as betonilhas são aplicadas sobre elementos de betão pré-fabricado, este alinhamento não é possível, logo para estes casos é aconselhável a utilização de reforço com recurso a redes electrossoldadas de forma a controlar a fendilhação, da betonilha e dos revestimentos a aplicar posteriormente, ao longo das juntas entre as unidades pré-fabricadas. Isto é particularmente importante se os revestimentos finais forem frágeis, ou a laje estiver sujeita a influências externas, tal como variações térmicas que podem causar movimento da mesma.

#### **4.13.1. Juntas em Betonilhas aderentes**

Para o caso das betonilhas de revestimento aderentes, a área dos painéis a aplicar não deve exceder os 9m<sup>2</sup>. Mais uma vez esta solução pode não ser possível para betonilhas aplicadas sobre elementos em betão pré-fabricado. No entanto, tal como já foi discutido anteriormente, este problema pode ser facilmente ultrapassado com recurso a reforço. O formato dos painéis irá depender do formato do pavimento, área e posição dos elementos verticais. Sempre que possível, os painéis devem ser quadrados e o seu comprimento nunca deve ser superior a 1.25x a sua largura, de forma a reduzir a tendência para o aparecimento de fendas.

Nas zonas em contacto com paredes, colunas e outros objectos fixos à laje, deve-se garantir a existência de juntas de isolamento em toda a profundidade da camada de betonilha aderente. Estas juntas devem ter a mesma localização, espessura e ser do mesmo tipo que as existentes na base, mas nunca menos de 20mm (7). No que refere à localização estas juntas devem coincidir com as da base, excepto em sítios onde sejam necessárias juntas intermédias para dividir a betonilha em painéis mais pequenos que a base. As juntas intermédias devem ser juntas de contracção serradas com metade da profundidade da camada da betonilha. Sempre que as betonilhas são aplicadas sobre bases em betão pré-fabricado e as recomendações anteriores não sejam aplicáveis, então a utilização de uma malha de reforço próximo da superfície superior da cobertura pode ser usada para controlar a retracção diferencial, fendilhação da betonilha e consequente fendilhação de possíveis revestimentos aplicados sobre a betonilha.

### **4.13.2. Juntas em Betonilhas não aderentes**

O tamanho máximo de um painel para uma betonilha não aderente deve seguir as seguintes regras:

- O espaçamento máximo entre juntas não deve ser superior a 30 vezes a espessura da betonilha, porém, nunca deverá exceder os 4.5m;
- A proporção comprimento/largura dos painéis não deve ser menor ou igual a 1,25.

No que diz respeito às juntas, estas devem existir junto às paredes, esquinas, pilares ou outros objectos fixos, e devem ter a profundidade da betonilha. Estas juntas devem ter a mesma espessura que as da base, mas nunca inferior a 20mm. Todas as outras juntas intermédias podem ser juntas serradas com profundidade igual a  $\frac{1}{4}$  da espessura da camada de betonilha.

## 5. PATOLOGIAS

Os pavimentos são uma das partes dos edifícios que mais patologias apresentam, sendo necessário compreender se as mesmas poderão ser evitadas, ou se resultam por falta de reconhecimento do problema. Muitas vezes, existe uma grande preocupação em evitar erros durante a fase de dimensionamento mas, ainda assim, as falhas ocorrem na prática e como resultado as patologias aparecem.

O problema é, sem dúvida, complexo pois tanto a camada de betonilha como a laje, que em conjunto formam o sistema multicamada do pavimento, não são compostos homogêneos. A sua compatibilidade é essencial na medida em que a eficiência do pavimento depende disso, e isso significa que todos os elementos devem ser seleccionados de tal forma que, não importa que mudanças possam ocorrer no tipo de uso do pavimento, que, ainda assim, as suas condições irão manter-se preservadas e nenhuma tensão admissível será excedida. É, também, essencial uma estreita cooperação entre os fabricantes da laje e os fabricantes do pavimento.

### 5.1. Nos Pavimentos

#### 5.1.1. Classificação das Patologias

O tipo de patologias mais comuns nos pavimentos são as fendas e as fissuras superficiais. As fendas podem ter diferentes formatos e localização no pavimento. Por norma têm origem em locais sujeitos a grandes esforços tais como nas esquinas ou em locais onde existem diferenciais de temperatura, como por exemplo em portas que liguem dois espaços com temperaturas diferentes. Existem duas razões principais para a formação de fendas num pavimento:

- Formação de fendas como resultado de deslocamentos da base, como por exemplo no caso em que a laje apresenta deslocamentos devido a um reforço inadequado da sua estrutura;
- Formação de fendas devido a retracção do pavimento durante um rápido processo de cura do pavimento, devido a calor excessivo, luz solar directa ou utilização de demasiada água durante o processo de mistura. Neste caso, o revestimento encolhe à medida que seca e aparecem as fendas.

Um tipo de patologia peculiar é o aparecimento de uma fissuração aleatória em forma de rede ou então o aparecimento de fendas a delimitar os sistemas de reforço existente no pavimento. Os danos causados por corrosão química, ou corrosão devido ao congelamento podem ser observados em locais sujeitos à influência dos meios agressivos. A corrosão devido a sais de descongelamento ocorre frequentemente em parques de estacionamento.

Relativamente à perda de adesão esta é acompanhada por destacamento e pode ser identificada batendo levemente com um martelo, sendo que se houver falta de adesão soará a oco. A falta de adesão geralmente acontece em betonilhas não aderentes ou flutuantes mas também pode acontecer em betonilhas aderentes.

Outro dos defeitos existentes no pavimento, e sendo um dos problemas com mais relevância encontrados durante a pesquisa em campo, inclui irregularidades e falta de penderes de escoamento, o que resulta na concentração de águas, sendo bastante usual em parques de estacionamento, ou mesmo em zonas pedonais e grandes superfícies comerciais ou industriais. Geralmente, uma má pendente não permite o correcto escoamento das águas provenientes das chuvas, lavagens de pavimentos ou de qualquer outra origem, provocando a acumulação de água que, com o tempo, se infiltra na betonilha provocando a sua degradação.

Existem, também, defeitos relacionados com a exsudação, que consiste na água que aparece na superfície da betonilha. Este fenómeno ocorre devido a existirem poucos finos nos agregados, baixos níveis de cimento ou demasiada água contida na mistura. Como consequência, pode-se ter superfícies irregulares, porosas e com resistências inadequadas às acções ambientais e mecânicas.

Com igual importância existem as patologias relacionadas com problemas de humidades, tanto, residual como ascendente.

Por último, mas também de grande relevância, encontram-se os defeitos devido às dilatações térmicas que por norma se identificam por destruição dos bordos dos painéis

Desta forma e após a realização de pesquisa bibliográfica (24), contactos a empresas da especialidade (Anexo A) e pesquisa em campo, foi possível dividir as patologias em oito categorias (Tabela 18):

**Tabela 18 - Categorias Principais de Patologias para Pavimentos**

Cat.	Patologia
I.	Fendas transversais
II.	Fissuração superficial
III.	Perda de Adesão e Deformação
IV.	Destruição da Superfície
V.	Pendente de Escoamento Deficiente
VI.	Destruição dos bordos dos Painéis
VII.	Exsudação ou pó na Superfície
VIII	Humidades

Tendo-se subdividido cada categoria em classes. Para isso propõe-se a seguinte classificação (Tabela 19):

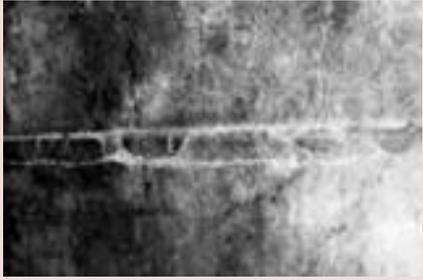
**Tabela 19 - Classificação das Patologias em Betonilhas de revestimento para pavimentos (24)**

Cat.	Classe	Descrição	Exemplo
I	A	Fendas transversais em betonilhas flutuantes, junto a paredes, esquinas, colunas ou qualquer zona de concentração de tensões	
	B	Pequena quantidade de fendas localizadas em zonas menos prováveis	
	C	Fendas diagonais localizadas nos cantos dos painéis ( <i>Curling</i> )	
	D	Fendas localizadas ao longo das juntas	

Tabela 19 (Continuação) - Classificação das Patologias em de revest. pavimentos

II	E	Fissuração superficial por retracção	
	F	Fissuração superficial em betonilhas flutuantes	
III	G	Destacamento em betonilhas aderentes (som oco quando se bate com martelo)	
	H	Destacamento em betonilhas não aderentes	
IV	I	Degradação da superfície do pavimento causado por ácidos	

**Tabela 19 (Continuação) - Classificação das Patologias em de revest. pavimentos**

	J	Degradação da superfície do pavimento causado cargas estáticas verticais ou dinâmicas horizontais	
V	K	Regularidade deficiente ou penderes mal concebidas	
VI	L	Falta de coincidência entre as juntas da betonilha e da base	
	M	Perda do enchimento das juntas de dilatação	
	N	Inexistência de Juntas	

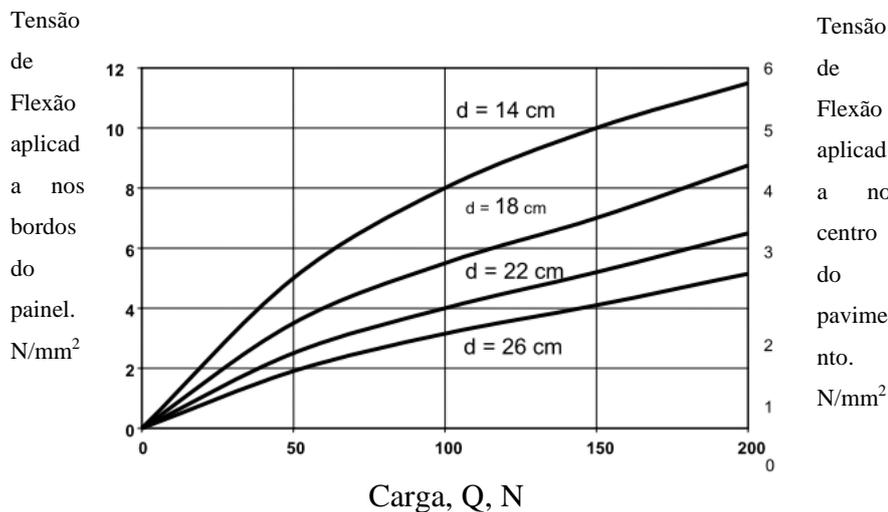
**Tabela 19 (Continuação) - Classificação das Patologias em de revest. pavimentos**

<b>VII</b>	O	Presença de Exsudação ou pó na Superfície	
<b>VIII</b>	S	Humidade residual elevada	
	T	Humidade ascendente continua	

### 5.1.2. Causas

De uma forma geral, as patologias nos pavimentos aparecem devido a erros de dimensionamento no que diz respeito a juntas de dilatação ou isolamentos, ou, no limite, à falta do projecto. Podem, também, ser devido a uma selecção errada do material usado no fabrico do pavimento ou então por uma utilização imprópria do pavimento para a qual ele não foi dimensionado. No entanto a razão principal, que é responsável por ~50% das patologias existentes deve-se a uma inadequada qualidade do substrato ou à sua má preparação. Consequentemente, ~25% das patologias são devidas a uma utilização inadequado do pavimento, ou porque se começou a utilizar o pavimento muito cedo ou devido a mudanças nas condições de trabalho, comparando com aquelas para as quais o pavimento foi originalmente dimensionado.

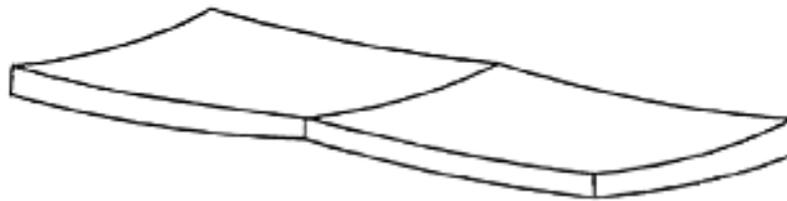
O mecanismo responsável pela maioria dos danos causados nos pavimentos está relacionado com a tensão de tração que muitas vezes é excedido. O diagrama apresentado na Fig. 15 permite relacionar a espessura do revestimento e a tensão aplicada por flexão nos bordos e no centro do pavimento (24).



**Fig. 15 – Relação entre a espessura do revestimento e a tensão aplicada por flexão aplicada nos bordos e no centro do pavimento (24).**

Este limite de tensão pode ser ultrapassado devido a causas como os rodados de veículos, impactos, cargas concentradas excessivas, tensões provenientes do substrato, excesso de abrasão, corrosão causada por geadas ou ações químicas. No último caso, podem ser por penetração se o piso for permeável ou devido ao reforço em aço, que pode ser corroído..

Um situação que se verificou ser bastante frequente são as fendas diagonais localizadas nos cantos dos painéis devido ao chamado “*Curling*” (Fig. 16).



**Fig. 16 – Fenómeno de “Curling” onde existe levantamento e encurvamento dos bordos de um painel**

Este é um processo que acontece pois uma mistura de betão ou betonilha contém água para hidratação do cimento e uma quantidade extra para ajudar na colocação e procedimentos de acabamento. Este excesso de água extra sobe até à superfície e evapora, ou deposita-se no substrato devido às forças da gravidade. Por norma, nas lajes interiores são colocadas sobre barreiras de vapor que aumentam o problema ao aprisionarem a água perto do fundo da laje. Desta forma, a superfície superior da laje seca a uma velocidade mais rápida do que o resto da placa, existindo, então, uma desaceleração da secagem à medida que a profundidade aumenta. Este diferencial entre as velocidades de secagem resulta que a parte superior da laje irá encolher mais com a cura, resultando num encurvamento das arestas do pavimento.

Mediante toda a informação recolhida foi elaborado um quadro de causas prováveis de patologias para betonilhas de revestimento de pavimentos e que se apresenta na Tabela 20. Importa referir que como causa considerou-se o mecanismo que deu início à patologia, e como razão considerou-se a origem do problema.

**Tabela 20 - Identificação das causas e razões das patologias em pavimentos.**

Tipo	Causas	Razão
<p><b>Fendas Transversais (Categoria I)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Variação Térmica</li> <li>▪ Retracção excessiva</li> <li>▪ Cargas excessivas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Composição imprópria da betonilha ou betão</li> <li>▪ Reacção alcalina dos agregados</li> <li>▪ Erro no posicionamento das juntas de dilatação, inexistência de bordos de dilatação</li> <li>▪ Consolidação ineficiente da base</li> <li>▪ Processo de cura deficiente</li> </ul>
<p><b>Fendas Superficiais (Categoria II)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rápida evaporação da humidade na superfície</li> <li>▪ Retracção causada pela aplicação antecipada e irregular da camada superficial</li> <li>▪ Temperatura de hidratação demasiado elevada</li> <li>▪ Corrosão devido a geadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Composição imprópria da betonilha ou betão</li> <li>▪ Reacção alcalina dos agregados</li> <li>▪ Manutenção imprópria do piso</li> <li>▪ Uso impróprio do piso</li> <li>▪ Erro no processo de produção e aplicação dos pisos</li> </ul>
<p><b>Perda de Adesão e Deformação (Categoria III)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elevado tensão térmica</li> <li>▪ Retracção desigual da camada de betão ou betonilha</li> <li>▪ Rápido aquecimento ou arrefecimento da camada de betão ou betonilha</li> <li>▪ Desagregação devido à acção gelo/degelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Composição imprópria da betonilha ou betão</li> <li>▪ Reacção alcalina dos agregados no substrato</li> <li>▪ Cura incorrecta</li> <li>▪ Uso impróprio do piso</li> <li>▪ Erro no processo de produção e aplicação dos pisos</li> </ul>

**Tabela 20(continuação) - Identificação das causas e razões das patologias em pavimentos.**

<p><b>Destruição da Superfície</b> (Categoria IV)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cargas Estáticas verticais e dinâmicas horizontais (e.g. atrito pneus) superiores aos limites admissíveis para o pavimento</li> <li>▪ Corrosão química</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Composição imprópria da betonilha ou betão</li> <li>▪ Cura incorrecta</li> <li>▪ Aplicação tardia após a mistura da betonilha</li> <li>▪ Cargas funcionais superiores às esperadas</li> <li>▪ Influência de ácidos, óleo ou sulfatos</li> </ul>
<p><b>Pendente de Escoamento Deficiente</b> (Categoria V)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falhas em termos de medições no que concerne a nivelamento e pendentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Má aplicação da betonilha (régua de nivelamento provavelmente não usada)</li> </ul>
<p><b>Defeitos de Dilatação</b> (Categoria VI)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Consolidação insuficiente da mistura da betonilha ou do betão</li> <li>▪ Adesão insuficiente às juntas de dilatação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fraca qualidade da betonilha ou betão</li> <li>▪ Projecto e comportamentos incorrectos das dilatações (material de preenchimento das juntas, etc.)</li> </ul>
<p><b>Presença de Exsudação ou Pó à Superfície</b> (Categoria VII)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Quantidade excessiva de água na betonilha</li> <li>▪ Alagamento prolongado</li> <li>▪ Superfície excessivamente molhada durante o acabamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Composição imprópria da betonilha ou betão</li> <li>▪ Erro no processo de produção e aplicação dos pisos</li> </ul>

**Tabela 20(continuação) - Identificação das causas e razões das patologias em pavimentos.**

<p><b>Humidades</b></p> <p><b>(Categoria VIII)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Excesso de água na mistura</li> <li>▪ Agregados demasiado ricos em finos</li> <li>▪ Ausência de barreira eficaz ao vapor sob a betonilha</li> <li>▪ Derrame acidental de água sobre a betonilha acabada</li> <li>▪ Superfície excessivamente molhada em fase de acabamento e afagamento excessivo, com conseqüente fecho da porosidade superficial</li> <li>▪ Ausência de barreira ao vapor sobre betonilha aplicada directamente sobre o terreno (classe S)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erro na preparação da mistura</li> <li>▪ Erro no processo de produção e aplicação dos pisos</li> <li>▪ Uso impróprio do piso</li> </ul>
--	--	--

## 5.2.Nas Juntas

A principal funcionalidade das juntas é permitir os movimentos de retracção e dilatação do pavimento por forma a que, em qualquer ponto do pavimento, a tensão máxima de tracção não ultrapasse a resistência à tracção do betão. Devem, também, permitir uma adequada transferência de carga entre placas contíguas do pavimento e garantir o não aparecimento de danos das arestas das faces da junta.

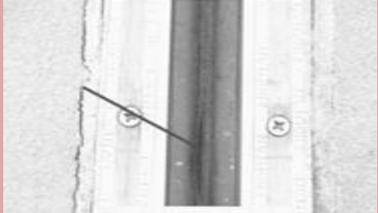
### 5.2.1. Classificação das Patologias

No que diz respeito ao tipo de patologias associadas às juntas, podemos descrever os seguintes tipos:

- A. Perda de adesão entre o material da junta e o substrato, possivelmente devido a humidade presente no betão antes da aplicação da camada base ou vedante ou mesmo pela não utilização da camada base antes do vedante. Ou ainda, devido à degradação química do vedante;
- B. Fragmentação dos bordos da junta de dilatação, possivelmente por falta de biselagem do bordo do substrato ou por uma baixa resistência à compressão do mesmo;
- C. Corrosão do perfil da junta por escolha inadequado do material, possivelmente devido ao uso, em ambientes agressivos, de aço carbono em vez de aço inoxidável ou alumínio;
- D. Falha no vedante de um perfil de junta, possivelmente devido a danos causados por causas mecânicas ou fragilização do vedante;
- E. Deformação do perfil da junta, provavelmente devido à baixa resistência do metal, mau dimensionamento do perfil a usar na junta ou utilização anormal do piso industrial.

Mediante a informação recolhida (24), é apresentado de seguida um quadro que poderá servir como auxílio durante a identificação das patologias (Tabela 21):

**Tabela 21 - Classificação das Patologias nas juntas**

Tipo	Descrição	Exemplo
A	Perda de adesão entre o material da junta e o substrato	
B	Fragmentação dos bordos da junta de dilatação	
C	Corrosão do perfil da junta por escolha inadequado do material	
D	Falha na vedação de um perfil	
E	Deformação do perfil	

### 5.2.2. Causas

Uma causa muito frequente para o aparecimento de patologias em pavimentos está associada, directa ou indirectamente, com as juntas. Um traçado mal efectuado das juntas pode levar, no limite, à inutilização do pavimento.

No que diz respeito às causas para o aparecimento de patologias devido às juntas, estas devem-se principalmente à utilização do piso e dimensionamento. Como exemplo, pode-se referir a agressão causada pelo rodado dos carros ou pelos garfos metálicos das empilhadoras. Ou então, a uma escolha errada do tipo de material a usar para as juntas, que quando sujeito a produtos agressivos (eg. ácidos ou sais) e para os quais não são apropriados, podem desenvolver patologias.

As causas normalmente relacionadas com as patologias nas juntas podem ter as seguintes razões:

- Dimensionamento errado do substrato ou do perfil da junta;
- A selecção errada do material do perfil da junta;
- Fim da vida útil dos materiais utilizados para as juntas.

Mediante a informação recolhida (24) foi elaborado um quadro de causas de patologias para do aparecimento de patologias nas betonilhas devido às juntas e que se apresenta na Tabela 22.

**Tabela 22 - Identificação das causas para o aparecimento de patologias nas juntas**

Tipo	Causas
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ineficiente limpeza ou existência de humidade na betonilha antes da aplicação do enchimento da junta</li> <li>▪ Não aplicação de um primário antes da aplicação do enchimento da junta</li> <li>▪ Movimento das juntas superior à elasticidade máxima permitida pelo material de enchimento da junta</li> <li>▪ Degradação química do enchimento da junta</li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falta de nivelamento entre os bordos das juntas</li> <li>▪ Baixa resistência à compressão da betonilha</li> <li>▪ Cargas de utilização superiores às projectadas para o pavimento</li> </ul>
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilização de perfis em aço carbono em vez de aço inoxidável</li> </ul>
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Danos causados no vedante devido a acções mecânicas</li> </ul>
E	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Baixa resistência do perfil                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mau dimensionamento do perfil</li> <li>▪ Excesso de cargas aplicadas sobre o pavimento</li> </ul> </li> </ul>

### 5.3.Diagnóstico

Quando se pretende realizar um diagnóstico das patologias existentes num pavimento para a realização de um projecto de recuperação, protecção ou reforço do mesmo, é importante inspeccionar e avaliar correctamente a estrutura. É, também, pertinente questionarmo-nos quanto à experiência e qualificações que são esperadas do técnico que irá realizar o diagnóstico.

A avaliação deve ser suficientemente detalhada de forma a obter uma imagem confiável sobre a existência, extensão, grau, razões e os efeitos de todos os mecanismos de degradação significativos.

O técnico que realiza o diagnóstico deve ter o cuidado de se documentar com toda a informação possível sobre o pavimento, nomeadamente: o projecto do pavimento e requisitos definidos pelo projectista; utilização prevista para o pavimento e para o qual ele foi dimensionado; utilização dada actualmente ao pavimento; fotografias do pavimento em geral e das patologias detectadas. Mediante a informação obtida em campo será então possível correlacionar os dados com as Tabela 19 e Tabela 20 desta tese de forma a proceder à classificação da patologia. Propõe-se que a classificação a descrever no relatório faça referência à categoria e classe da patologia, seguida da causa e razão para o seu aparecimento.

A título de exemplo, serão, de seguida, apresentados dois casos (1 e 2) de carácter teórico e cujo exemplo da patologia foi retirado do RILEM (24). Será realizado o enquadramento da patologia, definidas as causas e mecanismos e respectiva classificação.

Os casos 3 a 7 dizem respeito a patologias reais, recolhidas no terreno, e tal como nos casos anteriores, foi efectuado seu enquadramento e classificação.

### 5.3.1. Caso 1: Patologia em Pavimento (Caso Teórico)



**Fig. 17 – Caso 1: Apresentação de Patologia (*Curling*) para diagnóstico. Imagem retirada do RILEM (24)**

Detectou-se no pavimento de uma grande superfície comercial a existência de fendas (Categoria I), sendo estas diagonais e localizadas nos cantos dos painéis de betonilha com levantamento e encurvamento dos mesmos (Classe C). Mediante o projecto o técnico comprovou que a betonilha aplicada era não-aderente existindo, portanto, uma camada de dessolarização entre a base e a betonilha. Esta camada anti vapor, provavelmente e perante um excesso de água no processo de mistura e aplicação da betonilha, aprisionou a água perto do fundo da laje desacelerando a sua secagem à medida que a superfície superior da laje secava a uma velocidade mais rápida do que o resto da placa, provocando então um diferencial entre as velocidades de secagem. Resultou, então, numa retracção maior na parte superior do painel originando assim um encurvamento das arestas do pavimento e mediante a aplicação de cargas apareceram as fendas diagonais no cantos.

Feito então o correcto diagnóstico sugere-se que no relatório a apresentar a classificação seja realizada da seguinte forma:

**Patologia:** Pavimento Cat. I, Classe C

**Causa:** Retracção excessiva

**Razão:** Composição imprópria da betonilha ou processo de cura deficiente.

### 5.3.2. Caso 2: Patologia em Junta (Caso Teórico)



**Fig. 18 – Caso 2: Apresentação de patologia em Junta para Diagnóstico. Imagem retirada do RILEM (24)**

Detectou-se que num pavimento de um armazém industrial as juntas de dilatação estavam a apresentar corrosão com degradação da betonilha nas arestas dos painéis. Mediante a informação recolhida o técnico verificou estar perante uma betonilha aderente, um pavimento projectado para uma superfície industrial sujeita ao contacto com ácidos. Verificou-se, também, que o pavimento é sujeito frequentemente a lavagens e o mais importante que os perfis colocados nas juntas era de aço carbono.

Feito então o correcto diagnóstico sugere-se que no relatório a apresentar a classificação seja realizada da seguinte forma:

**Patologia:** Juntas, Tipo C

**Causa:** Corrosão dos perfis

**Razão:** Utilização de perfis em aço carbono em vez de aço inoxidável ou outro material resistente ao ataque de ácidos.

### 5.3.3. Caso 3: Patologia em Pavimento, Ciclovia Esposende (Caso Prático)



**Fig. 19 – Caso 3: Ciclovia, situada na Marginal de Esposende. Pavimento em Betonilha com superfície pintada a vermelho. Imagem captada pelo autor.**

A betonilha em estudo, compõe o pavimento da Ciclovia, situada na marginal da cidade de Esposende. O pavimento apresenta já diversas fendas superficiais e fendas localizadas ao longo das guias do passeio em zonas que também servem de passagem, por norma, a veículos ligeiros motorizados. A avaliar pela realização da nova ciclovia, que foi realizada no corrente ano, e que serve de prolongamento à antiga, a betonilha foi aplicada sobre uma camada de Tout-Venant, e o revestimento final foi uma tinta aquosa para pavimentos desportivos. Detectou-se no pavimento a existência de fendas (Categoria I e II), sendo estas superficiais e localizadas na parte central dos painéis (Cat. II, Classe E) e outra localizadas ao longo das juntas (Cat.I, classe D). Após a avaliação, conclui-se que as fendas superficiais, devem-se, provavelmente, a erros no processo de produção e aplicação da betonilha, e composição imprópria da mesma. Relativamente às fendas localizadas ao longo das guias do passeio, e mais especificamente em zonas onde carros de serviços passam por cima da betonilha, conclui-se que a causa se deve a cargas excessivas e consolidação ineficiente da base.

Feito então o correcto diagnóstico sugere-se que no relatório a apresentar a classificação seja realizada da seguinte forma:

**Patologia:** Pavimento: Cat. I, Classe D e Cat.II, Classe E

**Causa:** Provável retracção causada pela aplicação antecipada e irregular da camada superficial; Cargas excessivas.

**Razão:** Composição imprópria da betonilha e erros no processo de produção, aplicação; Consolidação ineficiente da base.

#### 5.3.4. Caso 4 – Patologia em Pavimento: Rampa de acesso em moradia



**Fig. 20 - Patologia em Pavimento: Rampa de acesso, moradia Esposende. Imagem captada pelo autor.**

O caso prático em estudo, diz respeito, a uma rampa de acesso, pedonal e ocasionalmente por viaturas, pertencente a uma moradia familiar, localizada na cidade de Esposende. A betonilha encontra-se já em avançado estado de degradação, apresentando maioritariamente fissuração superficial e humidade ascendente continua. Devido á irregularidade do pavimento, esta betonilha, foi possivelmente aplicada sobre uma base mal compactada, sem drenagem e de uma forma contínua, sem a existência de juntas.

Feito então o correcto diagnóstico sugere-se que no relatório a apresentar a classificação seja realizada da seguinte forma:

**Patologia:** Pavimento: Cat.II, Classe E e Cat.VIII, Classe T

**Causa:** Provável retracção causada pela aplicação antecipada e irregular da camada superficial;

Ausência de barreira ao vapor sobre betonilha aplicada directamente sobre o terreno e má drenagem do terreno.

**Razão:** Uso impróprio do piso; Erro no processo de produção e aplicação dos pisos

### 5.3.5. Caso 5 – Patologia em Pavimento: Pista do Aeroporto de Praga, Ruzyně



**Fig. 21 - Patologia em Pavimento: Pista do Aeroporto de Praga, Ruzyně, Rep. Checa. Imagem captada pelo autor.**

O caso prático em estudo diz respeito, ao pavimento da pista do Aeroporto Internacional de Praga, relativo a uma zona sujeita a tráfego pedonal, veículos ligeiros e pesados e inclusive aviões. O pavimento encontra-se em bom estado de conservação no entanto verifica-se o efeito de “Curling” e degradação dos bordos dos painéis.

Feito então o correcto diagnóstico sugere-se que no relatório a apresentar a classificação seja realizada da seguinte forma:

**Patologia:** Pavimento: Cat.I, Classe C / Juntas: Tipo B

**Causa:** Retracção excessiva e cargas excessivas; Cargas de utilização superiores às projectadas para o pavimento; Falta de nivelamento entre os bordos.

**Razão:** Composição imprópria da betonilha ou processo de cura deficiente;

Projecto e comportamentos incorrectos das dilatações (material de preenchimento das juntas, etc.).

### 5.3.6. Caso 6 – Patologia em Pavimento: Parque de estacionamento exterior do IOP



**Fig. 22 - Patologia em Pavimento: Parque de estacionamento exterior do Instituto de Física de Praga (IOP), Rep. Checa. Imagem captada pelo autor.**

O caso prático em estudo, diz respeito a um pavimento, pertencente ao parque de estacionamento exterior do Instituto de Física de Praga, que apresenta graves problemas de degradação dos bordos dos painéis. Rapidamente, se verificou a ausência de juntas, entre a betonilha pertencente às zonas de estacionamento, e o asfalto. Desta forma, e devido a comportamentos diferentes entre os dois tipos de pavimentos, associado à aplicação de cargas pesadas, devido ao uso do piso por veículos, houve lugar ao aparecimento de fendas ao longo da união entre os pisos e degradação avançada dos bordos.

Feito então o correcto diagnóstico sugere-se que no relatório a apresentar a classificação seja realizada da seguinte forma:

**Patologia:** Em Pavimento: Cat.VI, Classe N

**Causa:** Inexistência de Juntas; Cargas excessivas.

**Razão:** Projecto e comportamentos incorrectos das dilatações.

### 5.3.7. Caso 7 – Patologia em Pavimento: Superfície Comercial, LIDL, Praga



**Fig. 23 - Patologia em Pavimento: Superfície Comercial, LIDL, Praga. Imagem captada pelo autor.**

O caso prático em estudo, diz respeito a um pavimento, pertencente a uma superfície comercial do Supermercado LIDL localizado em Praga. A betonilha, encontra-se em bom estado de conservação, no entanto, começa a surgir problemas ao nível dos bordos dos painéis, devido a perda do enchimento das juntas.

Feito então o correcto diagnóstico sugere-se que no relatório a apresentar a classificação seja realizada da seguinte forma:

Patologia: Em Pavimento: Cat.VI, Classe M

Causa: Adesão insuficiente às juntas de dilatação

Razão: Projecto e comportamentos incorrectos das dilatações.

## 6. REPARAÇÃO

A reparação dos pavimentos em betonilhas, requer o planeamento de actividades que podem ser bastante complexas e devem ser realizadas por um projectista já experiente. Antes de qualquer trabalho de reparação deve ocorrer uma avaliação das propriedades de toda a estrutura onde se considera, por exemplo: a condição actual da estrutura, incluindo danos e defeitos; o projecto original; o historial de uso, o seu uso futuro, o tempo de vida útil estimado em projecto, etc. O processo de reparação de um pavimento deve ser realizado em trabalho de equipa entre o projectista, o construtor e o dono-da-obra, pois deve-se ter em conta, não só, factores técnicos mas, também, económicos. Deve também ser esclarecido o tipo de uso futuro do pavimento, ou intenções de alterar o actual tipo de uso.

A reparação das patologias existentes em pavimentos são bastante comuns, porém, tal como já referido anteriormente, não deixa de ser uma tarefa complexa pois existe uma ampla variedade de pisos, diferentes condições de uso e diversas causas e mecanismos que podem causar as patologias. É, por esta razão, que não fará parte desta tese uma definição exaustiva dos processos de reparação das patologias em pavimentos pois seria impossível e errado prever todos os sintomas, mecanismos e patologias e correlaciona-los com uma solução específica de reparação.

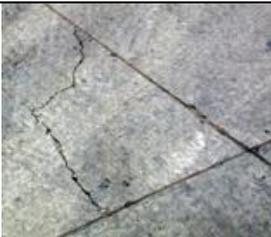
Existem, no entanto, algumas linhas gerais que podem ser seguidas e existe uma solução que foi referida durante as entrevistas realizadas a duas empresas especializadas em pavimentos. Quando se questionou estas empresas sobre a reparação de pavimentos, ficou claro que seria necessário dividir as reparações em dois grupos: Pavimentos e Juntas. Ficou também claro que era também necessário definir se a reparação a efectuar era localizada e de pequenas dimensões ou se era generalizada, ou seja, extensível a todo o pavimento.

Para pequenas reparações foi sugerido o tratamento local da origem do problema e posterior reparação do pavimento na zona afectada. No que diz respeito a juntas quase sempre foi referido a necessidade da substituição dos perfis, remoção das arestas degradadas e posterior reparação com novo enchimento das juntas e em casos mais extremos a realização de novas juntas, com recurso a corte mecânico, sempre que a causa da patologia se devesse à inexistência, má localização ou dimensionamento das mesmas.

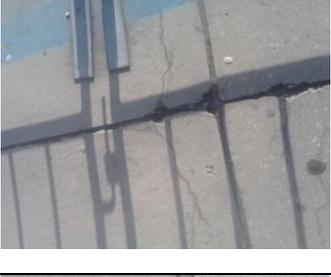
Para o caso de grandes reparações em pavimentos, foi referido que o ideal seria o tratamento da causa para o aparecimento da patologia com a posterior aplicação de uma betonilha autonivelante sobre o pavimento antigo. Estas betonilhas são de rápida aplicação, oferecem boas características mecânicas e um bom acabamento final da superfície. Neste caso, o facto da aplicação deste tipo de betonilha ser mais dispendiosa já não é tão relevante pois comparando com o custo da remoção de um pavimento degradado, aplicação de um novo e o tempo que todo este processo iria demorar, seguramente torna a primeira opção mais económica.

Na Tabela 23 encontram-se sugeridas as reparações para os casos em estudo, sendo que apenas são apontados os traços gerais da reparação.

**Tabela 23 – Sugestão de reparação para os casos em estudo**

Caso	Patologia	Sugestão de reparação
1		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Realizar o corte das secções danificadas do painel (zonas curvadas).;</li> <li>2) Preencher a secção cortada, com uma betonilha de características semelhantes à existente.</li> </ol>
2		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Dependendo se a corrosão é localizada ou poderá vir a ser generalizada, deverá remover-se todos os perfis ou apenas os danificados;</li> <li>2) Realizar-se o corte e remoção dos bordos degradados e refazer-los após a aplicação dos novos perfis.</li> </ol>

**Tabela 23 (Continuação) – Sugestão de reparação para os casos em estudo**

3		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Alargar as fissuras com uma rebarbadora;</li> <li>2) Aspirar o pó;</li> <li>3) Aplicar um selante;</li> <li>4) Espalhar areia fina sobre a superfície dos selantes quando ainda frescos</li> </ol>
4		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Remoção mecânica de todo o pavimentos;</li> <li>2) Realização de drenagem ao solo;</li> <li>3) Aplicação de uma camada de Tout-Venant;</li> <li>4) Aplicação de nova betonilha com dimensionamento de juntas</li> </ol>
5		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Realizar o corte das secções danificadas do painel (zonas curvadas);</li> <li>2) Preencher a secção cortada, com uma betonilha de características semelhantes à existente.</li> <li>3) Novo enchimento das juntas</li> </ol>
6		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Remoção mecânica das zonas afectas ou se possível em toda a extensão da união entre os dois tipos de pavimento;</li> <li>2) Ao aplicar a betonilha nos dois tipos de pavimentos, ter o cuidado de os deixar nivelados ou com uma transição suave entre eles. Realizar juntas de forma a trabalharem de forma independente.</li> <li>3) Novo enchimento das juntas</li> </ol>
7		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Remoção do enchimento existente nas juntas;</li> <li>2) Refazer os bordos dos painéis;</li> <li>3) Novo preenchimento das juntas</li> </ol>

## 7. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Um dos aspectos que se mostraram importantes e se tornaram evidentes no decorrer da pesquisa, especialmente a de campo, é que existe um desconhecimento e desinteresse pelas normas existentes no que diz respeito a betonilhas. No leque de empresas contactadas (Anexo A), e às quais foram realizadas entrevistas presenciais, verificou-se que as de construção civil, por norma, não realizavam ensaios às betonilhas aplicadas e no que diz respeito às empresas mais especializadas em pavimentos industriais, estas também se mostraram desinteressadas nos ensaios. Apenas uma empresa de “PAVIESTE”, fez referência à norma “EN13892 - Métodos de Ensaio para Materiais de betonilhas” confirmando que sempre que os ensaios fossem requisitados, estas seriam as normas usadas.

Este panorama mudou completamente quando se efectuou pesquisa a empresas produtoras de betonilhas pré-misturas ou prontas. Pois neste caso existe já um cuidado e obrigatoriedade em respeitar as normas europeias em vigor e aplicar o símbolo CE nos seus produtos que de outra forma não seriam certificados para venda no mercado, sendo que esta informação encontra-se já publicada e acessível nos certificados do produto. Por norma a betonilha pronta ou pré-misturada vem sempre acompanhada por um certificado de qualidade.

Concluiu-se também que existe uma crescente necessidade para compreender e estudar os requisitos necessários a que devem respeitar a escolha, produção e aplicação das betonilhas, de modo a evitar ou eliminar patologias que possam eventualmente surgir neste tipo de material que muitas vezes só aparecem em fase de uso, devido ao esmagamento sob cargas pontuais e em zonas de maior tráfego. Conclui-se, também, que a degradação das camadas de betonilhas pode levar a prejuízos consideráveis em obra sendo, muitas vezes, a única solução a remoção e substituição por uma camada nova.

No que diz respeito a patologias em pavimentos, a maioria dos problemas que ocorrem são em pisos revestidos com betonilhas. Desta forma e dado ser possível tornar a superfície de uma base em betão o suficientemente plana e lisa para aceitar o acabamento final do pavimento ou servir ela mesma como piso final, sem existir recurso ao uso de betonilhas, as empresas têm vindo a preferir a aplicação dos pavimentos em betão leve reforçado, referindo sempre serem mais económicos e fiáveis. Caso uma betonilha seja aplicada, é então necessário ter cuidado de forma a obter uma boa ligação entre a mesma e a base em betão. Se a ligação for deficiente e as tensões de retracção forem elevadas, então, existe uma forte probabilidade do piso em betonilha fendilhar, existindo tendência para o aparecimento de “*Curling*”, ou seja, levantamento e encurvamento das extremidades. Caso exista revestimentos aplicados sobre a betonilha, tais como cerâmicos, madeiras, etc., também estes estarão susceptíveis de fendilhar, rachar e em último caso perder a adesão à betonilha. Concluiu-se que existem vários factores que aumentam a retracção e fendilhação dos pavimentos em betonilhas e enfraquecem a sua ligação à base. Os principais são: um processo inadequado de mistura da betonilha; textura inadequada da base em betão; um intervalo de tempo muito elevado entre a aplicação da base e a da betonilha; um processo de cura incorrecto; aplicação da betonilha em painéis com áreas muito grandes sem que tivessem sido previstas juntas intermédias; e finalmente uma espessura muito elevada ou inadequada da betonilha.

Tornou-se também claro que seria pouco prudente, realizar um catálogo com uma reparação específica para cada tipo de patologia, isto, devido à enorme variedade de mecanismos e causas que podem originar um mesmo tipo de patologia. Logo, conclui-se que cada caso deve ser estudado individualmente, deve ser realizada a classificação, identificação da ou das causas e mecanismos e finalmente estudada uma solução de reparação específica para cada caso.

### **7.1.Desenvolvimentos futuros**

Com o desenvolvimento deste trabalho deixou-se claro qual as especificações normativas para a realização de ensaios de betonilhas e, desta forma, partir para uma parte mais laboratorial em que se poderá ter como objectivo o estudo de diferentes composições, sendo elas tradicionais, modificadas, pré-misturas ou autonivelantes. Sugere-se, então, efectuar a correlação entre diferentes composições e as resistências mecânicas obtidas. Sugere-se, também que, para o sucesso deste futuro trabalho, todas as misturas sejam realizadas e ensaiadas no laboratório de Materiais de Construção da Universidade do Minho, pois toda a pesquisa elaborada e experiência obtida durante esta tese demonstrou que de outra forma será impossível a obtenção de um número de amostras suficientes e para diferentes tipos de betonilhas que garantam fiabilidade nos resultados obtidos através da correlação de dados.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EN 13318:2000 - *Screed material and floor screeds - Definitions*. s.l. : COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, 2000.
2. A. J. Clark Group - Concrete Flooring. [Online] <http://www.ajclarkgroup.co.uk>.
3. BS 4721: "Especificação para argamassas prontas mistas de construção".
4. BS EN 998-1:2010 - "Specification for mortar for masonry. Rendering and plastering mortar".
5. EN 13813, "Screed material and floor screeds - Screed material - Properties and requirements". October 2002.
6. BS 4551:" Métodos de ensaio de argamassas, betonilhas e rebocos" .
7. BS 8204-1:2002 - "Screeds, bases and in situ floorings -Part 1: Concrete bases and cement sand levelling screeds to receive floorings -Code of practice".
8. BS 8000-9: -"Obras na construção civil - Parte9: Betonilhas comentícias de nivelamento e betonilhas de desgaste".
9. Silvestro, Paola; Boselli, Stefania – "As Betonilhas para o assentamento dos pavimentos", Revista Realtá Mapei, Pág 14, Ano 3, nº3, Lusomapei, S.A., Maio 2008
10. *Moreira, Nelson; Couto, João Pedro - Caracterização e Exigências Funcionais dos Massames e Argamassas de Regularização.*
11. OCL FACADES LTD. [Online] <http://www.oclfacades.com/Services/Interiors/Floor-Screeds/>.
12. MAPEI. Caderno Técnico: "Realização de betonilhas para o assentamento de pavimentos". MAPEI. [Online] <http://www.mapei.com>.
13. NP EN 206-1:2005 -"Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade ".
14. E-Cahier du CSTB n° 3577 « Guide Technique - Sols à usage industriel”, CSTB.
15. EN 13892-2:2002 - "Methods of test for screed materials - Part 2: Determination of flexural and compressive strength".
16. NP EN 196-1 - "Determinação das resistências mecânicas do cimento".

17. EN 13892-1:2002 - "Methods of test for screed materials - Part 1: Sampling, making and curing specimens for test".
18. EN 13892-3:2004 - "Methods of test for screed materials - Part 3: Determination of wear resistance-Böhme".
19. EN 13892-4:2002 - "Methods of test for screed materials - Part 4: Determination of wear resistance-BCA".
20. BS 8204-5:2004 - "Screeds, bases and in situ floorings - Part 5: Mastic asphalt underlays and wearing surfaces".
21. BS 8204-2:2003 - "Screeds, bases and in situ floorings - Part 2: Concrete wearing surfaces".
22. BS 4483:1998 - "Steel fabric for the reinforcement of concrete".
23. BS 7976-2:2002; *"The Pendulum Method"*.
24. RILEM TC 184-IFE: *"Industrial Floors" - State-of-the-Art Report – August 2006*.
25. Wikipédia - A enciclopédia livre. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Anidrita>. [Online]
26. EN 13892-5:2003 - "Methods of test for screed materials - Part 5: Determination of wear resistance to rolling wheel of screed material for wearing layer".
27. BARROS, Joaquim – “Pavimentos Industriais - materiais, dimensionamento e processos construtivos”. Relatório 00-DEC/E-5. Universidade do Minho. Guimarães, Junho de 2000.
28. CTC-B96 – “Les Dallages Industriels en Béton - Analyse et prescription”, Édition 02/ 2009.
29. ANTUNES, A; BARROS, J. – “Juntas em Pavimentos de Edifícios Industriais” - DEC-UM, Portugal 28/11/2003.
30. Douglas, James e Ransom, Bill . *Understanding Building Failures*. s.l. : Taylor & Francis, 2007. Third edition.
31. BS 8204-7:2003 - "Screeds, bases and in-situ floorings. Pumpable self-smoothing screeds. Code of practice ".
32. BS 8204-3:2004 - " Screeds, bases and in situ floorings - Part 3: Polymer modified cementitious levelling screeds and wearing screeds".
33. BS 8204-4:2004 - "Screeds, bases and in situ floorings - Part 4: Cementitious terrazzo wearing surfaces".
34. BS 8204-6:2008 - "Screeds, bases and in situ floorings - Part 6: Synthetic resin floorings ".
35. ISO 6507-1:2005- "Metallic materials -- Vickers hardness test -- Part 1: Test method".
36. Cação, Carlos M., Dissertação de Mestrado – “Betonilha de Revestimento de Pavimentos”, Escola de Engenharia, Universidade do Minho 2011.

## ANEXO A

---

Lista de Empresas consultadas no âmbito desta dissertação:

- 1) “*Camara Municipal de Esposende, Divisão de Obras Municipais*”; Praça do Município, 4740-223 Esposende. Tlf: 253960176. Email:joao.leite@cm-esposende.pt;
- 2) “*PAVIESTE – Execução Técnica de Pavimentos*”, Rua da Boavista, 263, Zona Industrial da Feiteira, 4415-551 Grijó- Gaia. Tlf:227410115; Email:geral@pavieste.pt;
- 3) “*Lusomapei S.A.*”, Business Parque Tejo XXI, E.N.1, Gueifas – 2600-659 Castanheira do Ribatejo. Tlf:263860360; Email:geral@mapei.pt;
- 4) “*Valentim José Luís & Filhos S.A. – Construção civil e obras públicas*”, Rua dos Engenheiros, nº36, 4490-233 Argivai, Póvoa de Varzim. Tlf:252684589; Email:paulotorres@valentim.com.pt