



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Civil**



## **Tipologia, instalação, funcionamento e manutenção de diversos tipos de juntas de dilatação em Obras de Arte**

**CARLOS MANUEL SEBASTIÃO FERREIRA**  
Licenciado em Engenharia Civil

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de  
Especialização de Estruturas

Orientador:

Mestre João Carlos dos Santos Barata

Júri:

Presidente: Mestre Cristina Ferreira Xavier de Brito Machado

Vogais:

Mestre João Carlos dos Santos Barata

Doutor Luciano Jacinto

**Dezembro de 2013**



# **TIPOLOGIA, INSTALAÇÃO, FUNCIONAMENTO E MANUTENÇÃO DE DIVERSOS TIPOS DE JUNTAS DE DILATAÇÃO EM OBRAS DE ARTE**

## **RESUMO**

As Obras de Arte são estruturas que ao longo do tempo estão sujeitas a diversas acções, como a variação da temperatura e efeitos diferidos. Acções estas, que originam movimentos e põem em causa o bom funcionamento da estrutura. É neste contexto que existem as juntas de dilatação, que têm o importante papel de acomodar esses movimentos, fazendo com que a estrutura responda de um modo eficiente às solicitações que lhe são impostas.

As juntas de dilatação são elementos de alguma complexidade, que servem de transição entre tabuleiro e encontros ou entre dois tabuleiros contíguos, localizando-se portanto no ponto mais vulnerável da estrutura. Por estarem situados à superfície, estes elementos são expostos a acções que podem ser prejudiciais à sua funcionalidade.

Como tal, na elaboração deste Trabalho Final de Mestrado, focou-se os aspectos mais importantes relativos às juntas de dilatação em Obras de Arte. Ainda assim, começa-se por abordar os diferentes campos de aplicação de juntas de dilatação. Após isto, passa-se a falar exclusivamente da utilização de juntas de dilatação em Obras de Arte, destacando os diversos tipos existentes e os seus processos de instalação, inspecção e manutenção. Seguidamente, é feita uma análise de um caso prático de juntas de dilatação em Obras de Arte. Por fim, são tiradas as devidas conclusões da elaboração deste estudo.



# **TIPOLOGY, INSTALLATION, BEHAVIOR AND MAINTENANCE OF SEVERAL TYPES OF EXPANSION JOINTS IN BRIDGES**

## **ABSTRACT**

The bridges are structures which over time are exposed to several actions, like temperature variation and time effects. Those actions come up with movements, which compromise the proper function of the structure. That's why exists expansion joints, which has the important role of adapt the movements and maintain the well-functioning of the structure.

The expansion joints are elements with some complexity, which does the transition between the decks and abutments or between two adjacent trays, for that are located in the most vulnerable position possible on any bridge. Because they are located at the surface, these elements are exposed to actions that may be harmful to their functionality.

The aim of this dissertation is focus on the most important aspects of expansion joints into bridges. But before that, it starts by approaching the different fields of application of expansion joints. After it, expansion joints in road bridges becomes the main topic, highlighting the various existing types and their installation, inspection and maintenance procedures. Then, an analysis of a case study of expansion joints into bridges it's done. In the end, it is presented the appropriate conclusions of the study of this work.



## **PALAVRAS-CHAVE / KEYWORDS**

Temperatura/Temperature

Compressão/Compression

Junta/Joint

Dilatação/Expansion

Elastómero/Elastomer

Fluência/Creep

Retracção/Shrinkage



## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar quero agradecer ao Engenheiro João Carlos dos Santos Barata, pela confiança depositada em mim no desenvolvimento deste tema. O tempo dedicado, conhecimento e apoio apresentados foram um estímulo e indispensáveis para a conclusão deste trabalho.

À empresa Freyssinet-Terra Armada S.A., representada pelos seus colaboradores, o meu obrigado pela sua disponibilidade e partilha de conhecimentos através da sua experiência profissional sobre o tema.

Aos meus amigos dedico um agradecimento especial, pela sua amizade, força e momentos partilhados ao longo destes anos.

Por último, e mais importante, agradeço à minha família, em especial aos meus pais, Carlos e Cândida, e à minha irmã Carolina, por aquilo que representam na minha vida e pelo apoio e incentivo inesgotáveis. Sem eles, a conclusão desta etapa educativa teria sido muito mais complicada de alcançar. Mais uma vez, o meu muito obrigado.



## **SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS**

### **SIMBOLOGIA**

$\delta_{c+s}$	Deslocamentos da fluência e retracção
$\delta_E$	Deslocamento sísmico
$\delta_{VUT}$	Deslocamento devido à variação uniforme da temperatura
$\psi_1$	Coefficiente de segurança
$\varphi(t)$	Coefficiente de fluência
$\varepsilon_{sc}(t)$	Coefficiente de retracção
$f_y$	Tensão de cedência dos elementos em aço
$f_u$	Tensão de rotura dos elementos em aço
$f_{yb}$	Tensão de cedência dos elementos de fixação
$f_{ub}$	Tensão de rotura dos elementos de fixação

### **ABREVIATURAS**

DCC	Direcção de Conservação
E.P.	Estradas de Portugal
gap	Espaço de junta
GOA	Gestão de Obras de Arte
JAЕ	Junta Autónoma de Estradas

ISEL Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

PTFE Politetrafluoretileno

ppcm Píxel por centímetro

r.p.m Rotações por minuto

## **ÍNDICE GERAL**

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento do Tema com a Engenharia Civil.....	1
1.2. Objectivos.....	2
1.3. Estrutura do Trabalho .....	3
<b>2. JUNTAS DE DILATAÇÃO.....</b>	<b>5</b>
2.1. Verticais.....	8
2.2. Horizontais .....	9
2.3. Aéreas .....	9
2.3.1. Junta Aberta.....	12
2.3.2. Junta Enterrada .....	14
2.3.3. Junta de Betume Modificado.....	16
2.3.4. Junta Selada com Material Elástico.....	19
2.3.5. Junta de Compressão .....	21
2.3.6. Junta Elástica Expansível Nucleada Estrutural .....	22
2.3.7. Junta com Bandas Flexíveis de Elastómero .....	23
2.3.8. Junta de Placas Metálicas Deslizantes.....	26
2.3.9. Junta de Elastómero com Chapas Metálicas .....	27
2.3.10. Junta Dentada .....	29
2.3.11. Junta de Elastómero com Chapas Metálicas Composta .....	31
2.3.12. Junta de Placas Metálicas com Roletes .....	32
2.3.13. Junta Modular Expansível .....	33
2.3.14. Junta de Dilatação para Estruturas Ferroviárias .....	36
<b>3. JUNTAS DE DILATAÇÃO EM OBRAS DE ARTE.....</b>	<b>39</b>
3.1. Determinação do Tipo de Junta de Dilatação.....	39
3.2. Materiais .....	44

3.2.1. Aços .....	44
3.2.2. Elastómeros .....	45
3.3. Instalação .....	46
3.4. Patologias .....	51
3.4.1. Tipos de Patologias.....	51
3.4.2. Causas das Patologias.....	58
3.5. Inspeção .....	58
3.5.1. Tipos de Inspeção .....	59
3.5.2. Técnicas de Inspeção e Diagnóstico .....	59
3.6. Manutenção .....	61
3.7. Segurança em Obra.....	62
3.7.1. Equipamentos de Protecção Individual .....	63
3.7.2. Cortes de Via .....	64
3.8. Caracterização da Situação Portuguesa .....	66
3.8.1. Tipologia de Juntas de Dilatação em Portugal .....	69
3.8.2. Inspeção, Patologias e Manutenção de Obras de Arte Portuguesas .....	77
3.8.3. Caracterização do Mercado Português .....	84
<b>4. CASO DE ESTUDO .....</b>	<b>91</b>
4.1. Estaleiro .....	92
4.1.1. Sistema de Alimentação Energética .....	92
4.1.2. Sistema de Tratamento de Resíduos.....	92
4.1.3. Equipamentos .....	92
4.1.4. Equipamentos de Emergência .....	93
4.2. Segurança.....	93
4.2.1. Sinalização.....	94
4.2.2. Protecções Individuais.....	94

4.3. Trabalhos .....	95
4.3.1. Trabalhos Realizados.....	95
4.3.2. Equipamentos Utilizados por Trabalho .....	95
4.3.3. Constituição das Equipas por Trabalho .....	96
4.3.4. Duração dos Trabalhos .....	97
4.4. Junta de Dilatação Instalada .....	98
4.4.1. Apresentação da Junta MULTIFLEX .....	99
4.4.2. Características dos Materiais .....	100
4.4.3. Instalação da Junta de Dilatação.....	102
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>109</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>115</b>



## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 – Junta de betonagem [4].....	7
Figura 2 – Junta de dilatação vertical [ <a href="http://kenotecil.pt">http://kenotecil.pt</a> ].....	8
Figura 3 – Junta de dilatação horizontal [ <a href="http://colegiodearquitectos.com.br">http://colegiodearquitectos.com.br</a> ].....	9
Figura 4 – Junta de dilatação aérea [ <a href="http://engenhariae.com.br">http://engenhariae.com.br</a> ] .....	9
Figura 5 – Requisitos de segurança recomendados [5].....	10
Figura 6 – Design e aplicação de junta normal em esquema (à esquerda) [35] e real (à direita) [36] .....	11
Figura 7 – Design e aplicação de junta em viés em esquema (à esquerda) (Adaptado) [35] e real (à direita) .....	11
Figura 8 – Junta de dilatação aberta [6] .....	12
Figura 9 – Esquema de junta de dilatação aberta sem protecção (à esquerda) e com protecção (à direita) [18].....	12
Figura 10 – Junta de dilatação aberta com membrana de drenagem (Adaptado) [27].....	13
Figura 11 – Junta de dilatação enterrada (Adaptado) [17].....	14
Figura 12 – Junta de dilatação enterrada em boas condições (à esquerda) [19] e degradada (à direita) [8].....	15
Figura 13 – Junta de dilatação enterrada selada por um perfil de borracha (à esquerda) e com selagem contínua, para além de um perfil de borracha adicional (à direita) (Adaptado) [5].....	15
Figura 14 – Junta de dilatação de betume modificado [ <a href="http://hmslimited.co.uk">http://hmslimited.co.uk</a> ] .	16
Figura 15 – Junta de dilatação de betume modificado com um cordão de material flexível [6].....	17
Figura 16 – Junta de dilatação de betume modificado com um perfil de borracha [5].....	17
Figura 17 – Junta de dilatação de betume modificado sem selagem [5].....	18

Figura 18 – Junta selada com material elástico em esquema (à esquerda) [21] e real (à direita) [ <a href="http://granor.com.au">http://granor.com.au</a> ].....	20
Figura 19 – Junta de compressão em esquema (à esquerda) [21] e aplicação da mesma (à direita) [ <a href="http://nyavebr.com">http://nyavebr.com</a> ].....	21
Figura 20 – Junta JEENE em esquema (à esquerda) e real (à direita) [21] .....	23
Figura 21 – Junta com bandas flexíveis de elastómero de blocos de elastómero armado em esquema (à esquerda) [6] e real (à direita) [23].....	24
Figura 22 – Esquemas de junta com bandas flexíveis de elastómero de perfis metálicos com fitas de neoprene (à esquerda) e com selagem Elastoblock da Maurer de neoprene (à direita) [ <a href="http://maurer-soehne.com.br">http://maurer-soehne.com.br</a> ] .....	24
Figura 23 – Esquema de junta com banda flexível de elastómero, com placa de cobertura aplicada em passeios [5] .....	25
Figura 24 – Perfil para passeios em esquema (à esquerda) [5] e real (à direita) [24] .....	25
Figura 25 – Juntas de placas metálicas deslizantes sem dentes (à esquerda) e com dentes (à direita) [5] .....	26
Figura 26 – Junta de elastómero com chapas metálicas em esquema (à esquerda) [5] e real (à direita).....	27
Figura 27 – Junta de elastómero com chapas metálicas com reforço metálico simples (à esquerda) e com corpo duplo (à direita) [26].....	28
Figura 28 – Junta dentada rectangular (à esquerda) [28] e triangular (à direita) [ <a href="http://en.wikipedia.org">http://en.wikipedia.org</a> ].....	29
Figura 29 – Junta dentada com calha em esquema (à esquerda) [28] e real (à direita) [29].....	30
Figura 30 – Junta de elastómero com chapas metálicas composta em esquema (à esquerda) e real (à direita) [30] .....	31
Figura 31 – Junta de placas metálicas com roletes em esquema (à esquerda) [ <a href="http://rwsh.de">http://rwsh.de</a> ] e real (à direita) [31].....	33

Figura 32 – Junta modular expansível vista por baixo (à esquerda) e vista por cima (à direita) [32] .....	34
Figura 33 – Esquemas da junta modular expansível com elemento expansível em V (à esquerda) e com elemento expansível em caixa (à direita) [33]	34
Figura 34 – Movimentos de uma junta modular expansível [32] .....	35
Figura 35 – Dispositivo aplicado no carril não contínuo em esquema (à esquerda) [5] e real (à direita) [ <a href="http://vossloh-north-america.com">http://vossloh-north-america.com</a> ].....	36
Figura 36 – Movimentação horizontal resultante de mudanças de temperatura e efeitos da fluência e retracção [19] .....	40
Figura 37 – Movimentação vertical e rotação causada pela fundação da estrutura [19] .....	41
Figura 38 – Rotação causada pelas cargas dinâmicas [19] .....	41
Figura 39 – Rotação causada pela diferença de temperatura [19] .....	42
Figura 40 – Direcção do deslocamento provocado pela fluência (acima) e direcção do deslocamento provocado pela variação de temperatura e retracção (abaixo) [39].....	42
Figura 41 – Caracterização das componentes do movimento para obra com viés [39].....	43
Figura 42 – Movimentos possíveis em juntas de dilatação [5] .....	43
Figura 43 – Preparação para instalação de uma junta de dilatação [ <a href="http://mageba.ch">http://mageba.ch</a> ] .....	47
Figura 44 – Colocação da junta de dilatação através de uma construção auxiliar [ <a href="http://flickr.com">http://flickr.com</a> ] .....	48
Figura 45 – Chapa de aço galvanizado sobre a junta no passeio .....	50
Figura 46 – Guarda corpos (à esquerda) e rail de protecção (à direita) .....	50
Figura 47 – Degradação da camada de transição entre a junta de dilatação e o pavimento [7] .....	53
Figura 48 – Desnivelamento da junta de dilatação relativamente ao pavimento [8] .....	54

Figura 49 – Acumulação de detritos na junta de dilatação [8].....	55
Figura 50 – Desaperto de fixações na junta de dilatação [7] .....	55
Figura 51 – Ausência de junta de dilatação [37].....	56
Figura 52 – Falta de estanquicidade na junta de dilatação [7] .....	57
Figura 53 – Falta de aderência e formação de ruído da junta de dilatação [8] .....	57
Figura 54 – Recolocação da selagem [32] .....	62
Figura 55 – Painéis para sinalização de aproximação.....	64
Figura 56 – Dispositivos complementares utilizados.....	65
Figura 57 – Sinais de fim de proibição e painéis temporários .....	65
Figura 58 – Sinais de obrigação .....	65
Figura 59 – Ponte da Arrábida no Porto do Eng.º Edgar Cardoso [ <a href="http://photografiado.com">http://photografiado.com</a> ] .....	66
Figura 60 – Mapa da Rede Rodoviária Brisa [ <a href="http://brisa.pt">http://brisa.pt</a> ] .....	74
Figura 61 – Localização da execução dos trabalhos. ....	91
Figura 62 – Amplitude registada no guarda corpos (à esquerda) e no espaço de junta (à direita) .....	98
Figura 63 – Junta de funcionamento simples (à esquerda) e duplo (à direita) [38] .....	100
Figura 64 – Transição entre o pavimento antigo e novo.....	102
Figura 65 – Corte do pavimento em esquema [38] e guias para corte do pavimento [37] .....	103
Figura 66 – Máquina de corte [ <a href="http://anzeve.com">http://anzeve.com</a> ] .....	103
Figura 67 – Martelo eléctrico demolidor [ <a href="http://biglok.com.br">http://biglok.com.br</a> ].....	104
Figura 68 – Abertura de caixa [38] e verificação do nivelamento do berço .....	104
Figura 69 – Perfuração no berço para posterior fixação dos pernos [37] .....	104
Figura 70 – Instalação dos pernos [38] .....	105

Figura 71 – Instalação dos módulos da junta em esquema (à esquerda) [38] e em obra (à direita) .....	106
Figura 72 – Limpeza após instalação dos módulos.....	106
Figura 73 – Junta de dilatação MULTIFLEX concluída .....	107



## **ÍNDICE DE QUADROS**

Quadro 1 – Causas mais usuais para a utilização de juntas (Adaptado) [2] .....	5
Quadro 2 – Características para cada categoria dos materiais elastoméricos (Adaptado) [5] .....	46
Quadro 3 – Classificação das principais patologias existentes em juntas de dilatação em Obras de Arte (Adaptado) [6] .....	52
Quadro 4 – Técnicas de Inspeção e Diagnostico (Adaptado) [6] .....	60
Quadro 5 – Tipos de juntas de dilatação em Obras de Arte portuguesas (Adaptado) [6] .....	70
Quadro 6 – Quadro comparativo entre tipos de Obras de Arte da Estradas de Portugal e Brisa .....	75
Quadro 7 – Distribuição de juntas de dilatação em Obras de Arte da concessionária Brisa por diferentes espaços temporais e por utilização (Adaptado) [14] .....	76
Quadro 8 – Equipamento utilizado em cada trabalho .....	96
Quadro 9 – Constituição das equipas por trabalho .....	97
Quadro 10 – Duração dos trabalhos por quantidade unitária .....	98
Quadro 11 – Juntas de funcionamento simples (Adaptado) [38] .....	99
Quadro 12 – Juntas de funcionamento duplo (Adaptado) [38] .....	99
Quadro 13 – Tipos de juntas MULTIFLEX instaladas (Adaptado) [38] .....	100
Quadro 14 – Características do elastómero (Adaptado) [38] .....	101
Quadro 15 – Características da perfuração dos orifícios por tipo de junta MULTIFLEX (Adaptado) [38] .....	105



## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Variação da fluência (à esquerda) e da retracção (à direita) (Adaptado) [5] .....	49
Gráfico 2 – Distribuição de Obras de Arte da concessionária Estradas de Portugal por distrito (Adaptado) [12] .....	67
Gráfico 3 – Distribuição de Obras de Arte da concessionária Estradas de Portugal por tipologia (Adaptado) [12] .....	68
Gráfico 4 – Percentagens de Obras de Arte da concessionária Estradas de Portugal por componente (Adaptado) [12] .....	69
Gráfico 5 – Percentagens de Obras de Arte da concessionária Estradas de Portugal por componente no distrito do Porto (Adaptado) [12] .....	71
Gráfico 6 – Distribuição de Obras de Arte com juntas de dilatação da concessionária Estradas de Portugal pela sua tipologia no distrito do Porto (Adaptado) [12] .....	72
Gráfico 7 – Distribuição de juntas de dilatação instaladas nas Obras de Arte da concessionária Estradas de Portugal por tipologia no distrito do Porto (Adaptado) [12] .....	73
Gráfico 8 – Distribuição de Obras de Arte da concessionária Brisa por tipologia (Adaptado) [14] .....	74
Gráfico 9 – Distribuição de Obras de Arte por tipologia (Adaptado) [7] .....	78
Gráfico 10 – Percentagens de componentes de Obras de Arte com patologias (Adaptado) [7] .....	79
Gráfico 11 – Percentagens de patologias encontradas (Adaptado) [14] .....	80
Gráfico 12 – Percentagens de técnicas de inspecção e diagnóstico utilizadas (Adaptado) [13] .....	81
Gráfico 13 – Percentagens de tipos de técnicas de inspecção e diagnóstico utilizadas [13] .....	82

Gráfico 14 – Percentagens de Técnicas de Manutenção e Reabilitação utilizadas (Adaptado) [14] .....	83
Gráfico 15 – Percentagens de juntas de dilatação instaladas por fabricante/representante desde 1995 (Adaptado) [10] .....	85
Gráfico 16 – Distribuição de juntas de dilatação instaladas desde 1995 por fabricante/representante e por tipo de Obra de Arte (Adaptado) [10]	86
Gráfico 17 – Distribuição de juntas de dilatação por amplitudes (Adaptado) [10] .....	87
Gráfico 18 – Preço por metro linear de junta de dilatação de cada fabricante/representante para cada amplitude (Adaptado) [10] .....	88

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Enquadramento do Tema com a Engenharia Civil

As juntas de dilatação foram concebidas para assegurar a continuidade de circulação entre dois elementos estruturais contíguos, acomodando-se aos movimentos sofridos pelas estruturas, causados pelos efeitos de fluência, de retracção, de variações de temperatura e de deformações de exploração, sem que haja transmissão de esforços entre eles, promovendo assim a segurança rodoviária, ferroviária e pedonal.

Nas antigas pontes de pedra e/ou madeira, os movimentos entre os dois elementos estruturais eram muito reduzidos, fazendo com que não fosse necessário aparelhos adicionais para fechar o espaço de junta ou *gap* (termo técnico usualmente usado). As primeiras juntas de dilatação concebidas, tinham directa aplicação em pontes ferroviárias de aço, devido ao facto dos seus movimentos não serem negligenciáveis.

Com o aumento de tráfego e velocidade, fechar o espaço de junta tornou-se uma necessidade por razões de segurança, especialmente com apoios móveis. Inicialmente foram utilizadas placas de cobertura para desempenharem o papel de juntas de dilatação, coisa que não era concebível para Obras de Arte de maior dimensão, sendo então utilizadas juntas de chapas deslizantes. Estas juntas de dilatação não eram à prova de água e como tal fazia com que a água escorresse pelos apoios e pilares. As primeiras juntas à prova de água foram construídas usando placas de metal envolvidas em borracha, para absorver os movimentos. Este princípio levou à criação de diferentes juntas de dilatação, consoante as larguras do espaço de junta.

As juntas de dilatação diferenciam-se pela amplitude de movimento e pelo tratamento que recebem para as fechar. Elas são adequadas a todas as obras realizadas em betão armado ou pré-esforçado, metálicas ou mistas, e particularmente eficazes para tabuleiros de pontes e viadutos.

A concepção das juntas de dilatação poderá admitir também um movimento vertical, suficiente para permitir eventuais substituições de aparelhos de apoio sem ser necessário desmontar a junta.

Para além disso, elas asseguram o escoamento de água e graças à sua concepção minimizam os danos sonoros causados pela circulação.

As juntas de dilatação são equipamentos que suportam as elevadas solicitações de uma circulação rodoviária em constante aumento, sendo também directamente expostas à poluição, aos hidrocarbonetos e às soluções químicas de tratamento anti-gelo.

A concepção das juntas de dilatação depende da natureza dos materiais utilizados, os quais poderão permitir resistir a estas agressões e conferir-lhes uma durabilidade extraordinária.

O estudo e análise dos diversos tipos de juntas de dilatação em Obras de Arte, faz com que no âmbito da Engenharia Civil, haja uma maior sensibilidade e conhecimento da parte do engenheiro projectista, que quando confrontado com as diversas situações do dia-a-dia, saiba qual a melhor junta de dilatação a aplicar a cada circunstância.

## **1.2. Objectivos**

Este Trabalho Final de Mestrado tem por objectivo analisar os diversos tipos de juntas de dilatação aplicáveis em Obras de Arte e a sua correlação com a durabilidade, funcionamento, materiais, economia, instalação, patologias e manutenção.

É expectável que com a elaboração deste trabalho, haja uma maior percepção dos diversos tipos de juntas de dilatação em Obras de Arte e ao mesmo tempo que juntas de dilatação são mais adequadas aos diversos desafios que são propostos ao engenheiro.

### **1.3. Estrutura do Trabalho**

Este Trabalho Final de Mestrado é constituído por cinco capítulos. No **primeiro capítulo**, é feita uma introdução ao tema com uma breve abordagem histórica, demonstrando a importância do seu domínio para o campo da Engenharia Civil, sendo também definidos os objectivos do trabalho. No **segundo capítulo**, faz-se uma referência às juntas de dilatação nos diferentes campos de aplicação e também à tipologia de juntas de dilatação utilizada em Obras de Arte.

No **terceiro capítulo** são abordados os vários aspectos que envolvem as juntas de dilatação em Obras de Arte, nomeadamente os seus processos de instalação, substituição, inspecção e manutenção, como também as suas patologias. Neste capítulo é ainda mencionada a preparação em segurança da substituição, ou manutenção de juntas de dilatação. Por fim, é apresentada a situação portuguesa relativamente ao campo das juntas de dilatação em Obras de Arte. No **quarto capítulo**, é feita a análise de um caso prático de juntas de dilatação em Obras de Arte, tocando em diversos aspectos do procedimento da obra.

Por último, é apresentado o **quinto capítulo**, com as conclusões retiradas da elaboração deste Trabalho Final de Mestrado.



## 2. JUNTAS DE DILATAÇÃO

As estruturas são constituídas por diversos elementos, que devido aos seus materiais e às suas propriedades dinâmicas, implica por vezes a colocação de juntas para garantir o seu bom funcionamento. Estas, são mecanismos de descontinuidade estrutural, que apresentam a função básica de permitir a movimentação de segmentos estruturais de uma construção de forma independente, conferindo flexibilidade sem que a funcionalidade e a segurança do conjunto sejam comprometidas [1]. O seguinte quadro mostra as causas mais frequentes para a utilização de juntas (Quadro 1).

Causas	Objectivo da Junta
Elevados esforços devidos a deformações impostas (especialmente variação térmica e efeitos diferidos)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reduzir esforços;</li><li>• Evitar patologias (fendas e fissuração);</li><li>• Reduzir reforços com armaduras passivas ou pré-esforço.</li></ul>
Indesejável distribuição de rigidez em planta	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reduzir efeito de torção;</li><li>• Reduzir esforços devidos a acções horizontais;</li><li>• Reduzir esforços devidos a deformações impostas e evitar fenómenos difíceis de avaliar (estruturas complexas).</li></ul>
Solos com relevantes variações de características geotécnicas em planta	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evitar esforços e/ou patologias resultantes de assentamentos diferenciais.</li></ul>
Fundações com fraca adaptabilidade a movimentos horizontais	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evitar esforços excessivos nas fundações (ex. em estacas).</li></ul>
Optimização de processos construtivos (evitar condicionamento de fases construtivas)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evitar volumes de betonagem excessivamente elevados;</li><li>• Permitir maior versatilidade do faseamento construtivo.</li></ul>
Simplificação da volumetria de estruturas (dividir o volume das estruturas em sub-volumes regulares e simples)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evitar esforços devido a acções horizontais;</li><li>• Garantir modelos de cálculo mais fiáveis</li></ul>

Quadro 1 – Causas mais usuais para a utilização de juntas (Adaptado) [2]

Se por um lado é vantajoso a utilização de juntas, por outro acarreta consequências negativas para a estrutura. Dessas realçam-se a perda parcial de estanquicidade, os custos de inspecção e manutenção das mesmas, a redução de rigidez da estrutura e a possibilidade de choque entre estruturas muito próximas [2]. Tendo em conta estes factores, a ponderação da sua utilização deve ser alvo de uma cuidadosa avaliação das especificidades do projecto, devendo o projectista decidir em conformidade.

Existem diversos tipos de juntas, umas que se enquadram no plano estrutural e outras no plano não estrutural. As do plano estrutural definem-se pela separação ou afastamento físico de elementos ou corpos estruturais. Já as não estruturais, assumem-se como a separação ou afastamento de materiais diferentes ou de corpos não estruturais [2].

Uma das juntas mais comuns é a **Junta de Dilatação**. Esta insere-se no campo das juntas de movimento, sendo muitas vezes confundida como juntas de construção, no entanto, a sua concepção e objectivo são distintos [<http://sotecnisol.pt>].

As juntas de construção são utilizadas somente numa fase da construção e de carácter provisório. Dividem-se em juntas de construção vertical e juntas de construção horizontal, que tem como função resolver problemas de construção. Sempre que possível devem de ser evitadas, uma vez que estes tipos de juntas introduzem pontos de fragilidade na estrutura, daí o estudo da sua aplicação ter de ser minucioso. Ainda assim, a sua utilização é aconselhável para a resolução das seguintes situações [3]:

- Construção por fases – é necessário existirem elementos estruturais construídos para betonar os seguintes elementos (a ligação pilar-viga é um bom exemplo disso mesmo);
- Limitação dos volumes de betonagem – o volume a betonar pode ser de grande dimensão. Como tal, o empreiteiro pode não ter os meios e recursos humanos necessários para o fazer de uma só vez;
- Condicionantes de prazos – para obter uma distribuição organizada e eficaz de tarefas, onde intervêm várias equipas com tarefas específicas derivadas das diversas subempreitadas, o empreiteiro deve de criar um

mapa de obra de ciclos curtos. Desta forma, pode prevenir o não cumprimento dos prazos desejáveis.

Tem-se como exemplo de juntas de construção as juntas de betonagem (Figura 1).



Figura 1 – Junta de betonagem [4]

Já as juntas de movimento são elementos que permitem a existência de movimentos relativos entre estruturas, elementos estruturais, ou ainda entre elementos estruturais e não estruturais constituídos por diferentes materiais, de uma forma livre ou condicionada, resultantes de diversos factores, tais como [3]:

- Variações térmicas uniformes e/ou diferenciais
- Cargas verticais ou horizontais permanentes
- Cargas verticais ou horizontais variáveis
- Vento
- Sismo
- Impulsos de terras
- Movimentos ou assentamentos do solo

Como já foi dito anteriormente, as **Juntas de Dilatação** permitem a separação física entre duas partes de uma estrutura, com a finalidade de permitir a movimentação entre as mesmas sem que haja transmissão de esforços entre elas, conferindo assim flexibilidade sem que a funcionalidade e segurança do conjunto sejam comprometidas.

Estas diferem-se pela sua instalação, tratamento que recebem de fecho e pela sua amplitude de movimento que está geralmente compreendida entre 2 a 3 cm, podendo ter maiores amplitudes [<http://engenhariae.com.br>].

As **Juntas de Dilatação** são usadas nas mais variadas situações, como por exemplo: pavimentos, fachadas e Obras de Arte. Como tal, podem-se dividir em três grupos: verticais, horizontais e aéreas [<http://kenotecil.pt>].

## 2.1. Verticais

Assume-se como **Juntas de Dilatação Verticais** (Figura 2) sistemas que controlam o movimento de elementos estruturais no sentido vertical, como por exemplo em fachadas de edifícios, muros e junção de edifícios.



Figura 2 – Junta de dilatação vertical [<http://kenotecil.pt>]

## **2.2. Horizontais**

Tem-se como **Junta de Dilatação Horizontal** (Figura 3) as que controlam o movimento horizontal em elementos estruturais. Os casos mais comuns da sua execução são em pavimentos de edifícios e parques subterrâneos.



Figura 3 – Junta de dilatação horizontal [<http://colegiodearquitetos.com.br>]

## **2.3. Aéreas**

As **Juntas de Dilatação Aéreas** (Figura 4) são aquelas que vão ao encontro do âmbito deste Trabalho Final de Mestrado, por serem as que são aplicadas em Obras de Arte como pontes, viadutos, passagens superiores e passagens inferiores.



Figura 4 – Junta de dilatação aérea [<http://engenhariae.com.br>]

Devido ao seu campo de aplicação, este grupo de juntas de dilatação tem de cumprir diversos requisitos para garantir o seu bom funcionamento, tais como:

- Capacidade para acomodar movimentos sem induzir tensões inadmissíveis nos conjuntos ou noutras partes da estrutura;
- Proporcionar uma boa qualidade de circulação rodoviária e não causar transtornos para qualquer classe de utentes da estrada (incluindo ciclistas, pedestres e animais);
- Manter um nível aceitável de resistência à derrapagem, ou pelo menos, igual ao mínimo exigido do revestimento da via adjacente. O passeio também deve ter resistência aceitável à derrapagem;
- Capacidade de suporte para carregamento estático e dinâmico;
- Estanquicidade para salvaguardar os aparelhos de apoio, infra-estrutura e possível ligação de expansão de juntas da deterioração;
- Fácil de fiscalizar, de manter e de substituir as partes mais susceptíveis à deterioração;
- Resistente à deterioração repentina;
- Baixa emissão de sons ou vibração da passagem de tráfego;
- Segurança rodoviária.

Para os dois últimos pontos, é essencial haver uma limitação da largura do espaço de junta para que a sua função seja mais eficaz. Outro aspecto realçado por Günter Ramberger (2002), é o facto de ser “recomendável evitar desníveis entre os dois elementos estruturais superiores a 3% e 8 mm entre cada ponto de ligação da junta” (Figura 5) [5].

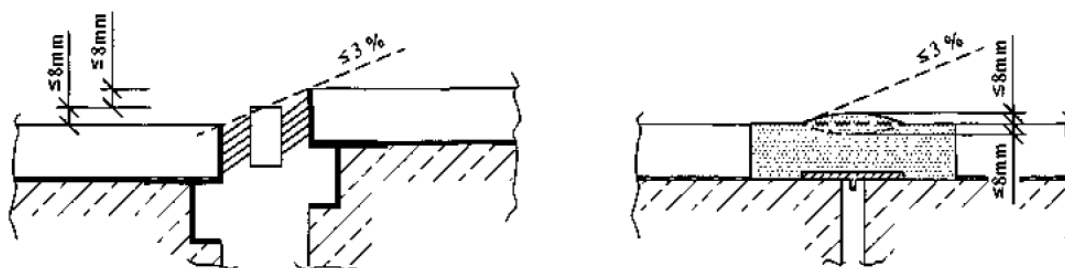


Figura 5 – Requisitos de segurança recomendados [5]

Para os requisitos acima mencionados, existem diversos tipos de juntas de dilatação em Obras de Arte, que podem ser divididos em dois grandes grupos: as juntas de dilatação abertas e as juntas de dilatação fechadas. A principal diferença entre ambas, reside no facto das juntas abertas permitirem a passagem de resíduos, ao passo que a junta fechada tem elementos que a selam, evitando que passem resíduos pela mesma.

Dependendo do tipo de estrutura, a junta de dilatação pode ainda ser normal ou em viés. A junta normal consiste na colocação da junta transversalmente à via (Figura 6). Já a junta em viés, é colocada com um ângulo de inclinação relativamente à direcção transversal da junta (Figura 7).

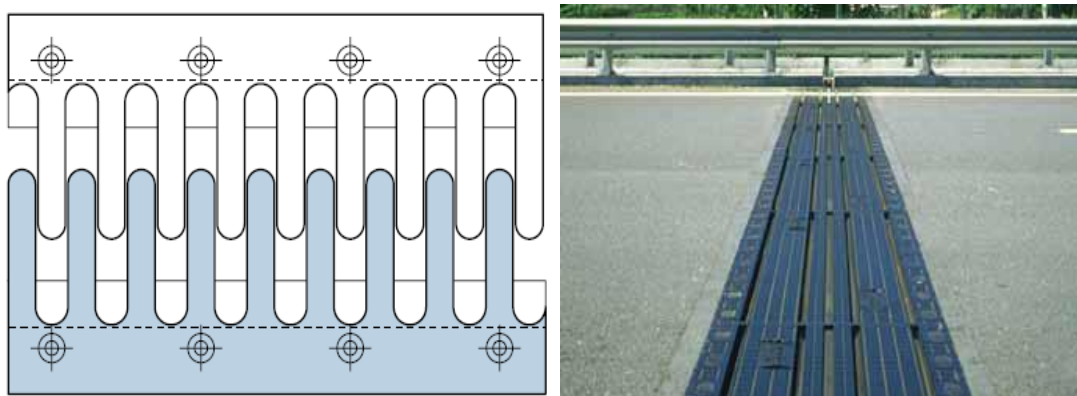


Figura 6 – Design e aplicação de junta normal em esquema (à esquerda) [35] e real (à direita) [36]

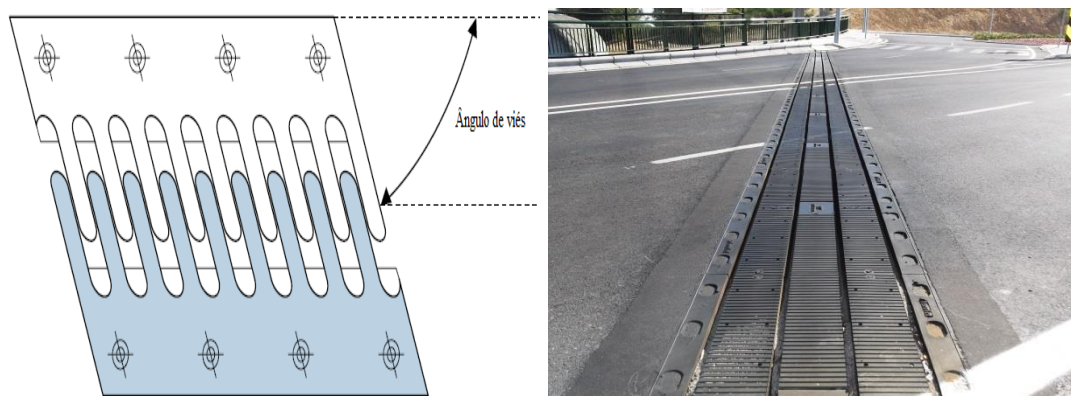


Figura 7 – Design e aplicação de junta em viés em esquema (à esquerda) (Adaptado) [35] e real (à direita)

Nos próximos pontos, apresentam-se os diferentes tipos de juntas de dilatação utilizadas em Obras de Arte, identificadas através de designações baseadas nas suas

características, procurando mostrar os aspectos mais relevantes de cada uma. De notar, que das juntas apresentadas só a primeira é que é do tipo junta aberta.

### 2.3.1. Junta Aberta

As juntas de dilatação abertas, definem-se pelo não preenchimento do espaço de junta com reforço dos bordos da estrutura (Figura 8). As faces são em betão e podem ter ou não protecção. Nas que têm protecção, são aplicados guarda-cantos em perfis metálicos do tipo cantoneira, ancorados ao betão e uma armadura suplementar (Figura 9). Outra vertente desta tipologia, é a colocação de um material compressível no espaço de junta. Têm aplicação em todo o tipo de vias, incluído as de tráfego intenso, para juntas fixas ou de movimento reduzido [11].



Figura 8 – Junta de dilatação aberta [6]

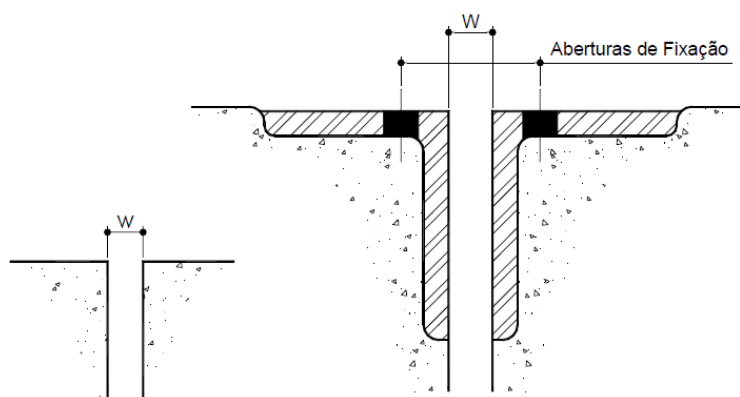


Figura 9 – Esquema de junta de dilatação aberta sem protecção (à esquerda) e com protecção (à direita) [18]

Para além das implicações que lhe estão associadas, como a livre passagem de água e detritos, que comprometem a durabilidade dos aparelhos de apoio, o desgaste feito pelas rodas nos veículos nos cantos da junta reduzem o seu tempo de vida útil. Para minimizar os efeitos desta livre passagem, por vezes é colocada uma membrana que canaliza a circulação das águas e detritos que escorrem através da junta (Figura 10).

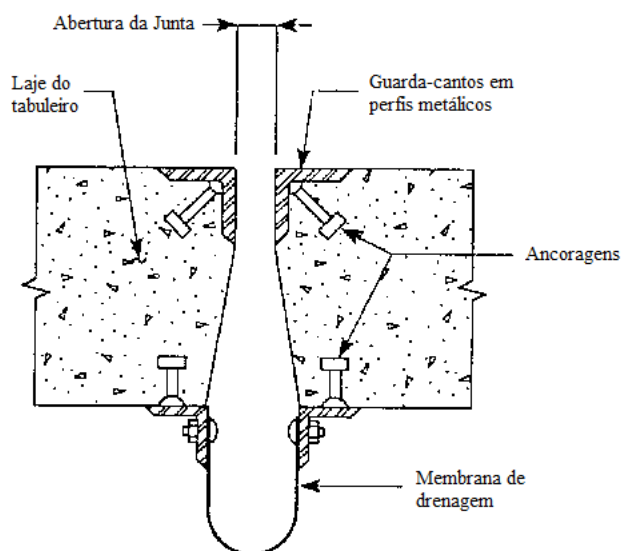


Figura 10 – Junta de dilatação aberta com membrana de drenagem (Adaptado) [27]

Para reabilitar os cantos da junta de dilatação aberta sem protecção, coloca-se argamassa polimérica de alta resistência, sendo que, durante o tempo de cura o tráfego é interrompido [15].

Já as juntas de dilatação abertas com protecção de cantoneiras metálicas, estão por norma empenadas, corroídas e com parafusos de fixação soltos. A única forma de corrigir esta situação passa pela demolição da mesma, com reconstrução de parte da laje de betão e aplicação de novas cantoneiras, não devendo ser usados comprimentos superiores a 2 metros. Como no último caso, durante o tempo de cura o tráfego é interrompido [15].

### Especificidades:

- Amplitude máxima de junta: 65 mm na horizontal para veículos motorizados [11].
- Patologias: Desnívelamento (ação de choque sob tráfego); Elementos de fixação soltos ou ausentes; Deformação da junta/material da junta; Corrosão do material de junta; Infiltração de águas.
- Tempo de vida útil: 5 anos [19].
- Período de inspeção: 2 em 2 anos [19].

#### 2.3.2. Junta Enterrada

Entende-se por junta de dilatação enterrada, a pavimentação da zona de junta com um betuminoso, sobre um elemento de suporte que cobre o espaço de junta da superestrutura (Figura 11). Para movimentos até 10 mm, o elemento de suporte utilizado é uma chapa metálica. Para movimentos acima de 10 mm, aplica-se um perfil de elastómero flexível como elemento de suporte para evitar fissuras nos bordos da placa de suporte (Figura 12) [5].

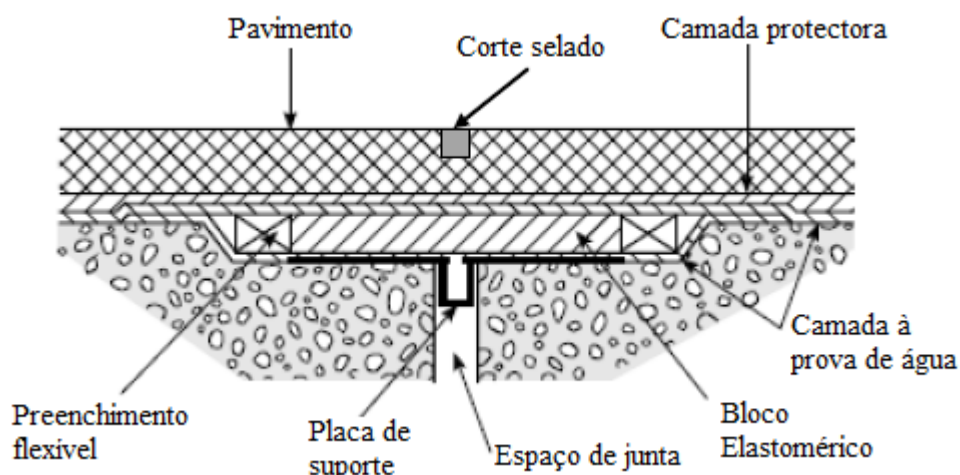


Figura 11 – Junta de dilatação enterrada (Adaptado) [17]



Figura 12 – Junta de dilatação enterrada em boas condições (à esquerda) [19] e degradada (à direita) [8]

É aconselhável um reforço do pavimento, para proporcionar uma distribuição uniforme da tensão. A espessura do pavimento deve de ser pelo menos de 80 mm e deve ser igual à espessura das partes correspondentes da superestrutura [5].

Devido ao facto dos pavimentos betuminosos não puderem garantir a estanquicidade necessária, é recomendável aplicar uma membrana impermeabilizante adicional para proteger os apoios e a subestrutura, da deterioração. No entanto, existem elementos de cobertura que preenchem os requisitos de suporte, impermeabilização e distribuição da tensão (Figura 13) [5].

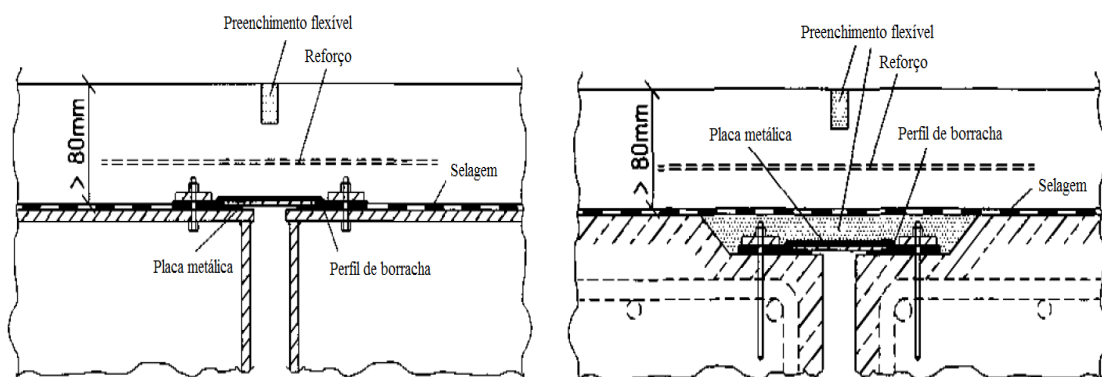


Figura 13 – Junta de dilatação enterrada selada por um perfil de borracha (à esquerda) e com selagem contínua, para além de um perfil de borracha adicional (à direita) (Adaptado) [5]

De notar, que este tipo de juntas tem hoje em dia uma aplicação muito reduzida, sendo que muitas delas já foram substituídas por outros tipos, tendo como mais comum as juntas de betume modificado. Em termos de utilização não tem qualquer condicionalismo, incluído as vias de tráfego intenso, para juntas fixas ou de movimento reduzido [11].

### **Especificidades:**

- Amplitude máxima de junta: 30 mm na horizontal e 1,3 mm na vertical [16].
- Patologias: Deterioração do pavimento; Infiltração de águas.
- Tempo de vida útil: 10-12 anos [19].
- Período de inspeção: de 6 em 6 anos e ultrapassado o tempo de vida útil da junta de 2 em 2 anos [19].

### 2.3.3. Junta de Betume Modificado

As juntas de betume modificado, caracterizam-se pela substituição do material asfáltico por betume modificado, com elastómeros e agregados siliciosos ou basálticos, aplicados numa mistura a quente num troço do pavimento, de largura compreendida entre 300 e 750 mm (Figura 14) [5].

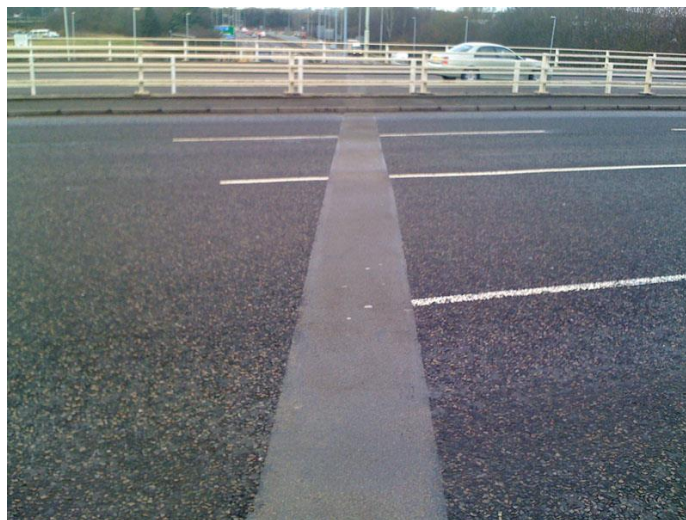


Figura 14 – Junta de dilatação de betume modificado [<http://hmslimited.co.uk>]

No processo de construção, começa-se pela definição da largura desejada. De seguida há 3 hipóteses, a aplicação de um cordão de material flexível no espaço de junta, para servir de selagem (Figura 15), a aplicação de um perfil de borracha sobre o espaço de junta, também para selar o mesmo (Figura 16), ou sem qualquer selagem (Figura 17).

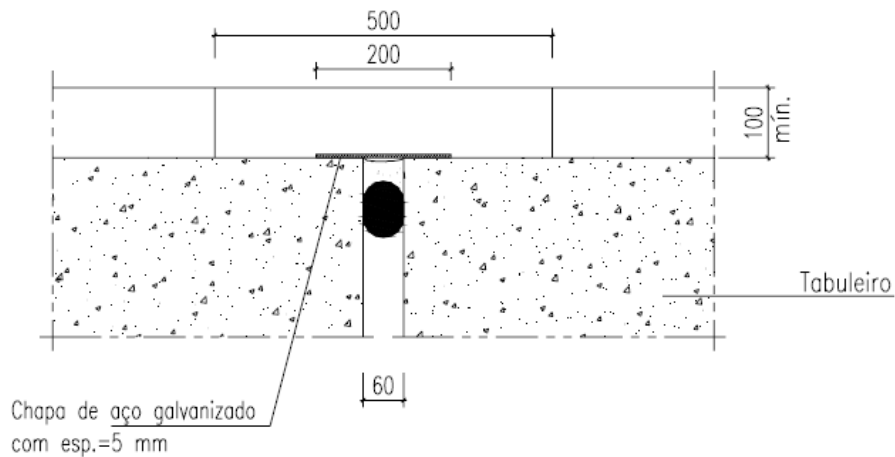


Figura 15 – Junta de dilatação de betume modificado com um cordão de material flexível [6]

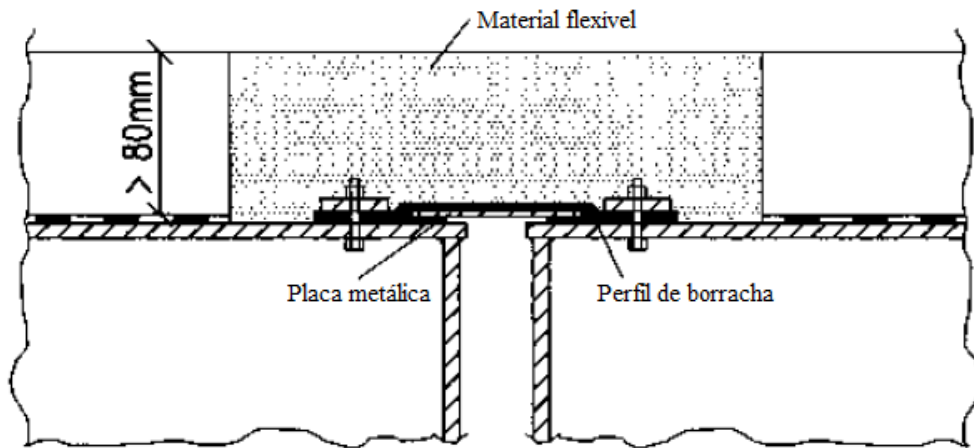


Figura 16 – Junta de dilatação de betume modificado com um perfil de borracha [5]

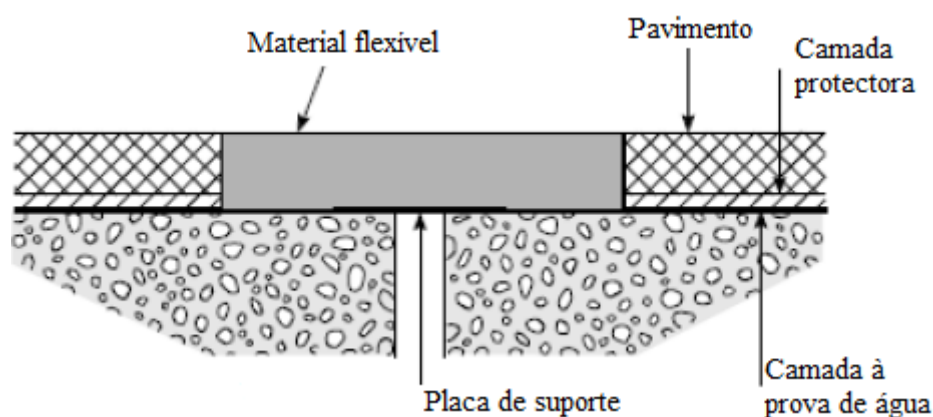


Figura 17 – Junta de dilatação de betume modificado sem selagem [5]

Após escolher a solução mais adequada, coloca-se uma chapa metálica para distribuir as tensões e deformações na mistura betuminosa aplicada sobre a mesma em estado líquido a altas temperaturas (150 a 190 °C) [11].

O preenchimento do troço deve ser feito por camadas, sendo no final executado uma compactação e uma selagem superficial para protecção à acção dos agentes atmosféricos. Para conferir uma certa rugosidade à superfície lisa, é distribuída areia siliciosa com um diâmetro máximo de 3 mm. A massa final deve ter uma espessura com valores entre 50 e 100 mm e deve ser 1/5 da largura do troço definido [11].

Estas juntas tiveram maior utilização a partir dos anos 70. Destinam-se essencialmente a estruturas de pequena dimensão em que a amplitude não excede os 25 mm e tem aplicação em todos os tipos de vias e tráfegos [11].

Quando a junta é em viés, é aconselhável a aplicação de um ângulo até 45° para evitar danos indesejados na largura efectiva da junta. No entanto, a largura da junta não deve exceder os 550 mm [11].

O material dilata e encurta com o movimento da junta, originando desníveis suportáveis no pavimento. No entanto, deixam de ser suportáveis a partir do momento que o material perde a sua elasticidade e surgirem lombas ou depressões no mesmo [15].

A colocação incorrecta do material resulta na danificação do pavimento. Problemas como a cedência do material devido ao peso dos veículos, travagens e

acelerações combinadas com temperaturas muito agressivas são muito comuns. Como tal, por serem juntas de curta vida de duração, recomenda-se que só sejam usadas com objectivos temporários [5].

Para melhorar a flexibilidade, elasticidade e ductilidade da junta, bem como a sua coesão e adesão às partes do pavimento, mistura-se os elastómeros, borracha de neoprene vulcanizada e outros tipos de borrachas sintéticas e cloradas na proporção de cerca de 25% aos asfaltos (betumes). Assim consegue-se baixar o seu custo conferindo ao produto betume/elastómero, através dos agregados, o endurecimento e consistência desejados [20].

### **Especificidades:**

- Amplitude máxima de junta: 40 mm na horizontal e 4 mm na vertical (os movimentos verticais são sensivelmente 1/10 dos movimentos horizontais) [16].
- Patologias: Descolamento na transição; Arrastamento do material betuminoso do pavimento sobre a junta; Deformação da junta/material da junta; Fissuração/corte da junta/material da junta; Destaque de material da junta; Infiltração de águas.
- Tempo de vida útil: 5 anos [19].
- Período de inspecção: de 2 em 2 anos [19].

#### 2.3.4. Junta Selada com Material Elástico

É uma tipologia que está a cair cada vez mais em desuso, que se resume, como o nome indica, à colocação de um material elástico (silicones, poliuretanos, entre outros), com estabilidade volumétrica, ligado aos bordos da junta e com capacidade de acomodar pequenos movimentos (Figura 18) [11].

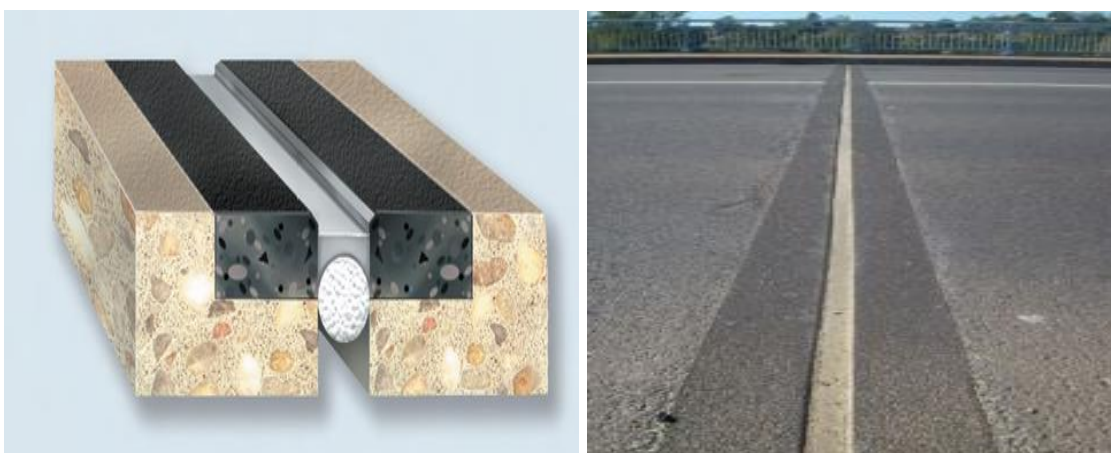


Figura 18 – Junta selada com material elástico em esquema (à esquerda) [21] e real (à direita) [http://granor.com.au]

Este é aplicado sobre um outro material (cordão de material flexível, espuma de poliuretano ou similar) previamente colocado no espaço de junta, que serve de cofragem e corpo de apoio à aplicação do material elástico. A selagem da junta pode ser executada sobre várias superfícies, como contra perfis metálicos do tipo cantoneira devidamente ancorados, contra uma caixa previamente executada em argamassa de retracção compensada de alta resistência, isto no caso de o pavimento ser um betuminoso asfáltico ou contra betão [11].

O material elástico tem normalmente espessuras compreendidas entre 15 e 20 mm e só pode ser colocado em larguras que variam entre os 20 e 70 mm com tráfego ligeiro, como por exemplo passagens pedonais [11].

### **Especificidades:**

- Amplitude máxima de junta: 13 mm na horizontal, 1 mm na vertical e sem limitações em viés [11].
- Patologias: Deformação da junta/material da junta; Descolamento na transição; Destaque de material da junta; Infiltração de águas.
- Tempo de vida útil: 5 anos [19].
- Período de inspecção: de 2 em 2 anos [19].

### 2.3.5. Junta de Compressão

A junta de compressão consiste num perfil contínuo e alveolar de borracha natural ou sintética, fixo entre os bordos da junta com guarda-cantos em argamassa epóxida ou de alta resistência não retráctil, ou com perfis metálicos do tipo cantoneira (Figura 19). O perfil é instalado sobre as saliências de cada bordo, trabalhando sempre comprimido independentemente das movimentações provocadas pela superestrutura e recupera completamente a sua forma original [15].



Figura 19 – Junta de compressão em esquema (à esquerda) [21] e aplicação da mesma (à direita) [http://nyavebr.com]

Normalmente, são utilizados perfis metálicos ancorados ao pavimento quando este é em betão armado. Já com pavimento betuminoso executa-se uma caixa na argamassa referida com a inclusão, ou não, de armaduras de ligação à estrutura de betão armado [11].

Relativamente ao comprimento de influência, está previsto que a junta suporta para estruturas de betão armado pré-esforçado até 60 m, para estruturas mistas até 100 m e no caso de estruturas metálicas o limite é 125 m [22].

Este tipo de junta tem aplicação em diversos tipos de estrutura como por exemplo túneis, edifícios, pontes, viadutos, esgotos entre outros, sem qualquer tipo de limitação em termos de tráfego. No entanto, a sua amplitude máxima horizontal é reduzida, encontrando-se entre os 15 e 50 mm [11].

A substituição é aconselhada quando se verifica descolamento do perfil de borracha ou a perda de elasticidade, o desencaixe ou empeno das saliências de apoio nos bordos dos perfis de borracha, bem como a corrosão dos perfis ou dos parafusos de fixação, sendo que os procedimentos a utilizar são idênticos aos recomendados nas juntas abertas [15].

### **Especificidades:**

- Amplitude máxima de junta: 15 a 50 mm na horizontal, 3 mm na vertical e 30° de ângulo em viés [11].
- Patologias: Descolamento na transição; Elementos de fixação soltos ou ausentes; Deformação da junta/material da junta; Corrosão do material de junta.
- Tempo de vida útil: 5 anos [19].
- Período de inspeção: de 2 em 2 anos [19].

#### 2.3.6. Junta Elástica Expansível Nucleada Estrutural

A junta elástica expansível nucleada estrutural, mais conhecida como JEENE, é um caso especial da junta de compressão constituída por três elementos: câmara elástica, adesivo e nucleação ou pressurização [15].

A câmara elástica é geralmente de policloropreno ou neoprene, com um ou mais orifícios dependendo da movimentação da junta e é colocada entre os bordos da junta [15].

Para fazer a ligação da câmara elástica aos bordos da junta, é colocado um adesivo de natureza époxida, que tem como função fazer a ligação da câmara elástica aos bordos da junta [15].

Após a colocação, é executada a partir de ar comprimido e válvulas a pressurização, para obrigar a junta a dilatar-se contra as paredes dos bordos da junta, apertando o adesivo e adquirindo assim a aderência necessária (Figura 20) [34].

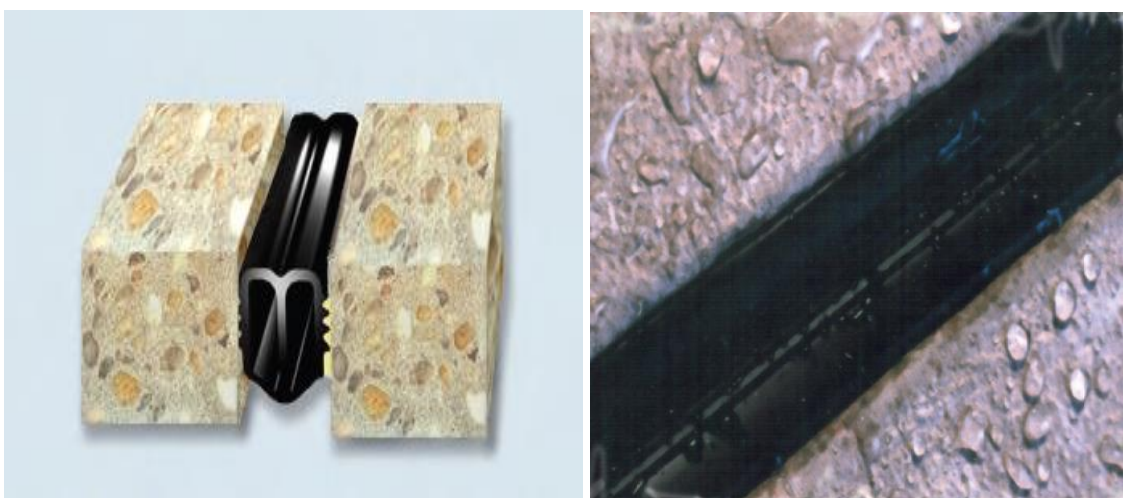


Figura 20 – Junta JEENE em esquema (à esquerda) e real (à direita) [21]

Este tipo de junta aplicável em estruturas de comprimento médio que suporta todos os tipos de tráfego e todos os tipos de movimento de junta. É considerada por alguns fabricantes, um dos tipos de junta mais impermeáveis no mercado [21].

Caso seja necessário reparar algo na junta, bastará a substituição da câmara elástica se os bordos da junta foram elaborados segundo os procedimentos indicados para o efeito [15].

#### **Especificidades:**

- Amplitude máxima de junta: 60 mm na horizontal [15].
- Patologias: Descolamento na transição; Deformação da junta/material da junta.
- Tempo de vida útil: 5 anos [19].
- Período de inspeção: de 2 em 2 anos [19].

#### 2.3.7. Junta com Bandas Flexíveis de Elastómero

As juntas com bandas flexíveis de elastómero, resumem-se a fixar uma banda de elastómero nos bordos laterais da junta, através de elementos rígidos constituídos por

blocos de elastómero armado (Figura 21), ou perfis metálicos de aço/alumínio (Figura 22) [11].

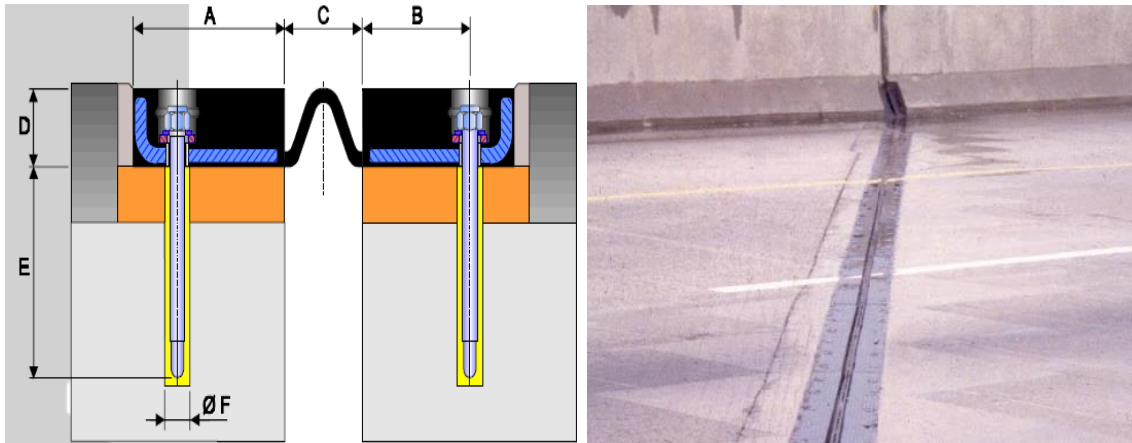


Figura 21 – Junta com bandas flexíveis de elastómero de blocos de elastómero armado em esquema (à esquerda) [6] e real (à direita) [23]

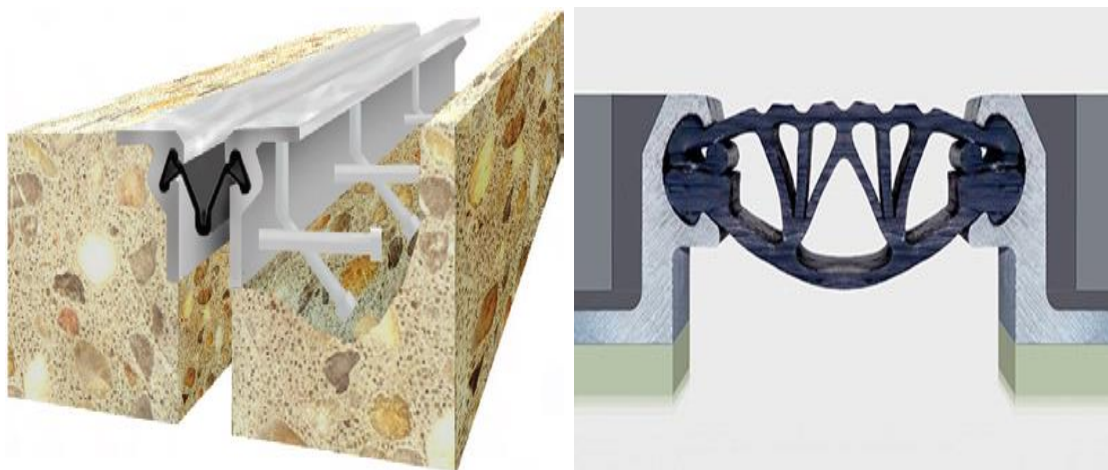


Figura 22 – Esquemas de junta com bandas flexíveis de elastómero de perfis metálicos com fitas de neoprene (à esquerda) e com selagem Elastoblock da Maurer de neoprene (à direita) [<http://maurer-soehne.com.br>]

Os blocos de elastómero armado são um elemento único, constituído pelos blocos e bandas de elastómero fixados à estrutura subjacente, através de pernos de ancoragem, sendo que a continuidade do pavimento é assegurado através de bandas de transição de argamassa [11].

Dentro dos perfis metálicos tem-se duas soluções, as que são utilizadas em substituição de outras, constituídas por perfis e conectores instalados numa banda de transição ao nível do pavimento e as que são aplicadas de raiz na estrutura, constituídas

por perfis instalados abaixo do nível do pavimento, com ancoragem na estrutura de betão [11].

O comprimento de influência para perfis metálicos, prevê-se ser para estruturas de betão armado pré-esforçado até 60 m, para estruturas mistas até 100 m e para estruturas metálicas até 125 m. Relativamente aos blocos de elastómero armado, prevê-se para estruturas de betão armado pré-esforçado até 90 m, para estruturas mistas até 140 m e para estruturas metálicas até 175 m [22].

As bandas de elastómero são muito sensíveis e de curta duração. Como tal, é necessário uma manutenção frequente e cuidadosa. Quando constatado a ruptura da banda, deve proceder-se à sua substituição. No entanto, se a ruptura passar a ser frequente, deve ser estudado outro tipo de junta que ofereça melhores garantias [15].

Para promover maior conforto aos pedestres, é usual colocar uma placa de cobertura sobre a banda que acompanha os movimentos da junta (Figura 23), ou então aplica-se um perfil especial para passeios (Figura 24) [5].

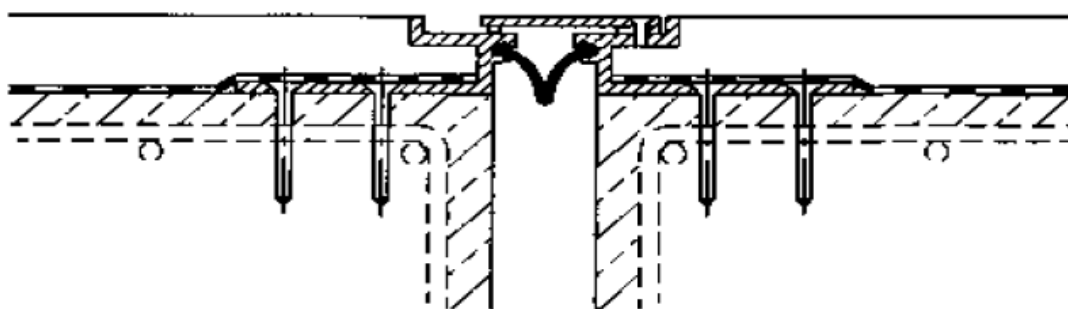


Figura 23 – Esquema de junta com banda flexível de elastómero, com placa de cobertura aplicada em passeios [5]



Figura 24 – Perfil para passeios em esquema (à esquerda) [5] e real (à direita) [24]

### **Especificidades:**

- Amplitude máxima de junta: 50 mm na horizontal, 10 mm na vertical e entre 30° e 45° de ângulo em viés [11].
- Patologias: Deterioração da banda de transição: Descolamento na transição; Deterioração/ausência da selagem de alvéolos de fixação.
- Tempo de vida útil: 20 anos [19].
- Período de inspeção: de 6 em 6 anos e ultrapassado o tempo de vida útil da junta de 2 em 2 anos [19].

### 2.3.8. Junta de Placas Metálicas Deslizantes

O funcionamento desta junta, consiste basicamente no deslizamento de duas placas metálicas, sobrepostas uma à outra, ou no caso de serem dentadas, deslizarem ao mesmo nível (Figura 25), sendo ainda possível serem revestidas a elastómero [11].



Figura 25 – Juntas de placas metálicas deslizantes sem dentes (à esquerda) e com dentes (à direita) [5]

Nas placas metálicas sobrepostas, tem-se cada uma das placas ancoradas em lados distintos da junta, sendo que a placa superior encontra-se ao nível do pavimento e assenta sobre a de baixo, deslizando sobre esta. Outro aspecto a ter em consideração na instalação da junta, é o sentido do trânsito, porque caso a placa superior não seja aquela que entra primeiro em contacto com os veículos motorizados, pode trazer prejuízos de

diversas ordens e para evitar essa situação a primeira placa a entrar em contacto com o trânsito, é a superior e só depois a inferior [11].

A concepção desta junta é bastante simples e é indicada para estruturas de tráfego ligeiro a médio [11].

### **Especificidades:**

- Amplitude máxima de junta: 100 mm na horizontal [25].
- Patologias: Movimento da junta impedido; Corrosão de material de junta; Emissão de ruído excessivo.
- Tempo de vida útil: Depende do fabricante.
- Período de inspeção: de 6 em 6 anos e ultrapassado o tempo de vida útil da junta de 2 em 2 anos [19].

### 2.3.9. Junta de Elastómero com Chapas Metálicas

As juntas de elastómero com chapas metálicas, são compostas pela ligação de módulos prismáticos em elastómero reforçado, com chapas metálicas (normalmente de aço vulcanizado, mas também de alumínio), colocadas horizontalmente na mesma (Figura 26) [11].

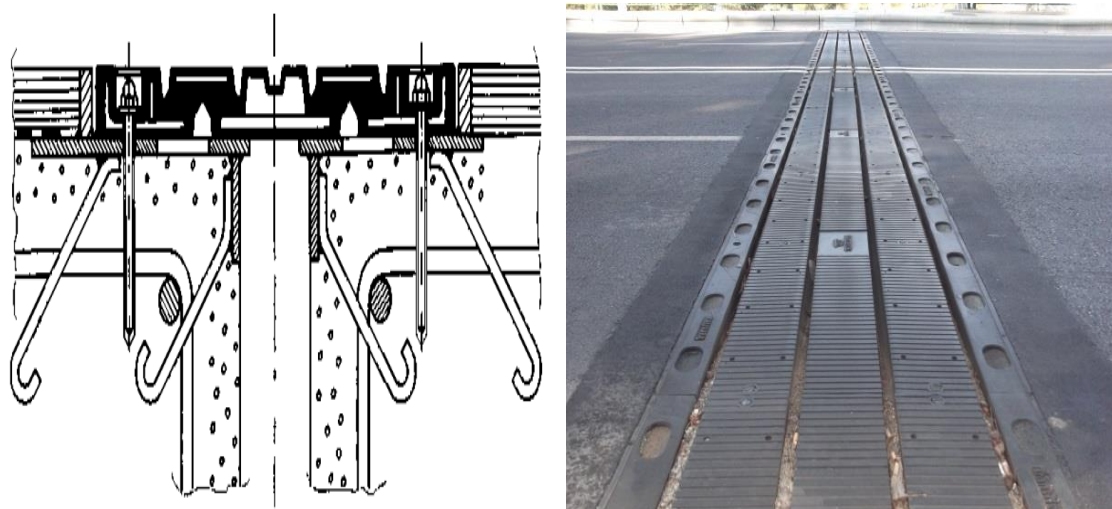


Figura 26 – Junta de elastómero com chapas metálicas em esquema (à esquerda) [5] e real (à direita)

A função das chapas metálicas é conferir resistência e rigidez, às cargas impostas pelo tráfego. Tendo em conta os movimentos de amplitude da junta, há fabricantes que têm dois tipos de reforço metálico, o simples e o de corpo duplo (Figura 27) [11].



Figura 27 – Junta de elastómero com chapas metálicas com reforço metálico simples (à esquerda) e com corpo duplo (à direita) [26]

Os módulos são colocados sobre um berço de argamassa específica e entre bandas de transição executadas na mesma argamassa, ou com outra solução designada para o efeito. Para diminuir o desgaste da base do módulo e conferir regularidade de nivelamento, alguns fabricantes aconselham a colocação de uma chapa em aço inox entre o berço e o módulo, ligada através de resina epóxida. Após o assentamento, a junta é fixa ao berço, através de pernos colocados em furos previamente executados na extremidade da mesma, sendo colocado sobre o orifício, onde se encontram as cabeças dos pernos, um fluido elástico ou tampões do mesmo material da junta, para evitar a sua oxidação e para facilitar a manutenção da junta [11].

Devido ao facto da junta ser em módulos e cada um ter sensivelmente 1 m de comprimento, faz com que não seja necessário substituir a junta na sua totalidade, quando parte da mesma está danificada, procedendo-se somente à substituição do módulo onde se encontra o dano. De notar, que os módulos substitutos têm de ser do mesmo fabricante da junta.

Esta é uma tipologia muito popular nos dias que correm e tem aplicação em estruturas de médios ou grandes movimentos, independentemente do tipo de tráfego [11].

### **Especificidades:**

- Amplitude máxima de junta: entre 20 e 350 mm na horizontal [11].
- Patologias: Deterioração da banda de transição; Descolamento na transição; Deterioração/ausência da selagem de alvéolos de fixação; Elementos de fixação soltos ou ausentes; Deterioração do leito de assentamento/zona de fixação; Fissuração/corte da junta/material da junta.
- Tempo de vida útil: 6 anos [19].
- Período de inspeção: de 2 em 2 anos e ultrapassado o tempo de vida útil da junta anualmente [19].

#### 2.3.10. Junta Dentada

A junta dentada ou “Finger Joint” como é mais conhecida, é composta por duas chapas de aço, fixas em lados distintos da junta, funcionando em consola. Na outra extremidade das chapas, encontram-se saliências e reentrâncias intercaladas, para que as duas chapas possam encaixar entre si com a movimentação da junta. Estas saliências podem ser de dois tipos, rectangulares ou triangulares, sendo que no último caso, adapta-se melhor a movimentos transversais (Figura 28) [15].



Figura 28 – Junta dentada rectangular (à esquerda) [28] e triangular (à direita) [<http://en.wikipedia.org>]

Por norma, estas juntas são constituídas por módulos com cerca de 1 metro [11], possibilitando assim uma maior facilidade na substituição de secções danificadas, tendo sempre em atenção que os módulos substitutos, devem de ser do mesmo fabricante da junta instalada.

A sua instalação, passa por assentar os vários módulos ligados entre si, sobre o espaço de junta no berço previamente executado e fixá-los através de pernos de ancoragem.

Para impermeabilizar a junta, é usual instalar uma calha abaixo do plano de junta, que recolhe as águas e detritos que advêm da superfície da mesma (Figura 29) [15].

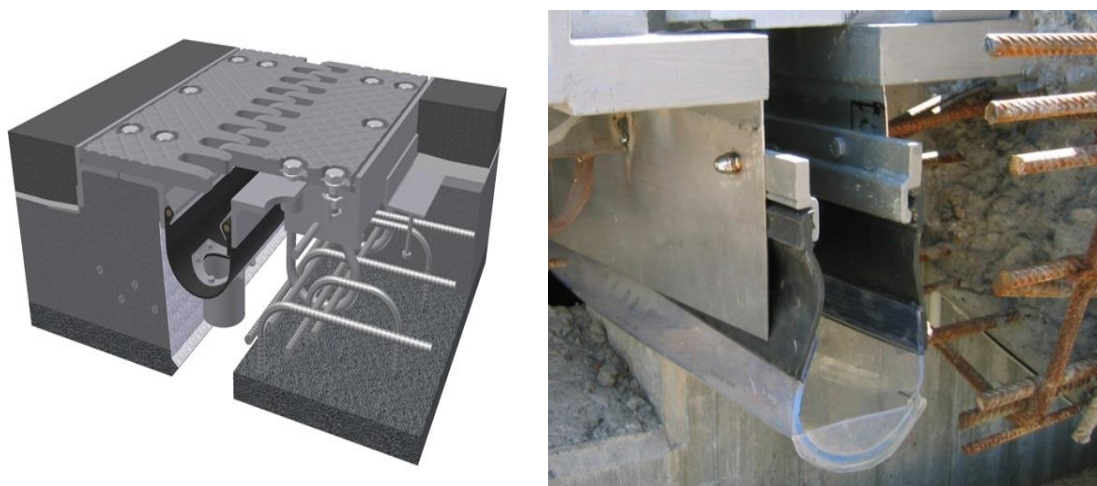


Figura 29 – Junta dentada com calha em esquema (à esquerda) [28] e real (à direita) [29]

Apesar de serem juntas de longa duração, deve de haver o cuidado de mantê-las sempre isentas de detritos. Caso contrário, o bom funcionamento da junta fica posto em causa e os dentes ficam empenados, o que pode provocar acidentes de tráfego [15].

Quando a junta é sujeita a inspecção, deve-se verificar a fixação das chapas de aço, a existência de fissuras na soldagem, o encaixe entre ambas as chapas, a oxidação nas mesmas e o funcionamento do sistema de drenagem [15].

Estas são aplicadas normalmente em estruturas de grande dimensão e de tráfego pesado, suportando grandes amplitudes horizontais. No caso de ser em viés, os

movimentos são muito limitados para deslocamentos perpendiculares à orientação dos dentes [11].

### **Especificidades:**

- Amplitude máxima de junta: 500 mm na horizontal [11].
- Patologias: Desnívelamento (ação de choque sob tráfego); Movimento da junta impedido; Deterioração/ausência da selagem de alvéolos de fixação; Deformação da junta /material da junta; Fissuração/corte da junta/material da junta; Oxidação de elementos metálicos; Deficiência no sistema de evacuação de águas; Falta de aderência.
- Tempo de vida útil: 25 anos [19].
- Período de inspeção: de 6 em 6 anos e ultrapassado o tempo de vida útil da junta de 2 em 2 anos [19].

#### 2.3.11. Junta de Elastómero com Chapas Metálicas Composta

Esta junta é muito parecida com a junta de elastómero com chapas metálicas, com a diferença que tem ligado à mesma, módulos deformáveis (foles), também de elastómero, com a função de acomodar maiores movimentos (Figura 30) [11].

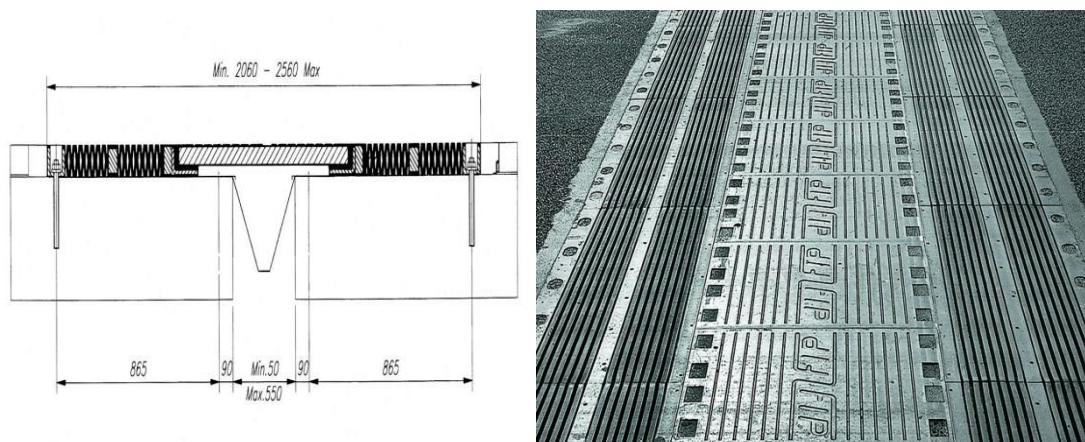


Figura 30 – Junta de elastómero com chapas metálicas composta em esquema (à esquerda) e real (à direita) [30]

O número de módulos deformáveis unidos ao módulo principal, colocado sobre o espaço de junta, é definido consoante os deslocamentos, resultando em juntas assimétricas quando ligadas a um módulo e simétricas quando ligadas a dois módulos [11].

Como nas juntas de elastómero com chapas metálicas, estas juntas são instaladas sobre um berço de argamassa, fixas por pernos apertados com anilha e porca, selados no betão estrutural com resina epóxida. Por fim, cobre-se os pernos com tampões, ou com um fluido elástico para não danificar a cabeça do perno [11].

Para impedir o levantamento da junta, são colocados dispositivos constituídos por barras transversais ao movimento da mesma, ligando-a à estrutura [11].

São instaladas em estruturas de grande extensão e aplicáveis para qualquer tipo de tráfego [11].

#### **Especificidades:**

- Amplitude máxima de junta: 1600 mm na horizontal e até 30° em viés [11].
- Patologias: Deterioração da banda de transição; Deterioração/ausência da selagem de alvéolos de fixação; Elementos de fixação soltos ou ausentes; Fissuração/corte da junta/material da junta.
- Tempo de vida útil: 6 anos [19].
- Período de inspeção: de 2 em 2 anos e ultrapassado o tempo de vida útil da junta anualmente [19].

#### **2.3.12. Junta de Placas Metálicas com Roletes**

São juntas compostas por duas placas metálicas revestidas a elastómero, fixas aos bordos da junta, que deslizam através de roletes sobre outras que estão fixas na parte neutra da junta, proporcionando assim o nivelamento entre placas (Figura 31) [11].

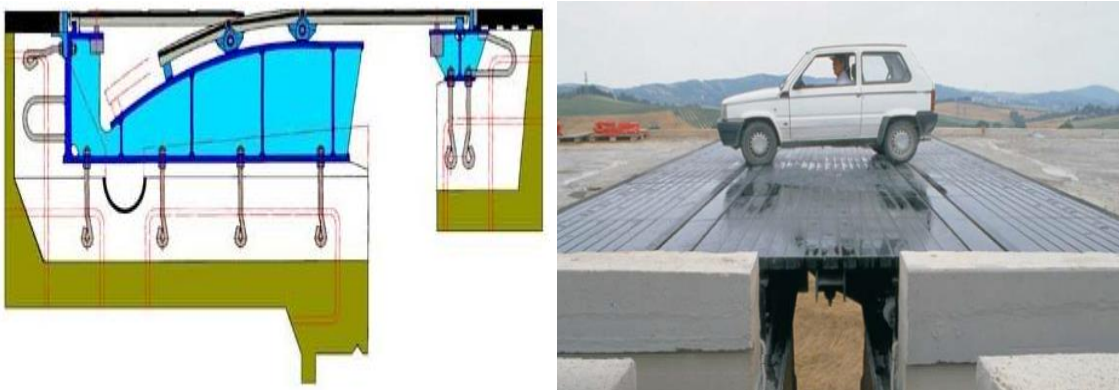


Figura 31 – Junta de placas metálicas com roletes em esquema (à esquerda) [http://rwsh.de] e real (à direita) [31]

Têm aplicação em estruturas de grande extensão sem qualquer limitação em termos de tráfego, seja ele pesado ou intenso, com capacidade para acomodar grandes amplitudes [11].

#### **Especificidades:**

- Amplitude máxima de junta: acima de 800 mm sendo que o limite máximo depende do fabricante [19].
- Patologias: Oxidação de elementos metálicos; Colapso/ausência de junta ou de módulos/partes significativa de junta; Falta de aderência; Emissão de ruído excessivo.
- Tempo de vida útil: Depende do fabricante.
- Período de inspeção: de 6 em 6 anos [19].

#### 2.3.13. Junta Modular Expansível

A junta modular expansível, consiste na sequência de perfis metálicos dispostos longitudinalmente intercalados por elementos expansíveis, para a vedação dos mesmos. Estes encontram-se sustentados por vigas dispostas transversalmente à junta e apoiadas por caixas de deslocamento colocadas nos bordos da junta (Figura 32). As juntas têm normalmente dispositivos mecânicos ou elásticos, que garantem a uniformização das aberturas e fechos dos elementos expansíveis [11].



Figura 32 – Junta modular expansível vista por baixo (à esquerda) e vista por cima (à direita) [32]

Os deslocamentos da junta são acomodados primeiramente pela geometria dos elementos expansíveis, que podem ter várias formas, como nas juntas com bandas flexíveis de elastómero (Figura 33). Passada esta fase, começa a haver deformação do material, o que não é desejável [11].

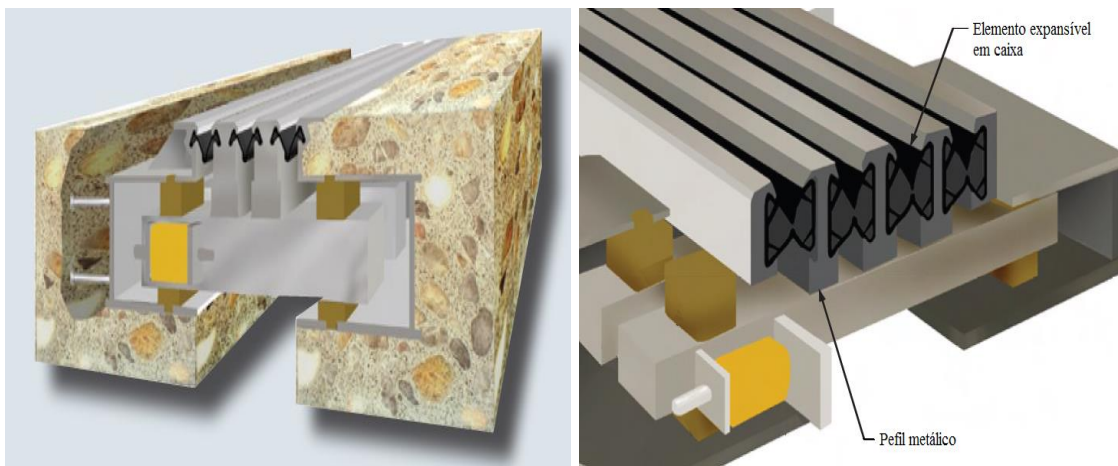


Figura 33 – Esquemas da junta modular expansível com elemento expansível em V (à esquerda) e com elemento expansível em caixa (à direita) [33]

Este tipo de juntas é idealizado para estruturas com movimentos horizontais e verticais complexos de grande amplitude (Figura 34) [11].

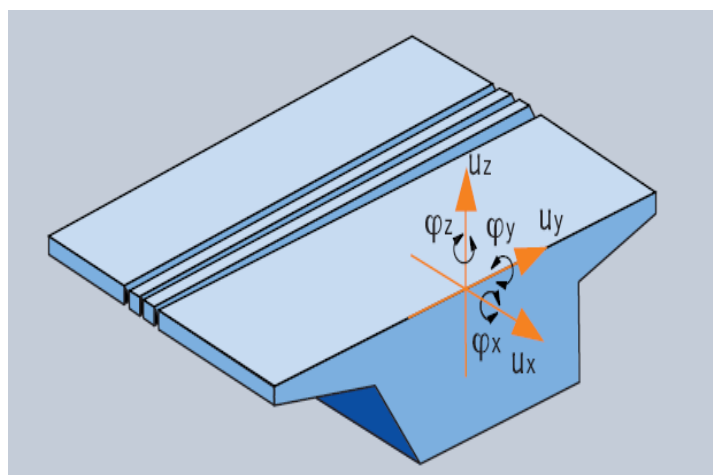


Figura 34 – Movimentos de uma junta modular expansível [32]

As características desta junta em termos de inspeção e manutenção, são semelhantes aos das juntas de compressão e com bandas flexíveis de elastómero, com a diferença que neste caso, verificações das estruturas auxiliares devem aumentar, devido às vigas de suporte das juntas [15].

#### **Especificidades:**

- Amplitude máxima de junta: 1200 mm na horizontal, 20 mm na vertical e 45° em viés [11].
- Patologias: Dano em guarda-cantos; Irregularidade geométrica na junta/funcionamento da junta no plano do tabuleiro; Deformação da junta/material da junta; Destaque de material da junta (desprendimento das membranas sobre-tensionadas de um perfil metálico); Oxidação de elementos metálicos; Dano em elementos sub-superficiais do sistema de junta; Falta de aderência; Emissão de ruído excessivo.
- Tempo de vida útil: 20 anos [19].
- Período de inspeção: de 6 em 6 anos e ultrapassado o tempo de vida útil da junta de 2 em anos [19].

### 2.3.14. Junta de Dilatação para Estruturas Ferroviárias

As juntas de dilatação para estruturas ferroviárias, são de uma classe diferente das outras que se falaram anteriormente, porque o movimento não é só na estrutura, mas também no carril. Como as juntas utilizadas em estruturas com tráfego rodoviário já foram referidas, o foco deste ponto vai para os dispositivos aplicados para suportar o movimento dos carris e manter a sua continuidade.

A dilatação ou retracção do carril, depende não só da temperatura, mas também das tensões mecânicas. Apesar de haver técnicas que evitam a utilização de juntas de dilatação, mantendo o carril contínuo, há casos em que isso não é possível [<http://myweb.tiscali.co.uk>].

As juntas de dilatação aplicadas em carris, são constituídas por dispositivos metálicos fixos nos dois lados da descontinuidade estrutural, onde depois vai assentar o carril descontínuo, possibilitando assim acomodar os movimentos do carril e manter a circulação sobre a mesma (Figura 35).

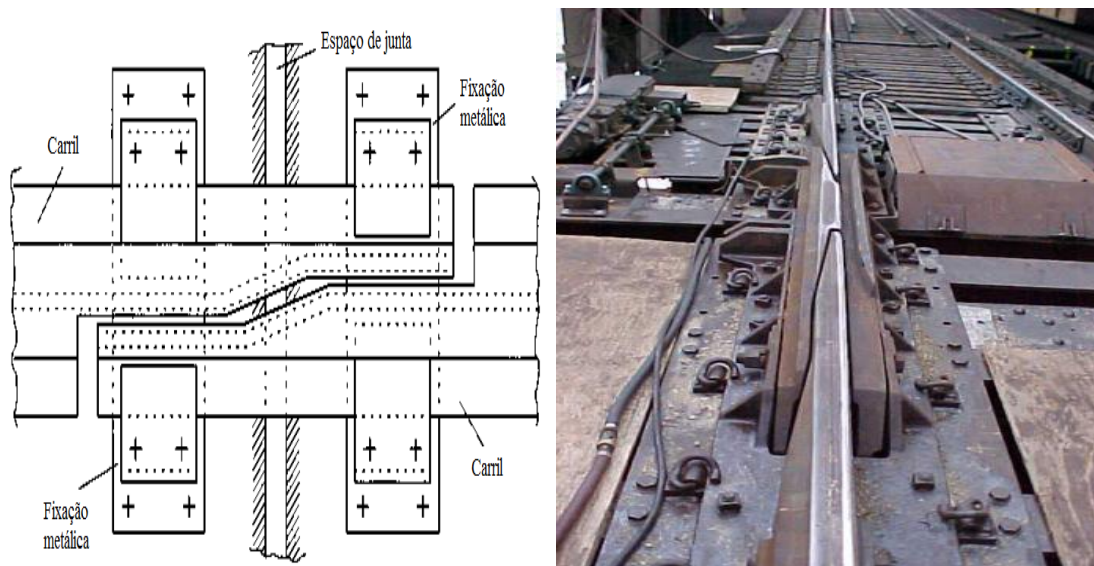


Figura 35 – Dispositivo aplicado no carril não contínuo em esquema (à esquerda) [5] e real (à direita) [<http://vossh-north-america.com>]

Como é óbvio este tipo de juntas é destinado somente a estruturas ferroviárias abrangendo quase todo o tipo de tráfego ferroviário.

**Especificidades:**

- Amplitude máxima de junta: 400 mm na horizontal [<http://myweb.tiscali.co.uk>].
- Patologias: Movimento da junta impedido; Elementos de fixação soltos ou ausentes; Deformação da junta/material da junta; Oxidação de elementos metálicos; Emissão de ruído excessivo.
- Tempo de vida útil: depende do fabricante.
- Período de inspeção: depende das concessionárias da ferrovia.



### **3. JUNTAS DE DILATAÇÃO EM OBRAS DE ARTE**

As juntas de dilatação em Obras de Arte são um componente importante com alguma especificidade. A fim de manter a segurança dos utentes da estrada e durabilidade da Obra de Arte, estas devem ser mantidas em bom estado. Alguns tipos de junta de dilatação são susceptíveis de constituir um perigo repentino ao tráfego, portanto, são necessárias inspecções eficazes periodicamente para entender o nível de risco e identificar o planeamento da manutenção, se de reparação e/ou substituição.

Para tal, nos pontos seguintes vão-se apresentar os aspectos a ter em consideração na determinação do tipo de juntas de dilatação em Obras de Arte, os seus processos de inspecção e manutenção, as patologias mais recorrentes nas mesmas, bem como os cuidados a ter na execução destas actividades. Por último, faz-se uma análise das juntas de dilatação em Obras de Arte em Portugal.

#### **3.1. Determinação do Tipo de Junta de Dilatação**

Um projecto de junta de dilatação, deve de conter no mínimo as seguintes informações [<http://infraestruturaurbana.com.br>]:

- Materiais a serem utilizados;
- Plantas de detalhes específicos;
- Especificação e localização das juntas;
- Definição das dimensões das juntas (largura, profundidade e detalhes geométricos);
- Definição dos trabalhos a realizar;
- Mapa de trabalhos e materiais a aplicar;
- Previsão de eventuais protecções ou acabamentos.

Para se elaborar um projecto, é necessário determinar o tipo de junta de dilatação adequada a aplicar, tendo em conta diversos factores que requerem a atenção do projectista.

Da análise que é feita às características da estrutura, consegue-se prever o valor dos deslocamentos na junta, através da identificação da origem dos mesmos.

Estes, dependem de várias acções que produzem efeitos consoante a dimensão da estrutura e a disposição dos aparelhos de apoio [5].

Como tal, os factores que originam deslocamentos através de acções são os seguintes:

- Temperatura;
- Composição da estrutura;
- Cargas dinâmicas;
- Fluência;
- Retracção.

As implicações que estes têm nas estruturas, expressam-se de diferentes maneiras, resultando em diversas acções.

A movimentação horizontal numa estrutura pode resultar das variações de temperatura, mas também dos efeitos da fluência e retracção. No entanto, os efeitos resultantes da aceleração e travagem também devem de ser tidos em conta (Figura 36) [19].

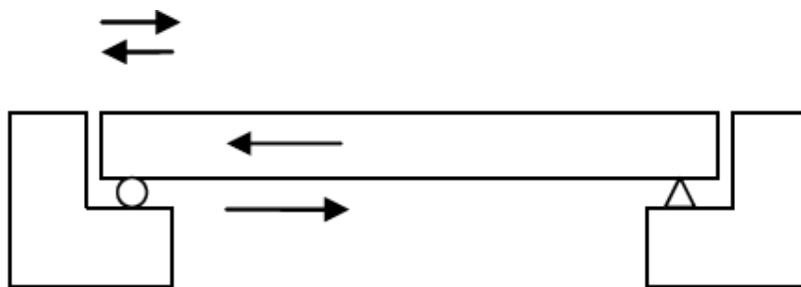


Figura 36 – Movimentação horizontal resultante de mudanças de temperatura e efeitos da fluência e retracção [19]

Quando ocorre deslocamento vertical e rotação numa estrutura, estes podem ser resultado da composição do solo onde está implantada a estrutura, mais concretamente através de um assentamento da fundação (Figura 37) [19].

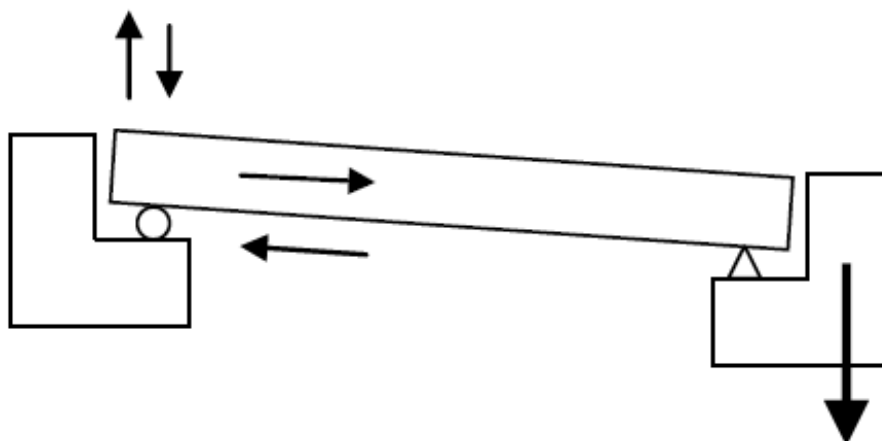


Figura 37 – Movimentação vertical e rotação causada pela fundação da estrutura [19]

Já a flexão provocada pelas cargas dinâmicas, causam rotações nos apoios (Figura 38) [19].

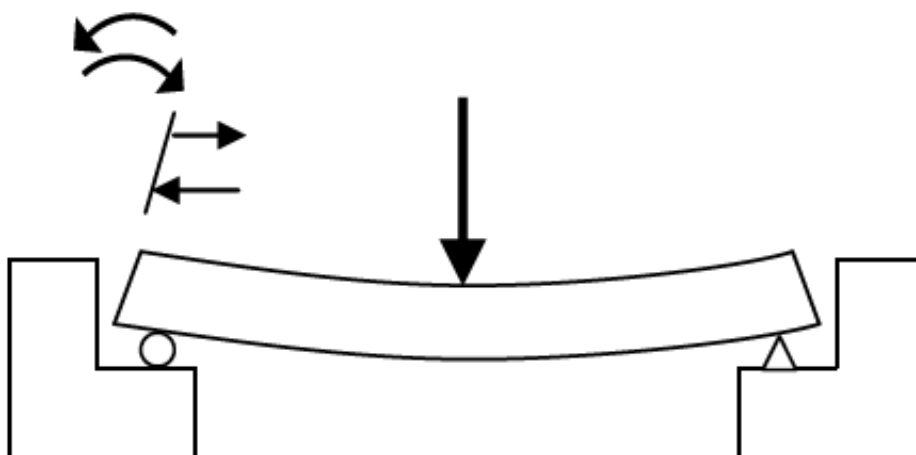


Figura 38 – Rotação causada pelas cargas dinâmicas [19]

O que também pode causar rotação nos apoios é a diferença de temperatura, onde a superfície superior expande-se mais que a inferior, resultando numa curvatura (Figura 39).

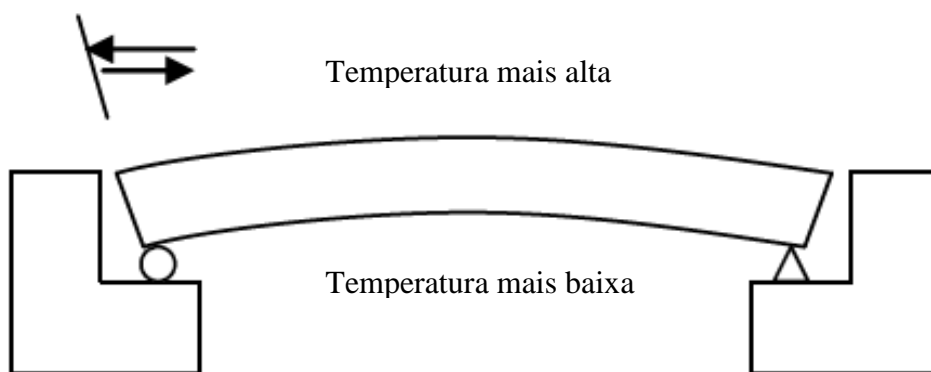


Figura 39 – Rotação causada pela diferença de temperatura [19]

Para o caso específico de obras curvas, tem que se ter em atenção para o facto dos efeitos das variações uniformes de temperatura e retracção provocarem movimentos diferentes, relativamente aos movimentos provocados pela fluência. Enquanto os primeiros resultam em movimentos com direcção secante, apontando para o ponto neutro do tabuleiro, o segundo resulta em movimentos com direcção tangencial (Figura 40).

Caso a estrutura contenha aparelhos de apoio guiados, as juntas de dilatação deixam de estar sujeitos a movimentos tangenciais. Ainda assim, as forças horizontais resultantes das variações uniformes de temperatura e retracção terão que ser absorvidas pelos aparelhos de apoio [39].

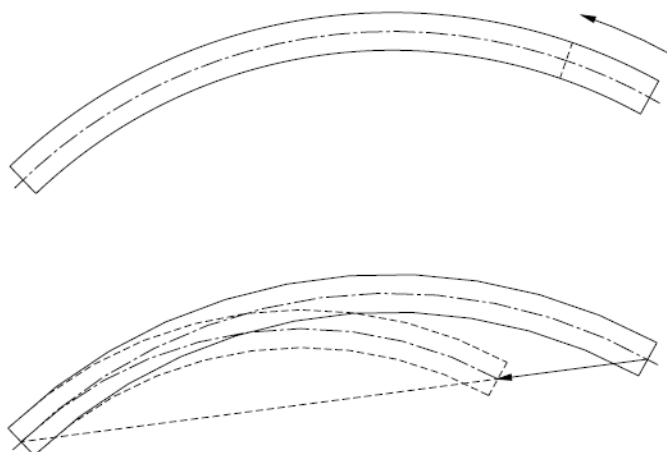


Figura 40 – Direcção do deslocamento provocado pela fluência (acima) e direcção do deslocamento provocado pela variação de temperatura e retracção (abaixo) [39]

Em obras com viés, o cálculo dos movimentos requerem algum cuidado, devido ao facto de terem componentes normais e tangenciais (Figura 41).

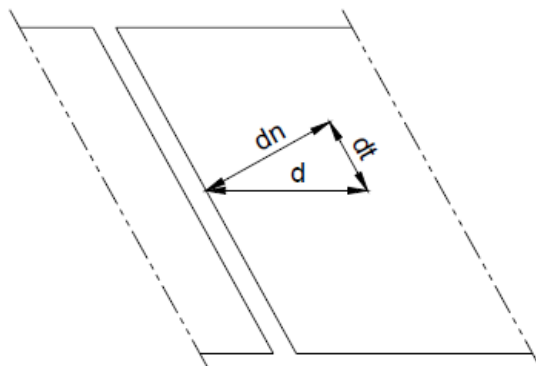


Figura 41 – Caracterização das componentes do movimento para obra com viés [39]

Apesar da translação horizontal ter normalmente preponderância na maioria das estruturas, é necessário ter-se em consideração todas as rotações e translações, para assegurar que os movimentos não atingem os limites da junta [5].

Por forma a conseguir-se calcular os movimentos das juntas de dilatação em detalhe, tem de se ter em consideração três translações e três rotações (Figura 42) [5].

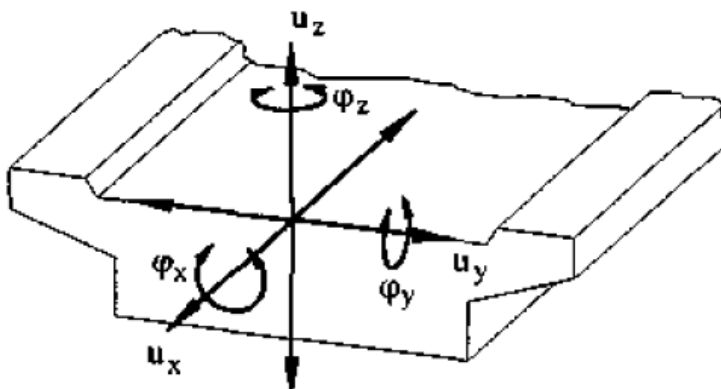


Figura 42 – Movimentos possíveis em juntas de dilatação [5]

Outro factor a ter em consideração por questões de segurança pelo projectista é a acção sísmica. Sendo um fenómeno raro e imprevisível, não compensa dimensionar a junta de dilatação para um sismo máximo, por se tratar de um elemento dispendioso e com um período de vida curto em relação à Obra de Arte, assumindo-se que na

existência de um sismo intenso a junta fica com estragos irreparáveis, tendo que proceder-se à sua substituição. Como tal, para o cálculo de amplitude de movimentos, utiliza-se metade do valor do deslocamento sísmico. [39].

Pelo exposto acima, o cálculo dos valores da amplitude do movimento da junta de dilatação, elaborados pelo projectista, pode ser executado pelas seguintes fórmulas [39]:

- Máxima dilatação:  $\delta_{máx}^{(+)} = \delta_{c+s} + 0,5 \times \delta_E + \psi_1 \times \delta_{VUT}$
- Máximo encurtamento:  $\delta_{máx}^{(-)} = -0,5 \times \delta_E - \psi_1 \times \delta_{VUT}$

Em que,

$\delta_{c+s}$  – Deslocamentos da fluência e retracção;

$\delta_E$  – Deslocamento sísmico;

$\delta_{VUT}$  – Deslocamento devido à variação uniforme da temperatura;

$\psi_1$  – Coeficiente de segurança.

Calculados os movimentos máximos, pode-se proceder então à selecção da junta de dilatação mais adequada, tendo em consideração também a localização, tráfego e a posição onde a mesma vai ser instalada.

## **3.2. Materiais**

As juntas de dilatação são constituídas maioritariamente por dois materiais: aço e elastómero. Atendendo à importância destes componentes, descrever-se-á nos pontos seguintes as suas principais características.

### **3.2.1. Aços**

Normalmente, os perfis metálicos, vigas transversais e elementos instalados nos bordos da junta, são em aço carbono protegido por um revestimento, ou em aço com

resistência à corrosão. Para partes móveis, como os pernos colocados em juntas de elastómero com chapas metálicas, ligados com PTFE (politetrafluoretileno), são em aço inoxidável. Nas partes de difícil acesso, como por exemplo, os elementos de ligação, também é usado aço inoxidável ou aço com resistência à corrosão [5].

Quando envolvido em betão, o aço inoxidável não necessita de qualquer protecção contra a corrosão. O mesmo já não se aplica com o aço carbono [5].

Os revestimentos, devem ser de alta resistência para suportar esforços mecânicos, acções de temperatura e sal de degelo. O revestimento, deve ser escolhido de acordo com as normas nacionais estabelecidas. Contudo, é recomendado que o revestimento base seja constituído por epóxi bi-componente de pó de zinco e uma última camada composta por epóxi bi-componente de ferro micáceo [5].

No caso da protecção contra a corrosão, ser através de um revestimento elastomérico, o material tem de satisfazer os requisitos de resistência e durabilidade necessários [5].

Se a protecção for por galvanização, o normal é ser feita a quente. Pode ser também, através de spray galvanizante, mas este processo é dispendioso [5].

### 3.2.2. Elastómeros

As partes elastoméricas, apresentam como principais características, a elasticidade com capacidade de suportar grandes deformações, antes da sua rotura.

Tendo em conta a sua aplicação nas juntas de dilatação em Obras de Arte, devem de apresentar resistência às variações ambientais, ao sal de degelo, e a água alcalina e ácida.

Dentro dos materiais elastoméricos aplicados em juntas de dilatação, pode-se classificá-los em duas categorias: elementos *in situ* ou elementos pré-concebidos [5].

Tem-se como elementos *in situ*, os elementos elastoméricos criados directamente na junta, como é o caso dos elementos aplicados nas juntas modulares expansíveis. Estes elementos, são feitos de policloropreno ou borracha de etileno-

propileno, com alta resistência ao rasgar ou à propagação de fissuras. A espessura não deve de ser inferior a 4 mm [5].

Os elementos pré-concebidos são matérias de longa duração, constituídos por policloropreno ou borracha natural em perfis. Tem-se como exemplo de elemento pré-concebido, o elastómero utilizado na junta de dilatação do tipo modular expansível [5].

O quadro seguinte (Quadro 2), representa as características de cada uma das categorias [5].

<b>Características</b>	<b>Elementos <i>in situ</i></b>	<b>Elementos pré-concebidos</b>
Rigidez	45-65 Shore A	50-70 Shore A
Tensão de tracção	min. 10 MPa	min. 15 MPa
Alongamento na rotura	min. 350%	min. 400%
Resistência à tracção	min. 10 N/mm	min. 15 N/mm
<b>Comportamento após acção da temperatura (14 dias; 70°C)</b>		
Alteração da rigidez	max. +7 Shore A	max. +5 Shore A
Alteração da tensão de tracção	max. -20%	max. -15%
Alteração do alongamento na rotura	max. -20%	max. -20%
<b>Resistência ao cloreto de potássio (solução: 4%; 14 dias; 23°C)</b>		
Alteração de volume	max. +10%	max. +10%
Alteração da rigidez	max. -5 Shore A	max. -5 Shore A
<b>Resistência ao betume asfáltico quente (30 minutos; 220°C)</b>		
Alteração da tensão de tracção	max. -20%	max. -20%
Alteração do alongamento na rotura	max. -20%	max. -20%
Ligação ao aço	-	Falha no interior do material elastomérico

Quadro 2 – Características para cada categoria dos materiais elastoméricos (Adaptado) [5]

### 3.3. Instalação

Para a elaboração deste ponto, teve em conta alguns procedimentos de instalação, realçando os aspectos mais importantes dos mesmos.

A instalação de juntas de dilatação em Obras de Arte obedece a diversos critérios, nomeadamente, o momento da instalação determinado no plano de trabalhos. Chegado esse momento, verifica-se se está tudo em conformidade para o procedimento de instalação da mesma (Figura 43).



Figura 43 – Preparação para instalação de uma junta de dilatação [<http://mageba.ch>]

Imediatamente antes da instalação, é medida a temperatura para verificar se esta se encontra dentro das tolerâncias recomendáveis. Caso isso não se verifique, procede-se ao ajustamento dos procedimentos de instalação. Para evitar esta situação, recomenda-se que a instalação seja realizada durante a manhã, porque é quando a temperatura está distribuída quase uniformemente por toda a estrutura [5].

Após a verificação, coloca-se a junta de dilatação sobre o espaço onde vai ser instalada, através de uma construção auxiliar deixando-a suspensa, para ajustamento da mesma (Figura 44).



Figura 44 – Colocação da junta de dilatação através de uma construção auxiliar [http://flickr.com]

Com o nivelamento concluído, a junta é fixada temporariamente e retira-se a construção auxiliar.

Em estruturas metálicas, essa fixação é feita através de soldagem e aparafusamento, para que depois, se proceda à aplicação de um revestimento contra a corrosão antes da fixação definitiva.

Nas estruturas de betão, a fixação temporária é executada através da soldagem entre as ancoragens e armaduras da estrutura. Para a fixação final, deve-se derramar betão na fixação temporária, no mínimo com a mesma resistência que o material adjacente da estrutura.

Um aspecto importante a ter em conta na instalação de juntas de dilatação, é o lugar que esses trabalhos têm na ordem do cronograma da obra. Isto porque, enquanto que nas estruturas metálicas a amplitude de deslocamentos é previsível ao longo da sua construção, nas estruturas de betão e mistas já não é bem assim, devido ao facto dos efeitos de fluência e retracção, começarem a produzir efeitos desde o início da construção e terminarem dentro de semanas, meses, ou anos, tornando-se portanto, mais complicado de prever os deslocamentos da estrutura. A fluência, por exemplo, surge

através de tensões de compressão, essencialmente devido ao pré-esforço e começa a produzir movimentos durante os trabalhos de execução do mesmo [5].

Pelas razões acima mencionadas, os incrementos máximos de fluência e retracção ocorrem após a conclusão da obra, ou após o fim dos trabalhos de pré-esforço [5].

Para melhor compreensão, no Gráfico 1 mostra-se a variação dos efeitos da fluência e retracção em função do tempo (dias).

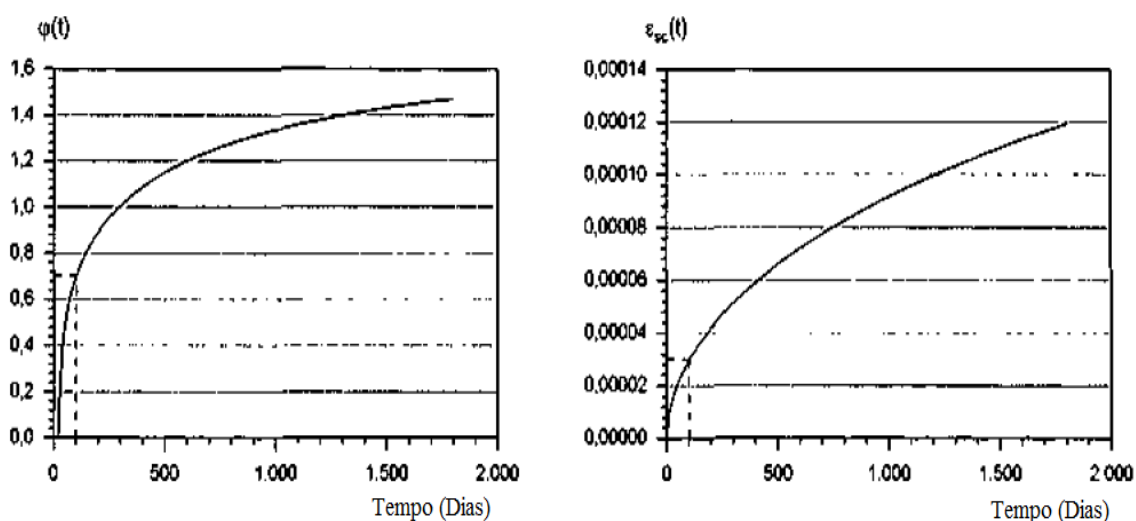


Gráfico 1 – Variação da fluência (à esquerda) e da retracção (à direita) (Adaptado) [5]

Da análise do gráfico acima, verifica-se que os efeitos da fluência evoluem mais cedo que os da retracção. Tomando o dia 100 como exemplo comparativo, observa-se que cerca de 40% das deformações da fluência já ocorreram, enquanto que as deformações da retracção atingem os 25%.

Outro aspecto a ter em consideração, é o movimento da junta na sua totalidade. Isto porque, o sistema de junta instalada tem de cobrir e acomodar os movimentos em toda a sua extensão. Sendo assim, passeios, guarda corpos, separadores centrais, rails de protecção e canalizações, têm de estar preparados para suportar os movimentos da junta.

No caso dos passeios, é comum colocar uma chapa em aço galvanizado sobre a junta (Figura 45), devidamente pormenorizada, ou então, coloca-se perfis de neoprene

no espaço de junta (situação menos comum), como apresentado, por exemplo, na Figura 24.

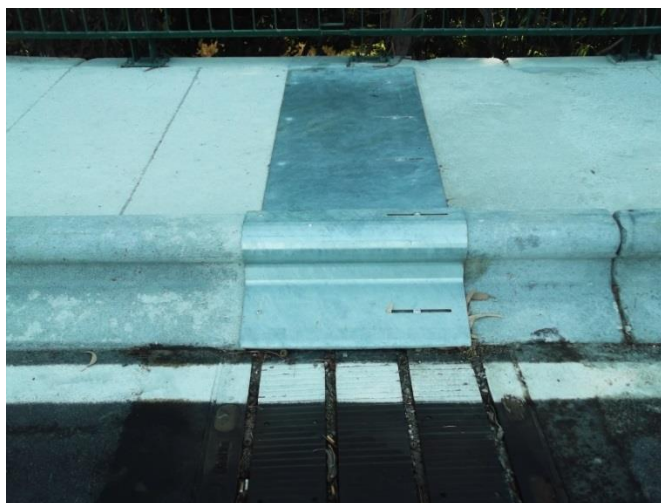


Figura 45 – Chapa de aço galvanizado sobre a junta no passeio

Já no caso dos guarda corpos e rails de protecção, por terem a função de segurança tanto para automobilistas, como para pedestres, é imperativo manter a continuidade entre os mesmos. Para tal, estes elementos são criados de forma a que acompanhem o movimento da junta, sem que seja necessário instalar mais elementos (Figura 46).



Figura 46 – Guarda corpos (à esquerda) e rail de protecção (à direita)

### **3.4. Patologias**

Um dos elementos que melhor reflecte a degradação das Obras de Arte são as juntas de dilatação, isto porque durante o seu tempo de vida útil está sujeita a acções de desgaste cíclicas muito agressivas, fazendo com que por vezes o seu funcionamento não seja o desejável.

Estes componentes são normalmente dos últimos trabalhos realizados nas Obras de Arte. No entanto, têm a importante função de materializar a interface tabuleiro/encontro, o que permite que a mesma esteja em serviço.

Como tal, se por algum motivo a junta de dilatação falhar e sofrer uma rotura parcial, pode provocar a saída de serviço da Obra de Arte, ou seja, deixa de ser possível a circulação sobre a mesma, isto porque, apesar de estes elementos não apresentarem um comportamento estrutural, as suas patologias originam diversos problemas, causando um elevado desconforto para os seus utilizadores e impedindo-a de desempenhar adequadamente a função para que foi concebida.

Portanto, quando as juntas de dilatação apresentam um funcionamento defeituoso, é da máxima importância identificar a origem do problema, de forma a resolve-lo o mais rápido possível. Para que isto aconteça, é necessário o estudo das diversas patologias que ocorrem nas juntas de dilatação.

Assim sendo, expõem-se abaixo, algumas das patologias mais frequentes que ocorrem em juntas de dilatação, bem como as suas causas.

#### **3.4.1. Tipos de Patologias**

Os problemas patológicos são originários de diversos factores, apresentando normalmente uma sintomatologia própria que permite a sua identificação.

De seguida, apresenta-se um quadro (Quadro 3) com as patologias mais comuns nas juntas de dilatação em Obras de Arte.

<b>Tipo</b>	<b>Patologia</b>
<b>1</b>	<b><i>Transição para o pavimento / pavimento</i></b>
1.A	Deterioração da camada de transição
1.B	Dano em guarda-cantos
1.C	Descolamento na transição
1.D	Existência de material betuminoso do pavimento sobre a junta
1.E	Arrastamento do material betuminoso do pavimento sobre a junta
1.F	Deterioração do pavimento
<b>2</b>	<b><i>Geometria</i></b>
2.A	Desnívelamento (ação de choque sob tráfego)
2.B	Irregularidade geométrica na junta/funcionamento da junta no plano do tabuleiro
<b>3</b>	<b><i>Movimentação</i></b>
3.A	Impedimento do movimento da junta
3.B	Junta/espaco da junta excessivamente aberta(o)
3.C	Junta/espaco da junta excessivamente fechada(o)
<b>4</b>	<b><i>Fixação à estrutura</i></b>
4.A	Deterioração/ausência da selagem de alvéolos de fixação
4.B	Pernos de fixação altos
4.C	Elementos de fixação soltos ou ausentes
4.D	Deterioração do leito de assentamento/zona de fixação
<b>5</b>	<b><i>Junta / Material da junta</i></b>
5.A	Deformação da junta/material da junta
5.B	Fissuração/corte da junta/material da junta
5.C	Destaque de material da junta
5.D	Desgaste por abrasão de material da junta
5.E	Corrosão do material da junta
5.F	Oxidação de elementos metálicos
5.G	Dano em elementos sub-superficiais do sistema de junta
5.H	Desagregação entre elementos de junta
5.I	Colapso/ausência de junta ou de módulos/partes significativas de junta
<b>6</b>	<b><i>Impermeabilidade / Drenagem</i></b>
6.A	Infiltração de águas
6.B	Humidade/água estagnada no pavimento
6.C	Deficiência no sistema de evacuação de águas
<b>7</b>	<b><i>Conforto de utilização</i></b>
7.A	Falta de aderência
7.B	Emissão de ruído excessivo

Quadro 3 – Classificação das principais patologias existentes em juntas de dilatação em Obras de Arte (Adaptado) [6]

Em seguida, serão apresentados exemplos dos tipos de patologias mencionados no quadro anterior.

### Tipo 1 – Transição para o pavimento/pavimento

A camada de transição é a camada que materializa a interface entre a junta e o tabuleiro e ainda entre a junta e o pavimento do encontro. Esta, é ainda em alguns casos o elemento que dá o suporte à fixação da junta nos primeiros centímetros de profundidade. Como tal, para além das acções transmitidas pela junta, sofre também as acções transmitidas pelas patologias do revestimento da via.

A sua deterioração consiste na quebra, ou fissuração da camada de transição, que numa fase mais adiantada surge também o seu desprendimento (Figura 47). Esta situação surge, muitas vezes, acompanhada do desaperto das fixações e da danificação dos bordos da junta de dilatação.



Figura 47 – Degradação da camada de transição entre a junta de dilatação e o pavimento [7]

### Tipo 2 – Geometria

A Figura 48 demonstra um abatimento do pavimento, resultante do impedimento de movimentos da estrutura devido ao facto da junta ter sido coberta por pavimento

asfáltico dando origem a fissuras. Há possibilidade dos ocupantes de veículos que passem numa patologia desta espécie sentirem alguma trepidação, sobressaltos ou inclusive acidentes graves [8].



Figura 48 – Desnívelamento da junta de dilatação relativamente ao pavimento [8]

### Tipo 3 – Movimentação

O impedimento do movimento da junta de dilatação (Figura 49) pode resultar de diversos factores, dos quais se destaca a acumulação de detritos na junta, que acabam por se depositar na mesma. Estes são de origem diversa, transportados pelo vento, chuva, carros e pessoas. Esta acumulação sobre a junta, dependendo da sua tipologia, pode afectar os graus de liberdade da mesma.

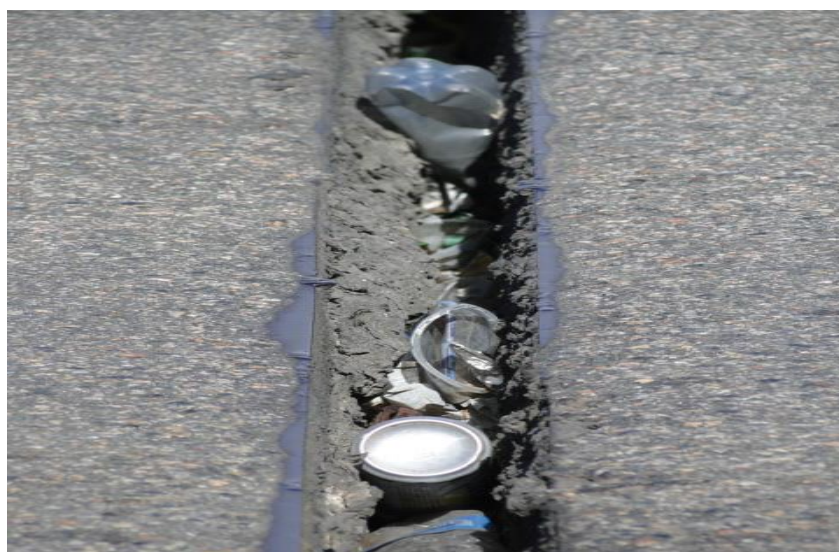


Figura 49 – Acumulação de detritos na junta de dilatação [8]

#### Tipo 4 – Fixação à estrutura

O desaperto das fixações das juntas de dilatação (Figura 50), manifesta-se através do som do batimento destas, aquando da passagem dos veículos sobre si. Se as fixações forem constituídas por perno e porca, o desaperto das porcas pode não ser visível à vista desarmada.

Nestes casos, apenas através do som escutado ou da sobrelevação da junta aquando da passagem dos veículos, é que se percebe que a junta de dilatação está desapertada ou mesmo solta.



Figura 50 – Desaperto de fixações na junta de dilatação [7]

### Tipo 5 – Junta/Material da junta

Esta patologia não é exclusiva de obras antigas, em que o pavimento encontra-se cronicamente fissurado (Figura 51), por não haver nenhum material com elasticidade suficiente para colmatar a junta, inclui também obras em que fez-se a repavimentação sobre a junta, retirando liberdade e provocando a fissuração do revestimento da via e consequente aceleração do desgaste.



Figura 51 – Ausência de junta de dilatação [37]

### Tipo 6 – Impermeabilidade/Drenagem

A falta de estanquicidade da junta (Figura 52), leva a constantes entradas de água no encontro da estrutura através da mesma, expondo o betão e eventualmente, os aparelhos de apoio à acção dessa água. Pode-se afirmar também, que é uma patologia resultante de outras patologias, isto porque, é muito difícil uma junta que sofra de rotura parcial, rotura de elementos de fixação, ou deterioração da camada de transição, garanta impermeabilidade.



Figura 52 – Falta de estanquicidade na junta de dilatação [7]

### Tipo 7 – Conforto de utilização

A deterioração dos selantes (Figura 53) irá contribuir para um aumento de ruído e para a falta de aderência a cada passagem de veículo. Poderá também ser uma causa de infiltração e conseqüente aparecimento de vegetação.



Figura 53 – Falta de aderência e formação de ruído da junta de dilatação [8]

### 3.4.2. Causas das Patologias

As patologias nas juntas de dilatação surgem essencialmente pelo uso das Obras de Arte. O seu aparecimento pode ver-se como uma situação natural tendo em conta a acção do tráfego automóvel, pedonal, agentes atmosféricos entre outros, o que provoca a deterioração das juntas. Como tal, a sua inspecção e manutenção é essencial para minorar os efeitos das patologias ou mesmo eliminá-las.

Posto isto, estas são as principais causas de patologias:

- Erros de design;
- Erros de dimensionamento;
- Erros de fabrico;
- Erros de instalação;
- Falta de manutenção;
- Alterações das condições inicialmente previstas;
- Causas ambientais;
- Causas acidentais.

Pode-se especificar como causas o mau dimensionamento da junta (se não for bem projectada trará problemas a curto prazo), materiais constituintes da junta (materiais sem qualidade tornam a junta fraca e defeituosa), mão-de-obra não qualificada na instalação, manutenção e substituição da junta (faz com que esta permaneça numa situação deficiente relativamente àquilo que era esperado).

## 3.5. Inspeção

A grande dificuldade ao executar inspecções em juntas de dilatação, prende-se com o facto da maioria das mesmas serem realizadas sem corte de tráfego. Torna-se ainda mais complicado quando as mesmas têm de ser executadas em auto estradas, isto porque, por questões de segurança, o espaço de manobra dos inspectores confina-se às bermas. Somente em situações de excepção, em que a ameaça é “real ou potencial”, é que se corta o tráfego para permitir uma inspecção mais minuciosa. [13].

No entanto, como a maioria das anomalias em juntas de dilatação são identificadas por meio visual, a inspecção acaba por ser facilitada perante as condições com que o inspector se depara. Contudo, há anomalias que não podem ser identificadas por meio visual e como tal, têm de ser aplicados outros métodos de inspecção.

### 3.5.1. Tipos de Inspeção

Quando se procede à inspecção de juntas de dilatação, não se pode cingir somente à inspecção das mesmas, isto porque, do mau funcionamento das juntas de dilatação podem resultar danos noutros componentes. Destes componentes podem-se destacar os seguintes:

- Aparelhos de apoio;
- Encontros;
- Pilares de transição;
- Banda de transição;
- Pavimento adjacente;
- Cobre-juntas.

Assim, para proceder-se a uma análise mais cuidada, pode-se definir a inspecção em 4 tipos [13]:

- Ao nível do pavimento sobre a junta;
- Ao nível do plano sob a junta;
- A nível da viga de estribo sob a junta;
- Ao nível lateral da Obra de Arte.

### 3.5.2. Técnicas de Inspeção e Diagnóstico

Ainda que a maior parte das anomalias possam ser detectas através de técnicas de inspecção visual, por vezes há a necessidade de haver uma melhor caracterização da anomalia e como tal, é necessário a aplicação de outras técnicas. No quadro seguinte,

apresentam-se diversos tipos de técnicas de inspecção e diagnóstico, propostas por João Marques Lima (2006) (Quadro 4).

<b>Tipo</b>	<b>Técnicas de Inspeção e Diagnóstico</b>
<b>1</b>	<b><i>Técnicas de Observação</i></b>
1.A	Observação visual directa
1.B	Observação com equipamento de ampliação (binóculos, máquina fotográfica ou videográfica)
<b>2</b>	<b><i>Técnicas Auditivas / Medição do Ruído</i></b>
2.A	Verificação auditiva directa
2.B	Percussão com martelo
2.C	Medição de ruído com sonómetro
<b>3</b>	<b><i>Técnicas de Medição / Verificação Geométrica</i></b>
3.A	Medição com régua / fita métrica
3.B	Medição com régua de fendas
3.C	Medição com paquímetro
3.D	Verificação com suta / transferidor / compasso
3.E	Monitorização do espaço de junta com telescómetro ou outro
<b>4</b>	<b><i>Técnicas Mecânicas</i></b>
4.A	Teste com chave dinamométrica
4.B	Recolha de amostra
<b>5</b>	<b><i>Técnicas de Verificação de Impermeabilidade e de Drenagem</i></b>
5.A	Teste de penetração de água

Quadro 4 – Técnicas de Inspeção e Diagnóstico (Adaptado) [6]

De seguida, apresenta-se uma descrição sumária dos cinco tipos de técnicas de inspecção e diagnóstico.

#### Tipo 1 – Observação

Estão latentes nesta classe duas técnicas de observação, a directa e a assistida. A observação assistida, ao contrário da observação directa, recorre a algumas ferramentas como binóculos, máquinas fotográficas ou câmaras de vídeo com o objectivo de tornar a caracterização e a detecção de anomalias mais eficaz [13].

#### Tipo 2 – Técnicas auditivas/Medição do ruído

Nesta classe, é utilizada audição directa e audição assistida através de um martelo, para verificação da fixação da junta, bem como das condições dos seus materiais e associados [13].

#### Tipo 3 – Técnicas de medição/Verificação geométrica

Esta técnica é utilizada quando é necessário a anomalia ser sujeita a medição. Tem-se como exemplo a fissuração, desnivelamento e abertura de junta [13].

#### Tipo 4 – Técnicas mecânicas

Esta técnica consiste na análise mecânica dos materiais, como por exemplo a verificação das fixações das juntas através de uma chave dinamométrica [13].

#### Tipo 5 – Técnicas de verificação de impermeabilidade e de drenagem

Esta técnica passa por deitar água na junta e verificar a percentagem de água que penetra na mesma, durante um determinado período de tempo [13].

### **3.6. Manutenção**

Para alargar o tempo de vida útil da junta de dilatação e manter a boa funcionalidade da mesma, são necessárias acções de manutenção periódicas.

No entanto, chega a uma altura em que é inevitável proceder-se à sua substituição, quando por exemplo as partes metálicas apresentam danos por fadiga avançados.

Para retardar essa situação, algumas das acções de manutenção a que se deve proceder são:

- Limpeza do sistema de drenagem;
- Limpeza da junta no exterior e interior;
- Aperto das fixações;
- Recolocar as selagens (Figura 54);
- Substituir componentes danificados ou perigosos (muito comum nas selagens)
- Reparação das bandas de transição.

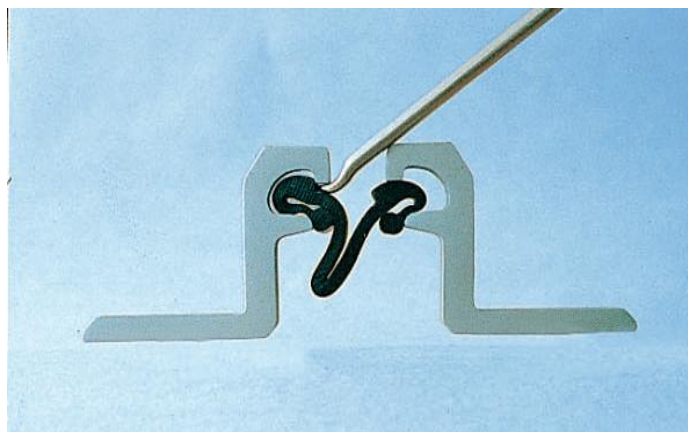


Figura 54 – Recolocação da selagem [32]

### **3.7. Segurança em Obra**

O desenvolvimento de qualquer actividade, independentemente da sua natureza, está envolta de riscos associados, uns de maior gravidade que outros, mas nenhum deles a desprezar. Infelizmente, muitos desses riscos materializam-se em acidente, derivados da combinação de diversos factores, entre os quais destacam-se as falhas humanas e falhas técnicas.

O acidente é uma “ocorrência de natureza imprevisível não desejada que modifica ou põe fim a uma actividade normal, ou encarando através de uma perspectiva de trabalho será uma quebra brusca e violenta do rendimento e satisfação no trabalho” [9].

Neste sentido, tendo em conta os custos que implicam um acidente, tanto humanos como materiais, é imperativo implementar uma política de segurança para a

aplicação de processos preventivos, de forma a minimizar, ou mesmo eliminar, esses riscos e por consequência os acidentes.

Nos trabalhos de envolvem juntas de dilatação, existem diversos riscos associados, como por exemplo ferramentas, materiais, entre outros. Para além disso, grande parte deles envolvem cortes de via, o que acarreta ainda mais riscos.

Tendo em conta o exposto, tem-se como principais riscos os seguintes:

- Colisão;
- Atropelamento;
- Electrocussão;
- Quedas de objectos;
- Capotamento;
- Incêndio;
- Quedas;
- Irritação das vias oculares e respiratórias;
- Cortes;
- Projecção de materiais.

De forma a minimizar os efeitos destes riscos, vai-se proceder de seguida, à identificação dos equipamentos de protecção individual a utilizar e os procedimentos a seguir num corte de via.

### 3.7.1. Equipamentos de Protecção Individual

Os equipamentos de protecção individual utilizados normalmente em obras de instalação de juntas de dilatação, são os seguintes:

- Capacete;
- Óculos ou viseira;
- Máscaras;
- Protectores auriculares;
- Aventais;

- Colete reflector;
- Botas de biqueira e palmilha de aço;
- Luvas de protecção mecânica;
- Polainitos;
- Joelheiras.

### 3.7.2. Cortes de Via

Para a elaboração do presente ponto, teve-se por base o Manual de Sinalização Temporária, Tomo I – Estradas com Dupla Faixa de Rodagem e Manual de Sinalização Temporária, Tomo II – Estradas com Uma Faixa de Rodagem.

Em anexo, encontra-se o esquema recomendado de corte de via, com aplicação da sinalização temporária abaixo indicada (Anexo 1 e 2).

A implantação da sinalização temporária, deve de ser executada nos horários de menos tráfego e divide-se em três pontos:

- Sinalização de aproximação – colocada antes do obstáculo;
- Sinalização de posição – sinaliza a zona de restrição (zona da obra);
- Sinalização final – colocada depois do obstáculo.

A sinalização de aproximação tem como função alertar os condutores, com antecedência suficiente, da aproximação da zona de perigo e é utilizada quando há estreitamento da faixa, necessidade de fazer desvios de circulação ou mudança de via de tráfego. Tem-se como sinalização mais comum os seguintes painéis (Figura 55):

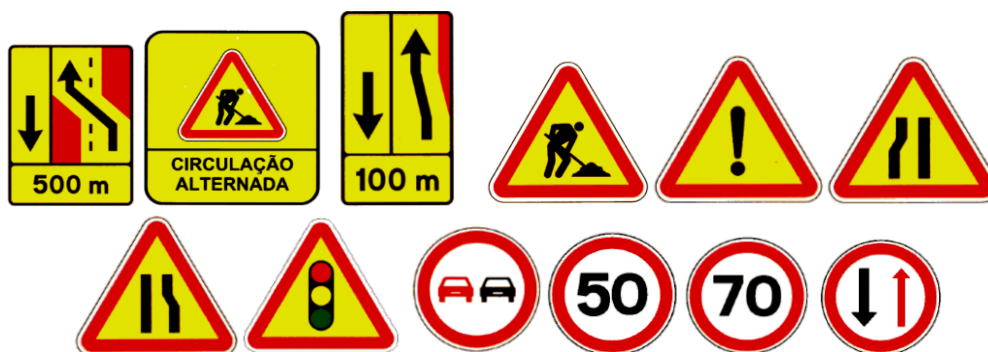


Figura 55 – Painéis para sinalização de aproximação

A sinalização de posição, garante a protecção da área interdita, a segurança dos trabalhadores, a facilidade de acesso às viaturas de socorro e assistência, etc. Os dispositivos completos utilizados são os seguintes (Figura 56):



Figura 56 – Dispositivos complementares utilizados

A sinalização final, informa os condutores que a zona de restrição acabou e que as condições de circulação voltam a ser normais. Os sinais de fim de proibição e painéis temporários são os seguintes (Figura 57):



Figura 57 – Sinais de fim de proibição e painéis temporários

Para além dos painéis de sinalização acima ilustrados, há outros sinais também utilizados no corte de vias, que ainda não foram referidos. Na figura seguinte apresenta-se a sua representação (Figura 58).



Figura 58 – Sinais de obrigação

### **3.8. Caracterização da Situação Portuguesa**

O aumento da construção de Obras de Arte em todo o mundo é resultante do desenvolvimento das redes rodoviárias, do qual Portugal não é excepção.

Portugal é um país com um vasto património de Obras de Arte de todos os tipos, tendo já sido vanguardista neste campo, como é exemplo a Ponte da Arrábida (Figura 59) sobre o rio Douro, situada no Porto, assinada pelo Eng.º Edgar Cardoso, um dos expoentes máximos da engenharia em Portugal e no mundo.



Figura 59 – Ponte da Arrábida no Porto do Eng.º Edgar Cardoso [<http://fotografiado.com>]

As Obras de Arte em Portugal são geridas por diversas entidades, onde algumas das quais já implementaram um sistema de gestão de Obras de Arte, para que haja na entidade responsável uma melhor organização e conhecimento do seu património, que fará com que a periodicidade das acções de manutenção e conservação sejam mais controladas.

Através do estudo que Vanessa Miranda da Costa (2009) realizou, em que é analisado o levantamento de todas as Obras de Arte existentes no Sistema de Gestão de Obras de Arte (GOA) da empresa Estradas de Portugal, E.P. – S.A. à data, é possível ter uma ideia da quantidade existente em território nacional, sendo que da responsabilidade das Estradas de Portugal são 5326 [12].

O gráfico seguinte (Gráfico 2) mostra a quantidade de Obras de Arte existente na rede rodoviária das Estradas de Portugal por distrito de ordem ascendente.

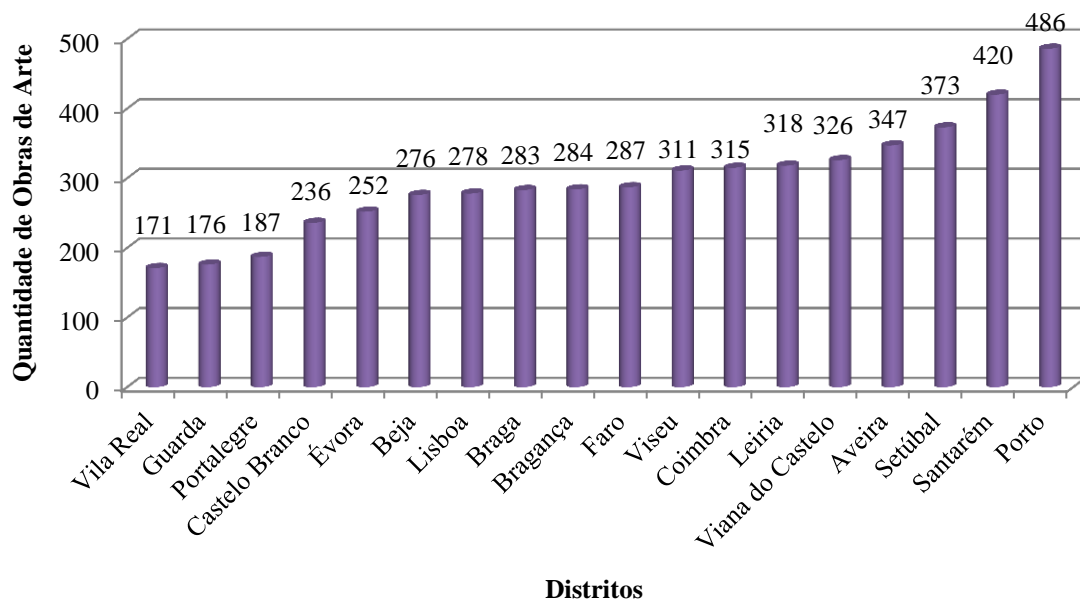


Gráfico 2 – Distribuição de Obras de Arte da concessionária Estradas de Portugal por distrito (Adaptado) [12]

Deste gráfico destaca-se que dos dezoito distritos que constituem Portugal Continental, o Porto é aquele que mais Obras de Arte tem, enquanto Vila Real é aquele que menos tem, o que corresponde a percentagens de 9,1% e 3,2%, respectivamente, da totalidade das Obras de Arte identificadas.

Para além desta divisão, procurou-se separar também, as diferentes Obras de Arte pela sua tipologia, tendo sido elaborado um gráfico (Gráfico 3) com a quantificação de cada tipo de Obra de Arte.

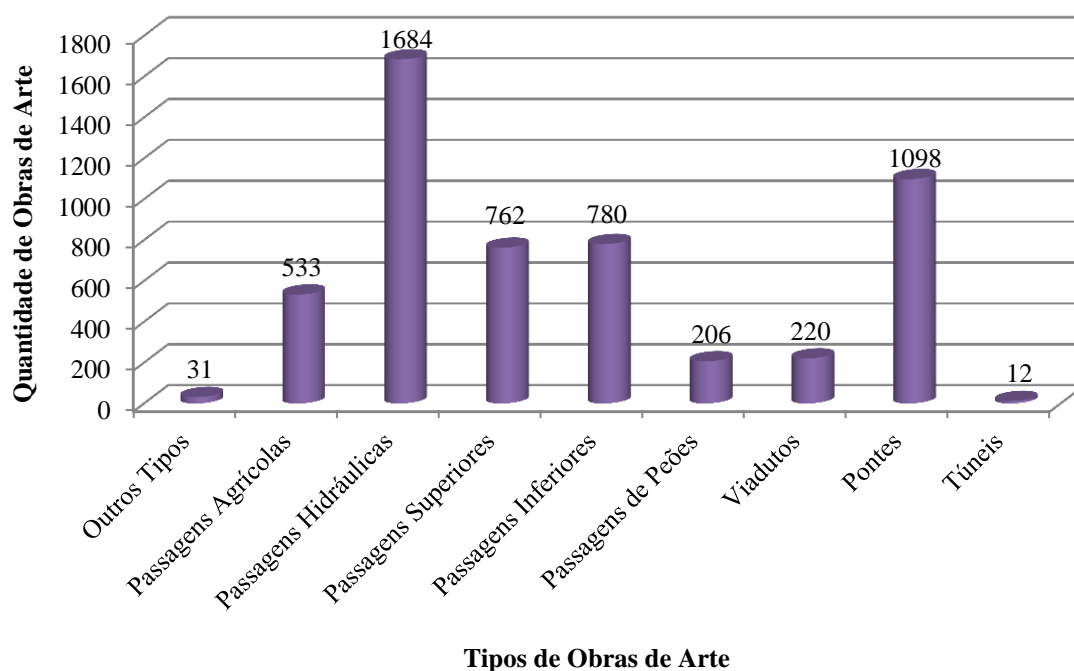


Gráfico 3 – Distribuição de Obras de Arte da concessionária Estradas de Portugal por tipologia (Adaptado) [12]

Pela observação deste gráfico conclui-se que a maior parte das Obras de Arte são do tipo Passagens Hidráulicas, seguindo-se as do tipo Pontes. Ao invés, os Túneis são os que estão em menor representatividade na rede das Estradas de Portugal. Em termos percentuais, pode-se afirmar que as Passagens Hidráulicas equivalem a 31,6% da totalidade das Obras de Arte, enquanto os Túneis equivalem a 0,2%.

Ao mesmo tempo que foram analisadas a localização e tipologia das diferentes Obras de Arte, analisou-se também a constituição de cada Obra de Arte, em que são descritas com um máximo de 15 componentes, com o objectivo de mostrar a percentagem de Obras de Arte em que cada componente foi utilizado. O gráfico seguinte (Gráfico 4) mostra a distribuição dessas percentagens [12].

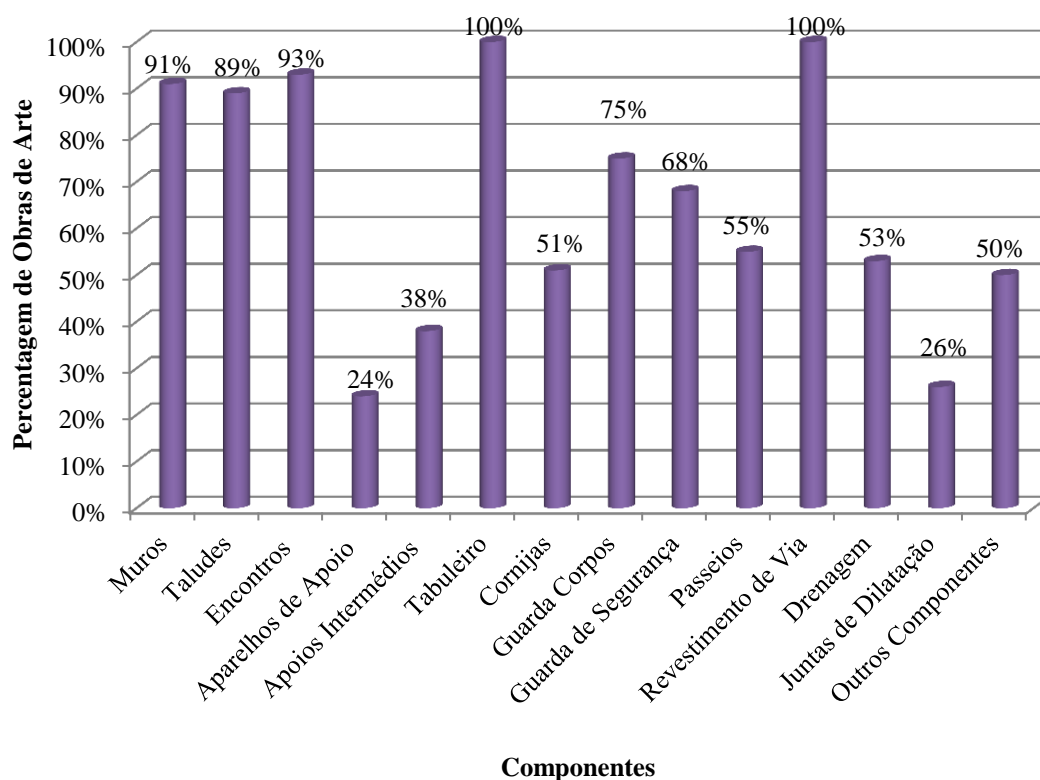


Gráfico 4 – Percentagens de Obras de Arte da concessionária Estradas de Portugal por componente (Adaptado) [12]

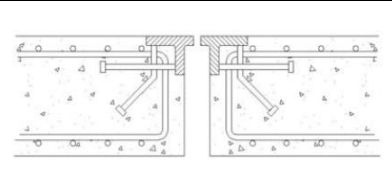
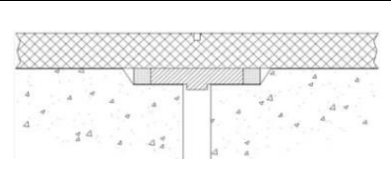
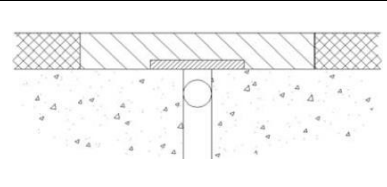
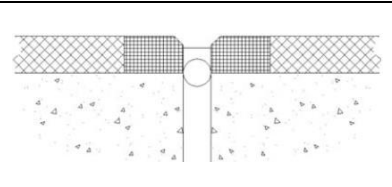
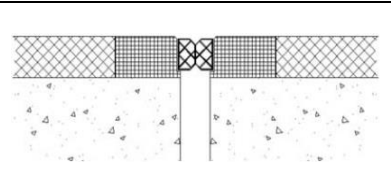
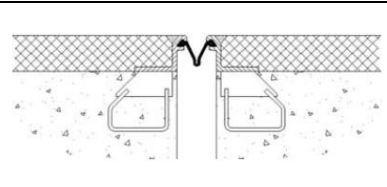
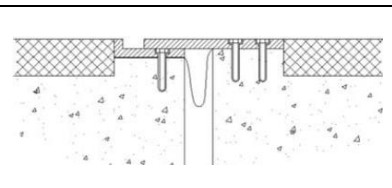
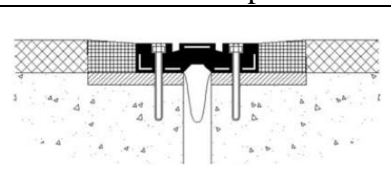
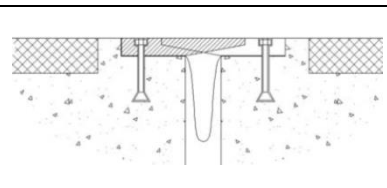
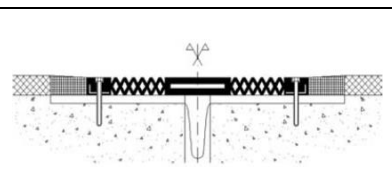
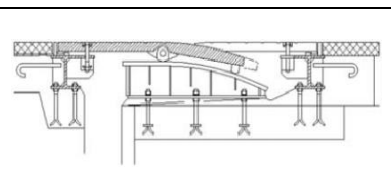
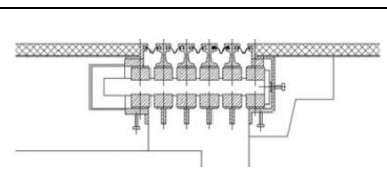
Com esta análise conclui-se, como era expectável, que há componentes comuns a todas as Obras de Arte, como o Tabuleiro e Revestimento. No entanto há que realçar a presença de Encontros, Muros e Taludes em praticamente todas as Obras de Arte. Já dos componentes menos comuns destacam-se os Aparelhos de Apoio e Juntas de Dilatação com 24% e 26% respectivamente, sendo que os 26% correspondem a aproximadamente 1385 Obras de Arte.

### 3.8.1. Tipologia de Juntas de Dilatação em Portugal

No estudo sobre juntas de dilatação levado a cabo por João Marques Lima (2006), foi proposto um sistema de classificação de juntas de dilatação de forma a facilitar a sua identificação. Este sistema engloba doze tipos de juntas de dilatação segundo uma ordem crescente de amplitude. Tendo em conta que este estudo teve como base o panorama português e sendo também a classificação mais utilizada em estudos

nacionais, vai-se utilizar esta classificação como base dos assuntos abordados mais adiante.

O quadro seguinte (Quadro 5) apresenta a classificação e um esquema representativo de cada tipo de junta.

		
Tipo 1 – Juntas Abertas	Tipo 2 – Juntas Enterradas	Tipo 3 – Juntas de betume modificado
		
Tipo 4 – Juntas seladas com material elástico	Tipo 5 – Juntas em perfil de elastómero comprimido	Tipo 6 – Juntas de bandas de elastómero flexíveis
		
Tipo 7 – Juntas de placas metálicas deslizantes	Tipo 8 – Juntas de elastómero armado	Tipo 9 – Juntas de pentes metálicos em consola
		
Tipo 10 – Juntas de elastómero armado compostas	Tipo 11 – Juntas de placas metálicas com roletes	Tipo 12 – Juntas de perfis de elastómero múltiplos

Quadro 5 – Tipos de juntas de dilatação em Obras de Arte portuguesas (Adaptado) [6]

Para se ter uma ideia da utilização de cada tipo de junta de dilatação, recorreu-se novamente ao estudo de Vanessa Miranda da Costa (2009). Esta, apesar de ter abordado o plano nacional, o seu principal foco foi o distrito do Porto, que como foi visto anteriormente, é o distrito com mais Obras de Arte em Portugal.

Das Obras de Arte instaladas nesse distrito, analisaram-se os componentes que as compunham e elaborou-se um gráfico (Gráfico 5) com as percentagens de Obras de Arte por componente.

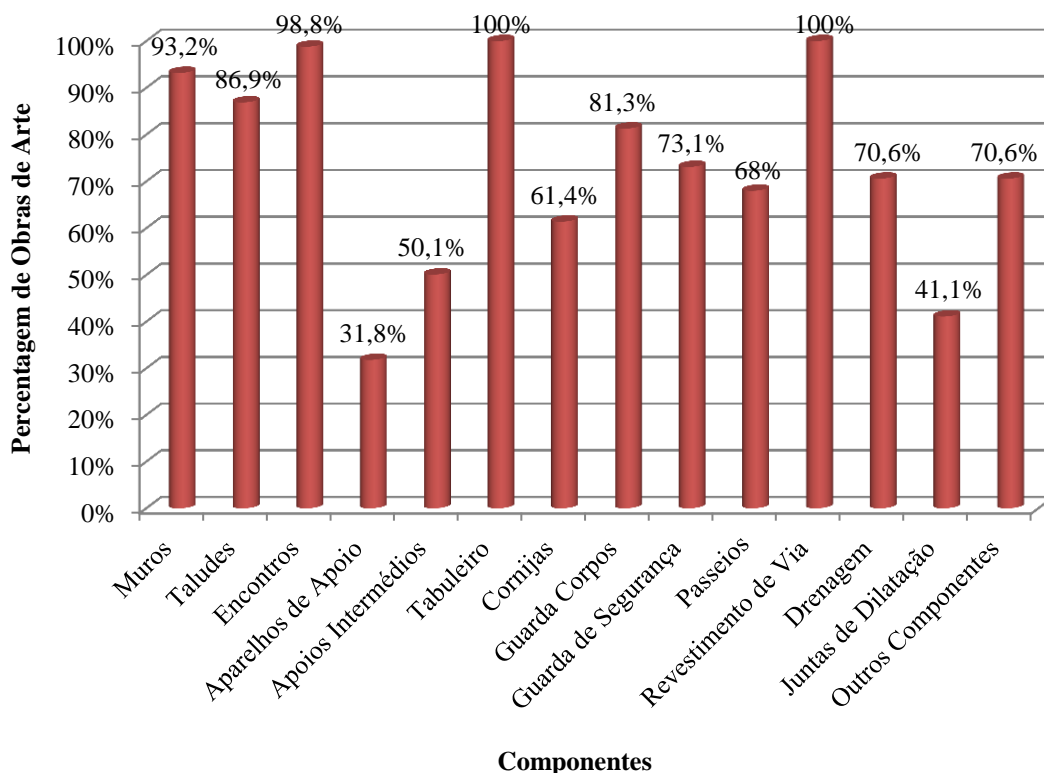


Gráfico 5 – Percentagens de Obras de Arte da concessionária Estradas de Portugal por componente no distrito do Porto (Adaptado) [12]

De uma breve análise deste gráfico, destaca-se o facto de os resultados serem idênticos aos do gráfico da distribuição das percentagens dos componentes por Obras de Arte em termos nacionais, o que significa que este distrito está na linha de distribuições nacionais e por isso, pode ser considerado uma boa amostra.

Ao mesmo tempo, distribuíram-se os 41.1% de Obras de Arte identificadas com juntas de dilatação no distrito do Porto, que correspondem a 200, pela sua tipologia. O próximo gráfico (Gráfico 6) mostra a quantidade de cada tipo de Obras de Arte com juntas de dilatação.

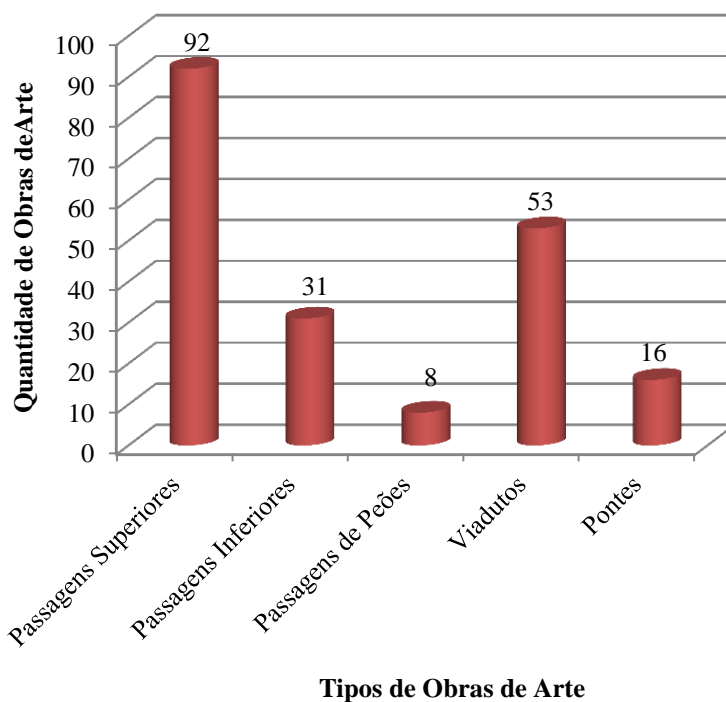
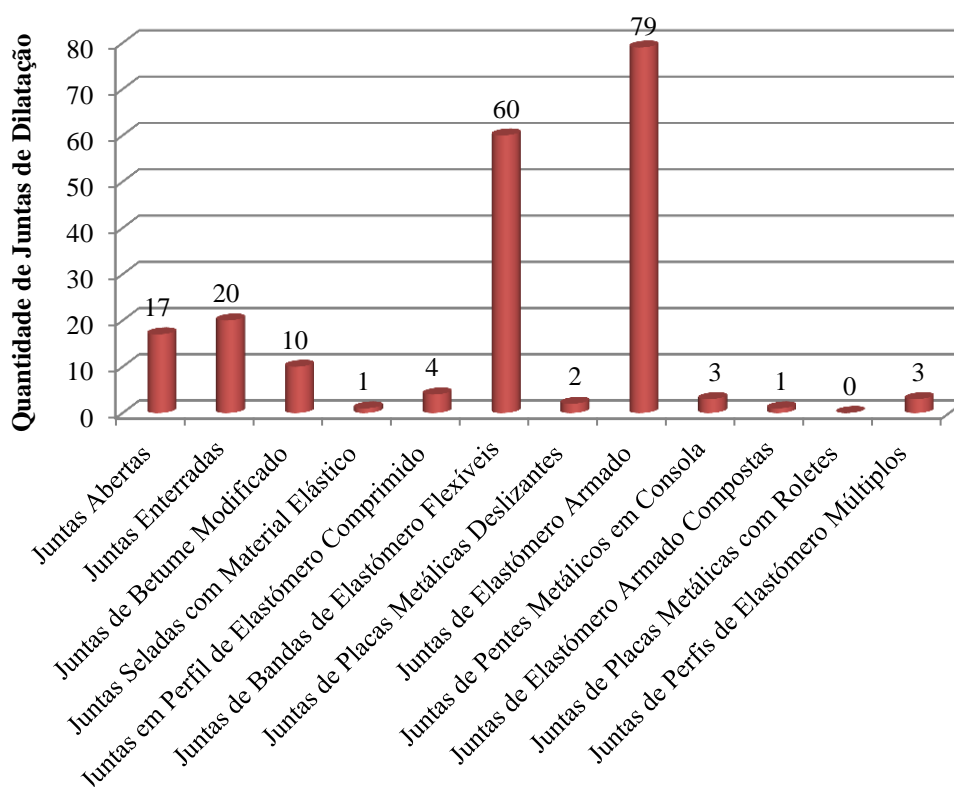


Gráfico 6 – Distribuição de Obras de Arte com juntas de dilatação da concessionária Estradas de Portugal pela sua tipologia no distrito do Porto (Adaptado) [12]

Neste gráfico, é perceptível que o tipo de Obras de Arte em que houve maior aplicação de juntas de dilatação, foi em Passagens Superiores com uma percentagem de 46%, seguindo-se os Viadutos com 26,5%. Já as Passagens de Peões foram o tipo em que houve uma menor aplicação, com 4% da totalidade.

Após esta fase, tratou-se de identificar a quantidade dos diferentes tipos de juntas de dilatação utilizados, como é demonstrado no Gráfico 7.



### Tipos de Juntas de Dilatação

Gráfico 7 – Distribuição de juntas de dilatação instaladas nas Obras de Arte da concessionária Estradas de Portugal por tipologia no distrito do Porto (Adaptado) [12]

Neste gráfico, destacam-se as quantidades de Juntas de Dilatação de Elastómero Armado e de Juntas de Dilatação de Bandas de Elastómero Flexíveis instaladas, com valores de 39,5% e 30% respectivamente, perfazendo sozinhas mais de metade da totalidade das instalações com 69,5%. Pode-se observar também, que não existe qualquer instalação de Juntas de Dilatação de Placas Metálicas com Roletes.

No trabalho de campo realizado por João Marques Lima e Jorge de Brito (2009) no parque da concessionária Brisa Auto-Estradas de Portugal, onde foi feita uma campanha que contemplou a análise de 150 juntas de dilatação de 71 Obras de Arte (Figura 60) [14], começou por distribuir as diferentes Obras de Arte pela sua tipologia (Gráfico 8).



Figura 60 – Mapa da Rede Rodoviária Brisa [http://brisa.pt]

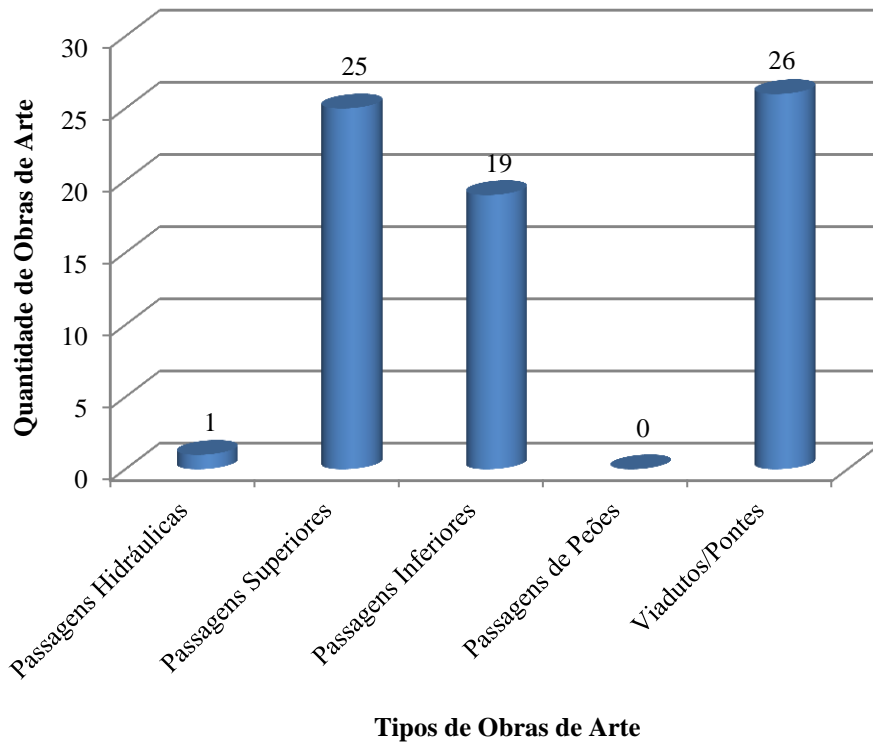


Gráfico 8 – Distribuição de Obras de Arte da concessionária Brisa por tipologia (Adaptado) [14]

Desta distribuição, como é possível observar pelo Gráfico 8, dos quatro tipos de Obras de Arte, há três que se destacam, Passagens Superiores, Passagens Inferiores e Viadutos, sendo os Viadutos aqueles que estão em maior número. No entanto, a quantidade das Passagens Superiores não são muito diferentes.

Estes números podem explicar-se pelo facto de a Brisa ser uma concessionária de auto-estradas.

No entanto, transformando os Gráficos 6 e 8 em percentagens e comparando-os, verifica-se que não há grandes diferenças, como é possível ver no Quadro 6.

	<b>Gráfico 6</b>	<b>Gráfico 8</b>
Passagens Hidráulicas	0%	1,4%
Passagens Superiores	46%	35,2%
Passagens Inferiores	15,5%	26,8%
Passagens de Peões	4%	0%
Viadutos	26,5%	36,6%
Pontes	8%	

Quadro 6 – Quadro comparativo entre tipos de Obras de Arte da Estradas de Portugal e Brisa

Apesar do grande equilíbrio que existe entre os dois gráficos, em que ambos referem-se a Obras de Arte que têm a aplicação de juntas de dilatação, destaca-se o facto de haver uma maior diversidade na aplicação de juntas de dilatação nas Estrada de Portugal do que na Brisa. Este resultado é explicável, pelas características rodoviárias de ambas as concessionárias.

Outro caso curioso de destacar neste estudo, foi a distribuição dos diferentes tipos de juntas de dilatação pelas Obras de Arte em diferentes espaços temporais (Quadro 7), permitindo assim a análise da tipologia utilizada em cada um deles.

<b>Obras de Arte</b>						
<b>Idade</b>	<b>≤10 anos</b>		<b>&gt; 10 anos <math>\wedge</math> ≤ 25 anos</b>		<b>&gt; 25 anos</b>	
<b>Nº de Juntas de Dilatação</b>	<b>94</b>		<b>38</b>		<b>18</b>	
<b>Classificação de Utilização</b>		<b>%</b>		<b>%</b>		<b>%</b>
1º	Tipo 8	66%	Tipo 8	37%	Tipo 3	28%
2º	Tipo 6	22%	Tipo 6	29%	Tipo 1, Tipo 7	22%
3º	Tipo 10	5%	Tipo 3	21%		33%
4º	Tipo 9	4%	Tipo 5	8%	Tipo 2	11%
5º	Tipo 5	3%	Tipo 2	5%	Tipo 4, Tipo 8	6%

Tipo 1 – Juntas Abertas; Tipo 2 – Juntas Enterradas; Tipo 3 – Juntas de betume modificado; Tipo 4 – Juntas seladas com material elástico; Tipo 5 – Juntas em perfil de elastómero comprimido; Tipo 6 – Juntas de bandas de elastómero flexíveis; Tipo 7 – Juntas de placas metálicas deslizantes; Tipo 8 – Juntas de elastómero armado; Tipo 9 – Juntas de pentes metálicos em consola; Tipo 10 – Juntas de elastómero armado compostas.

Quadro 7 – Distribuição de juntas de dilatação em Obras de Arte da concessionária Brisa por diferentes espaços temporais e por utilização (Adaptado) [14]

Analisando este quadro com algum detalhe, verificam-se algumas situações interessantes. O primeiro facto que salta à vista, é a diferença da tipologia utilizada entre Obras de Arte com mais de 25 anos, para os outros dois espaços temporais. Uma explicação para isto suceder é porque, possivelmente, as juntas de dilatação usadas hoje em dia são mais resistentes do que as usadas usualmente há mais de 25 anos. Outro caso relevante, é a tipologia utilizada em Obras de Arte mais recentes ser idêntica à tipologia utilizada para Obras de Arte de idade intermédia. No entanto, os valores percentuais diferem bastante relativamente ao Tipo 8, o que pode ser explicado pelo aperfeiçoamento desse tipo e daí a sua maior utilização.

### 3.8.2. Inspeção, Patologias e Manutenção de Obras de Arte Portuguesas

Como já foi referido anteriormente, as juntas de dilatação são um dos elementos mais frágeis em Obras de Arte, situação verificada pelo facto da esperança média de vida ser muito reduzida, tendo quase sempre que ser accionada a garantia dada pelos fabricantes e envolvendo variadíssimos custos. Só para se ter uma ideia, a parte relativa às juntas de dilatação dos custos de manutenção que a Brisa – Auto-Estradas de Portugal tem nas suas auto-estradas, chegaram a atingir os 25% [14]. Apesar dos custos, não há como fugir às inspeções e manutenções de forma a prevenirem males maiores.

A análise de 146 relatórios de inspeção principais de 146 Obras de Arte levada a cabo por João António dos Santos (2008), que teve como objectivo o estudo de patologias em Obras de Arte, obedeceu a alguns critérios de selecção a seguir enunciados [7]:

- Obras de Arte de betão armado e/ou pré-esforçado;
- Obras de Arte com relatórios de inspeção principal;
- Obras de Arte com comprimentos totais iguais ou superiores a 3.

Daí, resultou a selecção das 146 Obras de Arte, que se distribuíram pelos diferentes tipos, conforme é possível visualizar no Gráfico 9.

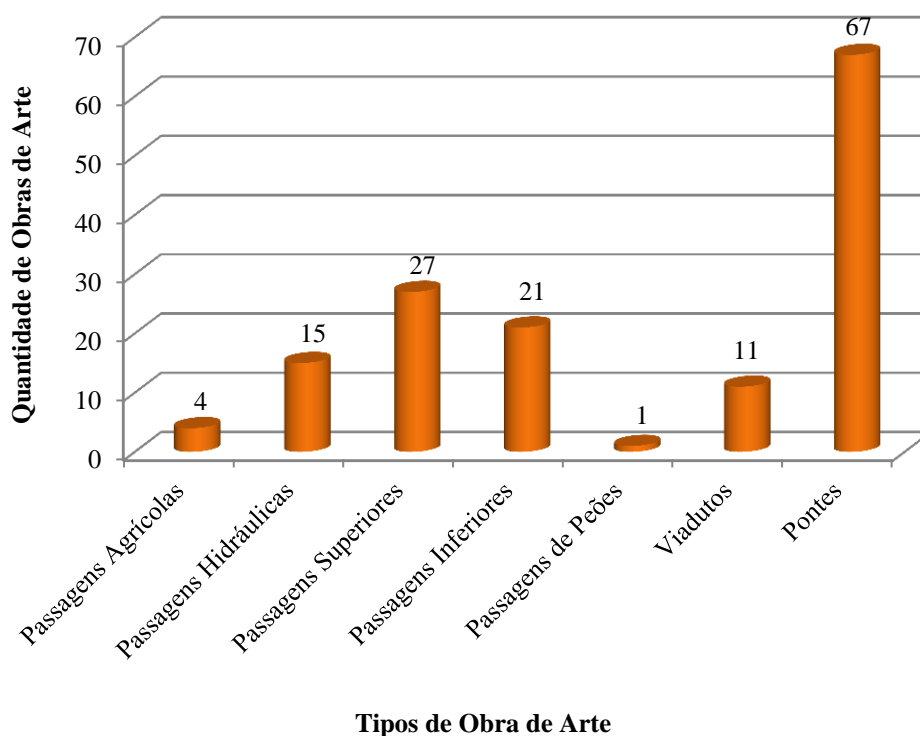


Gráfico 9 – Distribuição de Obras de Arte por tipologia (Adaptado) [7]

Desta distribuição, sobressaem os valores maioritários obtidos pelo tipo Pontes. Isto pode-se explicar pelo facto de no universo dos critérios escolhidos, haver mais pontes do que de outro tipo, correspondendo neste caso a 45,9% e pela importância que estas representam.

Seleccionadas as Obras de Arte com os parâmetros desejados, analisou-se as ocorrências das patologias nos componentes que as constituem (Gráfico 10).

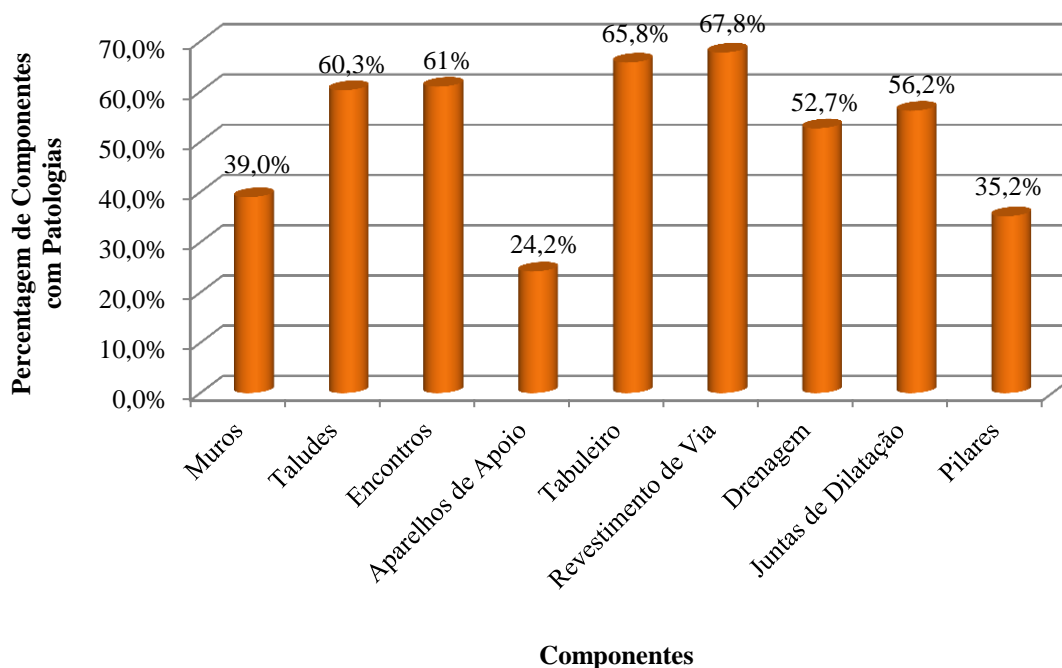


Gráfico 10 – Percentagens de componentes de Obras de Arte com patologias (Adaptado) [7]

Do gráfico acima destaca-se que dos nove componentes observados, só três é que não apresentam mais de 50% de ocorrências patológicas. Sendo que as juntas de dilatação, estão incluídas no lote dos componentes que apresentam mais de 50% de ocorrências.

Para uma melhor análise das patologias que afectam as juntas de dilatação, João Marques Lima e Jorge de Brito (2009), executaram uma campanha onde se pode ter uma noção muito real, de todos os processos e valores estatísticos que envolvem inspeções e manutenções de juntas de dilatação em Obras de Arte em Portugal.

Através de técnicas de inspeção e diagnóstico, já enunciadas no ponto 3.6, foram detectadas 369 anomalias nas 150 juntas de dilatação inspeccionadas, o que corresponde em média a aproximadamente 2,5 anomalias por junta de dilatação [14]. Separando as 369 anomalias pela sua tipologia obtêm-se os seguintes resultados (Gráfico 11).

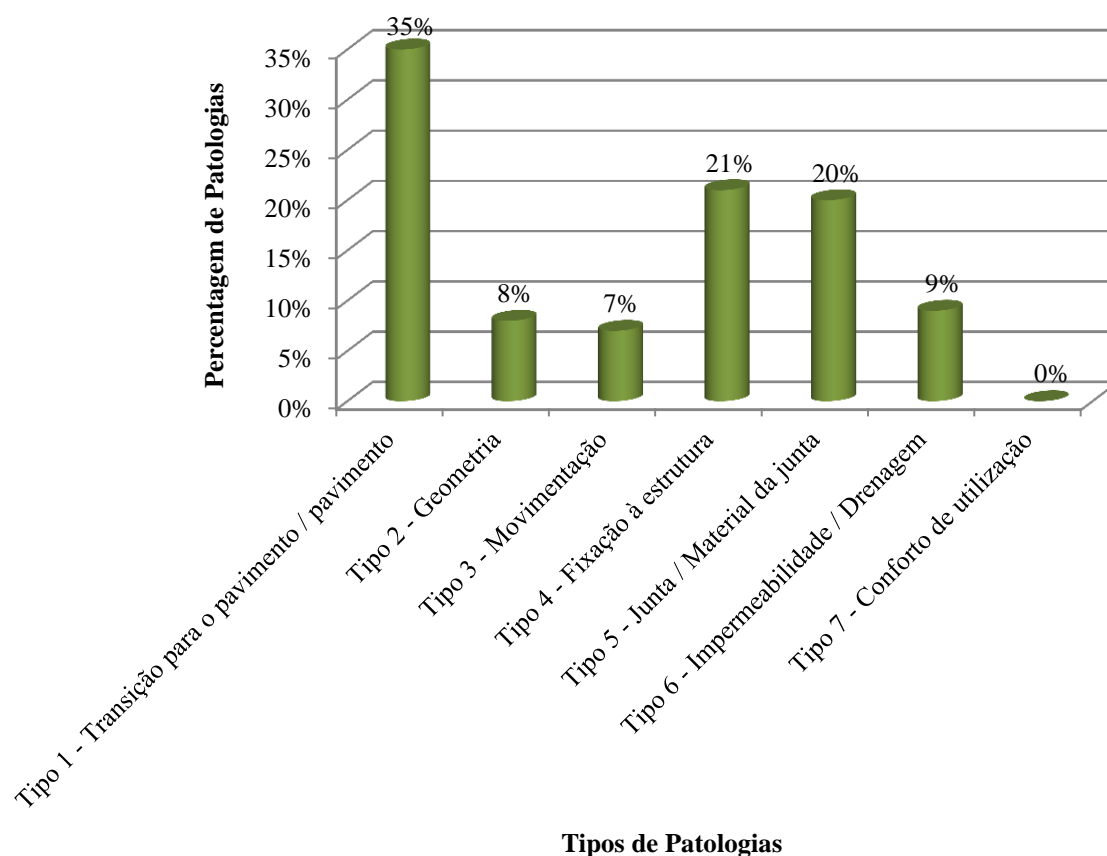


Gráfico 11 – Percentagens de patologias encontradas (Adaptado) [14]

Procedendo à análise deste gráfico, verifica-se que a maior parte das patologias detectadas são do Tipo 1 – Transição para o pavimento/pavimento, seguido do Tipo 4 – Fixação à estrutura e Tipo 5 – Junta/Material de Junta, o que pode ser considerado normal, tendo em conta o desgaste a que as juntas de dilatação estão sujeitas. Outro dado interessante foi o facto da patologia Tipo 7 – Conforto de Utilização, não ter sido detectada.

Para a detecção destas anomalias foram utilizadas um total de 582 técnicas de inspecção e diagnóstico, com uma média de 1,6 técnicas aplicadas em cada patologia identificada [13], o que significa que em média é necessária mais do que uma técnica para detectar patologias. O Gráfico 12 mostra a distribuição das percentagens das técnicas de inspecção e diagnóstico utilizadas.

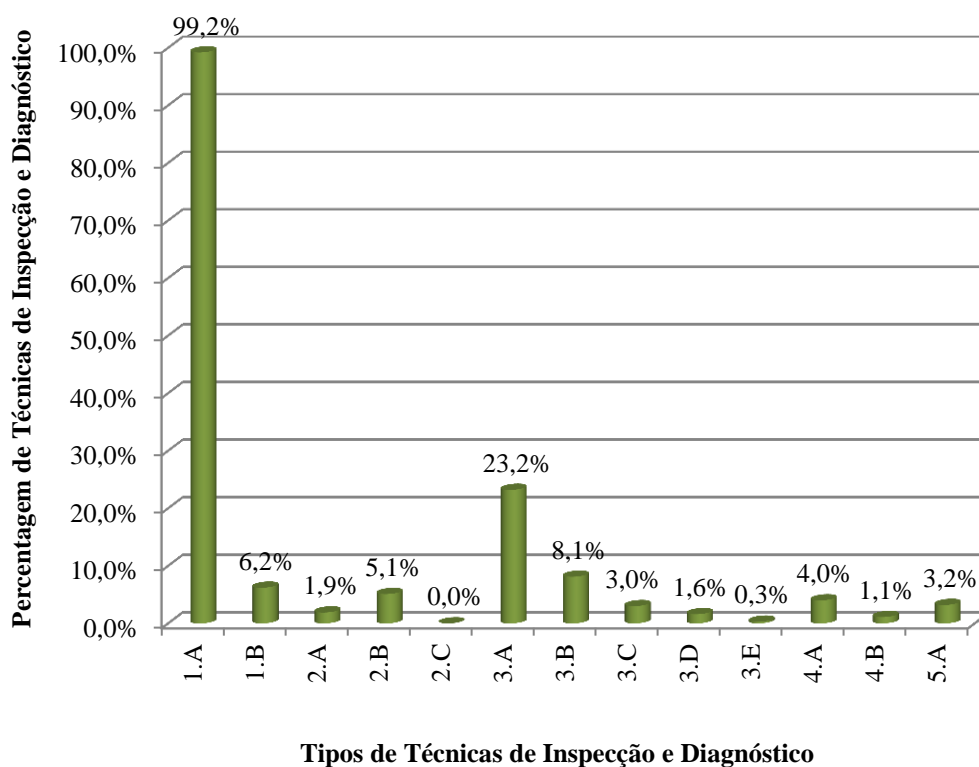
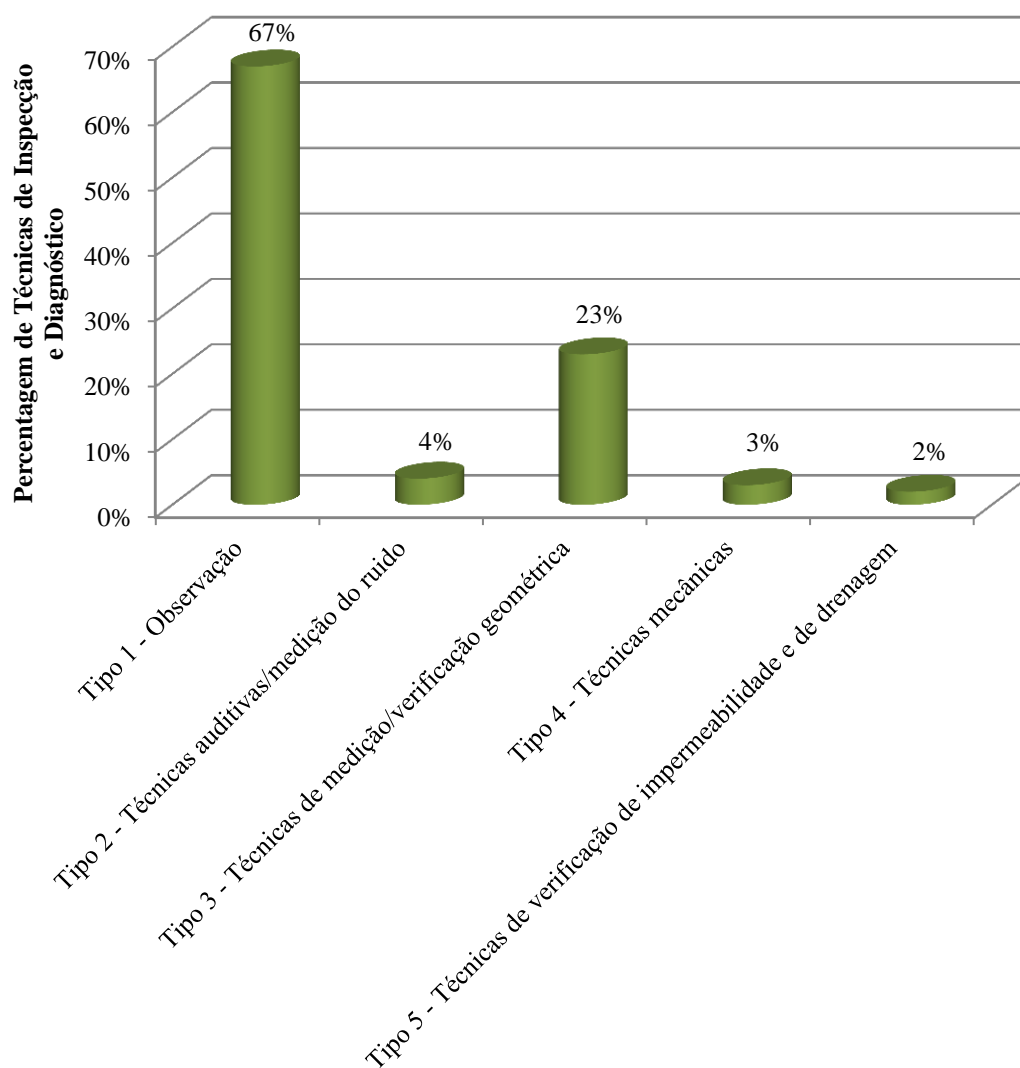


Gráfico 12 – Percentagens de técnicas de inspeção e diagnóstico utilizadas (Adaptado) [13]

Pode-se concluir pela observação deste gráfico, que a análise foi bastante minuciosa, destacando o valor de utilização da técnica de Observação visual directa (Tipo 1.A) que abrangeu 99,2% dos casos, o que pressupõe que esta técnica pode ser utilizada em quase todas as anomalias. Outro dado a realçar, é o facto da técnica de Verificação com suta/transferidor/compasso (Tipo 3.A), ter sido utilizada em 23,2% dos casos, que comparativamente às restantes técnicas, mostra uma utilização muito elevada.

Para se ter uma ideia mais generalizada dos tipos de técnicas de inspeção e diagnóstico mais utilizados, fez-se uma distribuição das técnicas por categorias, conseguindo-se assim o resultado pretendido (Gráfico 13).



**Tipos de Técnicas de Inspeção e Diagnóstico**

Gráfico 13 – Percentagens de tipos de técnicas de inspeção e diagnóstico utilizadas [13]

O Gráfico 13, veio confirmar a ideia já retirada no Gráfico 12, que demonstra que as técnicas de Tipo 1 de inspeção e diagnóstico são as mais utilizadas, contabilizando 67% da totalidade. Este resultado deve-se muito ao facto da técnica de Observação visual directa (Tipo 1.A) ter utilização em quase todos os tipos de patologias. O segundo tipo mais utilizado (Tipo 3) também está em consonância com o Gráfico 12 destacando-se dos restantes tipos não mencionados.

Após a inspeção e detecção das anomalias, passou-se às acções de manutenção. Executaram-se 430 técnicas de manutenção e reabilitação, o que dá uma média de 1,16 técnicas/anomalia [14].

As técnicas de manutenção e reabilitação utilizadas distribuíram-se da seguinte forma (Gráfico 14):

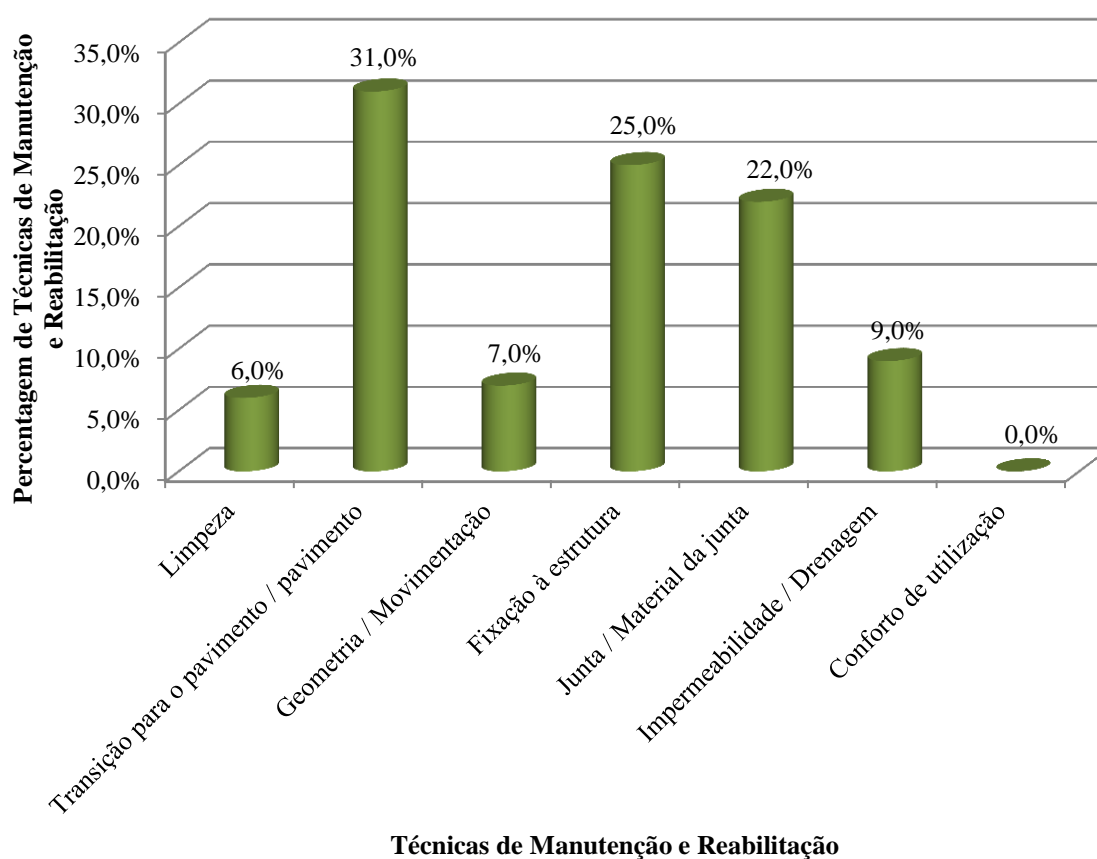


Gráfico 14 – Percentagens de Técnicas de Manutenção e Reabilitação utilizadas (Adaptado) [14]

Pela análise deste gráfico, é curioso verificar-se que houve manutenção em todos os elementos da junta, com excepção daqueles que implicam o conforto do utilizador. Apesar disso, os elementos que sofreram mais acções de manutenção, foram os elementos de transição. De notar, que a percentagem da técnica Transição para pavimento/pavimento vai ao encontro dos resultados do Gráfico 11, em que também existe uma maior taxa de incidência na patologia do Tipo 1 – Transição para o pavimento/pavimento.

### 3.8.3. Caracterização do Mercado Português

Grande parte das juntas de dilatação utilizadas nas Obras de Arte portuguesas tem origem estrangeira e é vendida pelos seus representantes no país. Destes países realçam-se Espanha, França e Itália como aqueles que comercializam o tipo de juntas de dilatação mais vulgares. Já no âmbito de juntas de dilatação mais específicas, como as de grande amplitude, recorre-se às juntas de origem alemã ou suíça. Em termos nacionais, a única empresa conhecida que se dedicou ao fabrico de juntas de dilatação foi a Fernando Lemos.

Das empresas que operam, ou já operaram em Portugal destacam-se [11]:

- Fernando Lemos; fabricantes: Fernando Lemos (produção própria), Texsa, TIS, Ibercaucho, Gesrubber, Soave, Structural Acessories (SAI) e Conutec;
- VSL Sistemas Portugal; fabricantes: Trelleborg e Iesa Expandite (antiga designação);
- ICQ Arte Estrutural; fabricante: Alga;
- Adespa / Pretensa; fabricante: FIP Industriale;
- Freyssinet – Terra Armada Portugal; fabricantes: PPC, SBT, CIPEC e SHW;
- Bettor MBT Portugal Fabricante: SKW-MBT (Watson Bowman Acme).

No estudo elaborado por Sónia Santiago (2004) na concessionária de auto-estradas Brisa, em que foram analisados 124 viadutos, 256 passagens superiores (PS's) e 64 passagens inferiores (PI's) num total de 444 Obras de Arte das auto-estradas A1, A2, A3, A4, A6, A9, A10 e A12, verificou-se que as empresas mais solicitadas para realizarem trabalhos para a Brisa desde 1995, contabilizando 98% do total das juntas de dilatação aplicadas, são as empresas Fernando Lemos, VSL Sistemas Portugal, Alga (ICQ Arte Estrutural), FIP Industriale (Adespa/Pretensa) e Freyssinet [10]. O Gráfico 15 demonstra a distribuição das juntas de dilatação instaladas acima referidas.

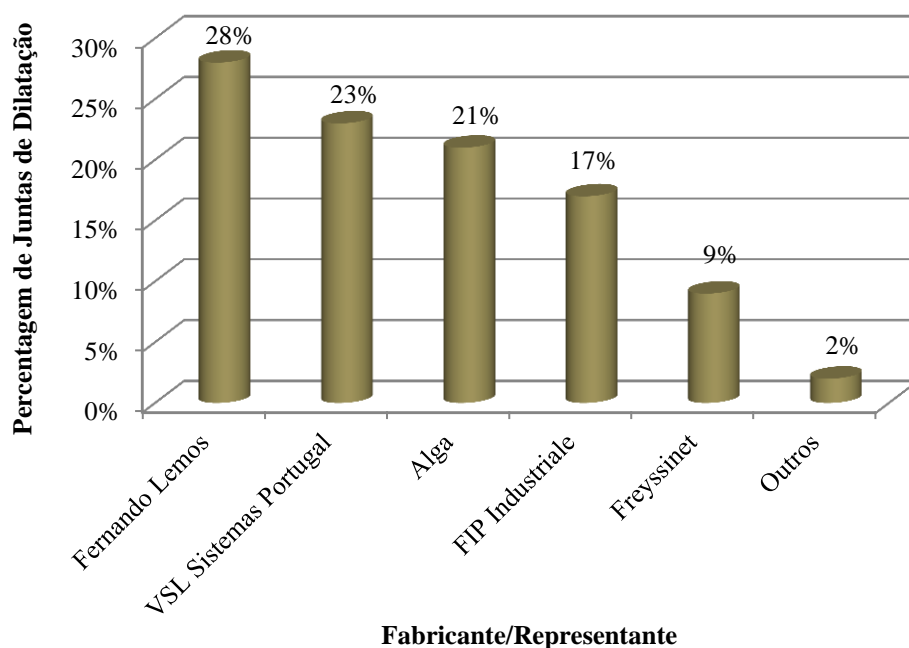


Gráfico 15 – Percentagens de juntas de dilatação instaladas por fabricante/representante desde 1995 (Adaptado) [10]

Pela observação do gráfico, é notório o domínio da Fernando Lemos relativamente às restantes empresas, não estando no entanto muito distante da VSL Sistemas Portugal e Alga, restando à FIP Industriale e Freyssinet a fatia mais pequena do mercado.

Outra conclusão de realçar da análise deste estudo, é o facto de todas as empresas acima referidas, comercializarem diversos tipos de juntas de dilatação de várias amplitudes, incluindo as de grande amplitude aplicadas nos viadutos.

No gráfico seguinte (Gráfico 16), está representada essa mesma distribuição, chamando a atenção para o facto de a Fernando Lemos, ter sido a empresa que até à data mais juntas de dilatação instalou em viadutos e que o mercado da Freyssinet foi maioritariamente em juntas de menores amplitudes, aplicadas nas passagens superiores.

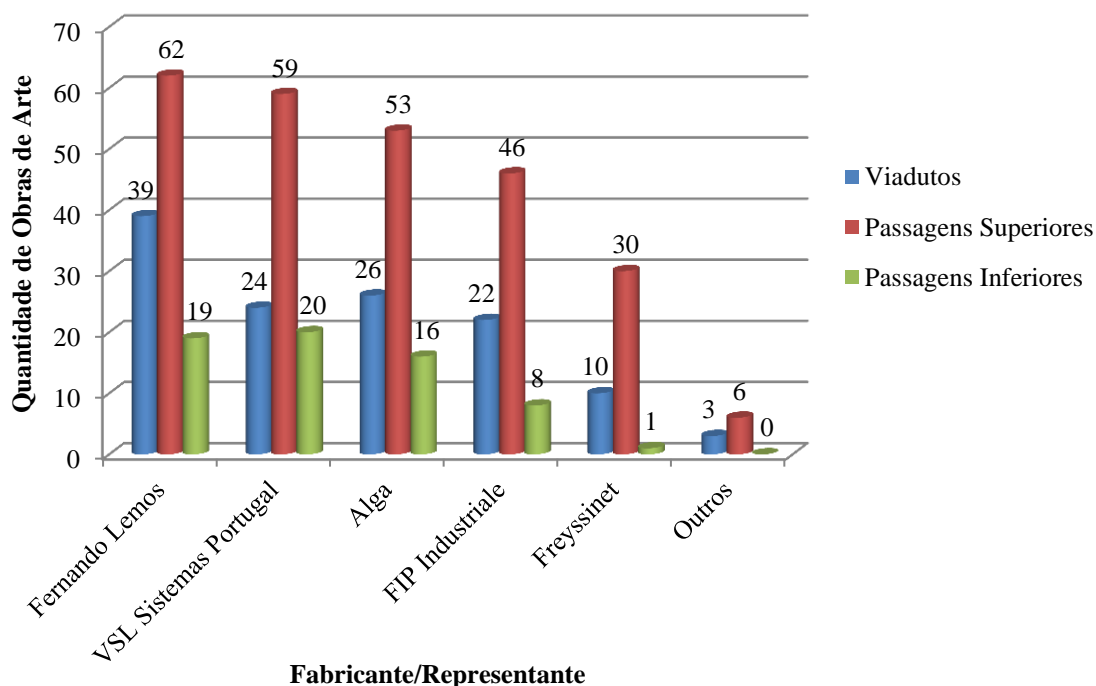


Gráfico 16 – Distribuição de juntas de dilatação instaladas desde 1995 por fabricante/representante e por tipo de Obra de Arte (Adaptado) [10]

Outro dado dominante no gráfico acima, que é comum a todas as empresas, é que das Obras de Arte onde foram aplicadas juntas de dilatação, as Passagens Superiores são as que têm maior aplicação, seguidas dos Viadutos e Passagens Inferiores respectivamente.

Das juntas de dilatação identificadas, foi feito um levantamento do valor que cada empresa factura por metro linear para o fornecimento e instalação das juntas de dilatação. Para tal, dividiram-se as juntas de dilatação por amplitudes máximas até 250 mm para facilitar essa análise. Essa divisão está representada no Gráfico 17.

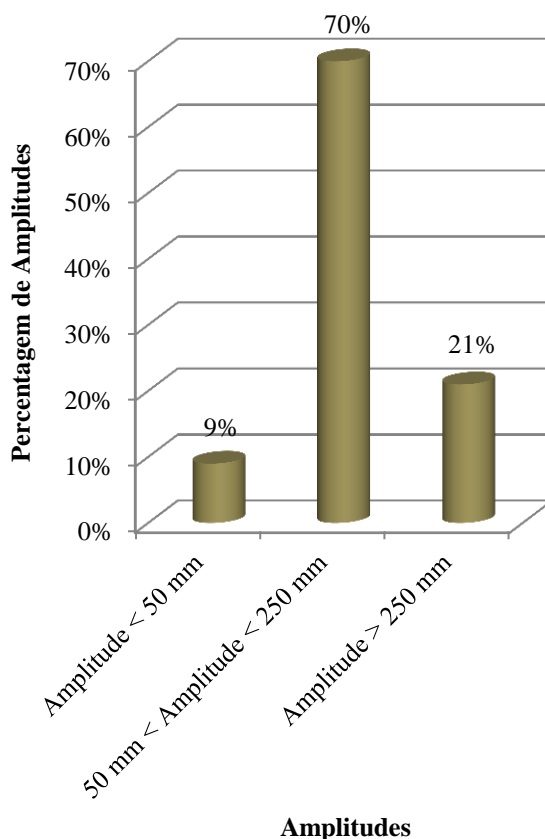


Gráfico 17 – Distribuição de juntas de dilatação por amplitudes (Adaptado) [10]

Olhando para o gráfico acima, é óbvia a predominância das juntas com amplitudes compreendidas entre 50 mm e 250 mm, correspondente a 70% da totalidade das amplitudes, ao contrário das juntas com amplitude abaixo dos 50 mm que se situa nos 9%.

Concluída a divisão, passou-se à análise dos valores metro linear que cada empresa factura, para o fornecimento e instalação das juntas de dilatação para as diferentes amplitudes, com a criação de um gráfico (Gráfico 18) representativo desses valores.

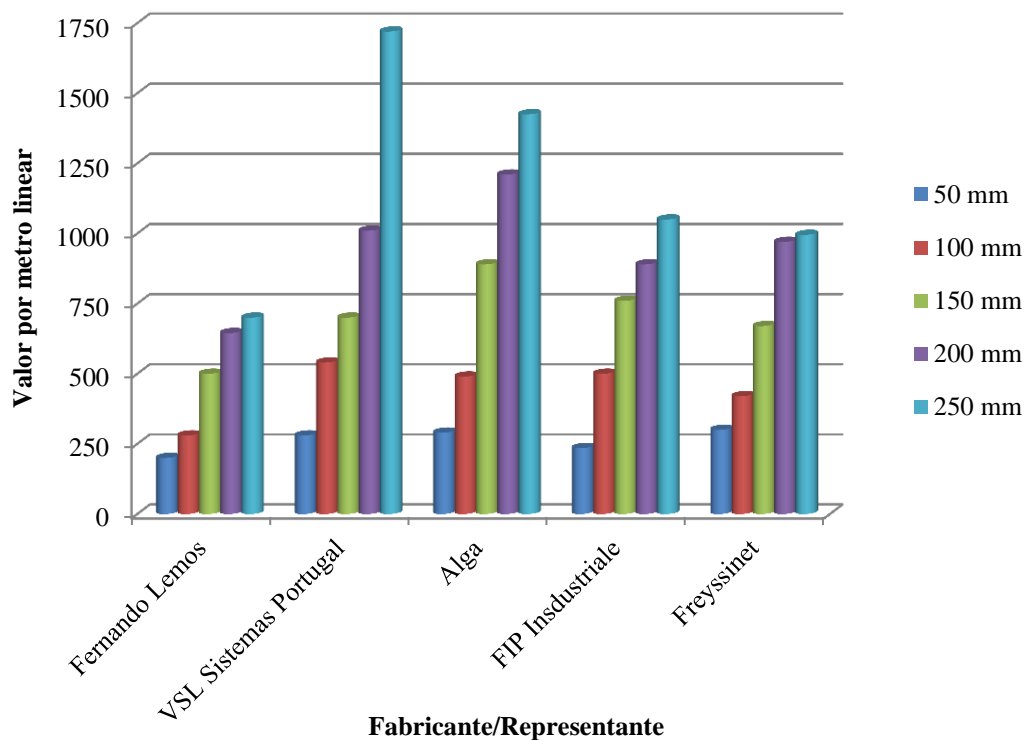


Gráfico 18 – Preço por metro linear de junta de dilatação de cada fabricante/representante para cada amplitude (Adaptado) [10]

Da observação da representação gráfica, verifica-se que o tipo de juntas de dilatação mais caras, como era de esperar, são as de amplitude máxima de 250 mm, sendo que a empresa que pratica valores mais elevados é a VSL Sistemas Portugal que ascendem os 1500€ metro linear. Outro dado que salta à vista, são os valores praticados pela Fernando Lemos, que comparativamente com as restantes empresas são os mais baixos. Esta situação pode ser explicada pelo facto de ser uma empresa nacional, no entanto estes dados não podem ser tidos em conta fora de Portugal.

Noutro estudo levado a cabo por João Marques Lima e Jorge de Brito (2009) sobre os tipos de junta de dilatação comercializados em Portugal na última década, que “teve como base a consulta de fornecedores de juntas, a recolha de catálogos e os arquivos e registos da Direcção de Conservação e Gestão de Obras de Arte da Brisa - Auto-Estradas de Portugal (DCC/GOA)”, identificaram-se os diferentes tipos por fornecedor com a respectiva amplitude e fabricante [11]. Como resultado do estudo

desses dados, retiraram-se algumas ideias de como funciona o mercado português relativamente às suas necessidades. De algumas dessas ideias destacam-se as seguintes:

- as juntas de dilatação de elastómero armado são as juntas mais requisitadas para aplicação em viadutos, seguidas das juntas de dilatação em perfil de elastómero comprimido;
- as juntas de dilatação em betume modificado são instaladas somente por alguns representantes por serem moldadas in-situ, como é o caso da Freyssinet (Viajoint), VSL (Expandite B-500) e a Prismo (Thormajoint);
- as juntas de dilatação seladas com material elástico (do tipo silicone), tem como único representante a Bettor MBT Portugal, o que leva a crer que a sua utilização seja muito reduzida;
- a Freyssinet e Alga (ICQ) são as empresas que comercializam juntas de dilatação metálicas em Portugal, destacando-se a primeira nas juntas de dilatação de placas deslizantes e a segunda nas juntas de dilatação de placas metálicas com roletes, sendo que ambas também comercializam em grande número juntas de dilatação de pentes metálicos em consola;
- as únicas empresas que comercializam juntas de dilatação de perfis de elastómero múltiplos em Portugal são a Freyssinet, Alga e Bettor MBT.





## **4.1. Estaleiro**

Perante o tipo de obra e desenvolvimento da mesma, tratou-se de um estaleiro móvel através de viaturas de apoio, onde se transportava todos os materiais, ferramentas, sinalização temporária e restantes equipamentos necessários ao desenvolvimento da mesma.

### **4.1.1. Sistema de Alimentação Energética**

Para a execução desta obra foram utilizados geradores transportados nas viaturas de apoio como alimentação energética.

As instalações eléctricas realizadas obedeceram à legislação em vigor. Os regulamentos utilizados foram:

- Redes de distribuição de energia eléctrica e baixa tensão;
- Instalações de utilização de energia eléctrica.

### **4.1.2. Sistema de Tratamento de Resíduos**

Todos os resíduos produzidos na obra foram transportados pelas viaturas de apoio para o estaleiro geral da empresa, dentro de contentores ou *Big Bags* e entregues ao operador de gestão de resíduos.

### **4.1.3. Equipamentos**

Os equipamentos utilizados nesta obra foram:

- Camião basculante;
- Carrinha de caixa aberta;
- Retroescavadora;
- Cilindro;

- Pavimentadora;
- Fresadora;
- Vassoura mecânica;
- Autotanque de betume;
- Martelo eléctrico demolidor;
- Aparafusadora;
- Berbequim;
- Ferramentas diversas.

#### 4.1.4. Equipamentos de Emergência

As viaturas de apoio transportavam no mínimo, uma caixa de primeiros socorros, destinada a pequenos curativos em caso de acidente e um extintor, ambos bem sinalizados e de fácil acesso.

## 4.2. Segurança

A execução desta obra estava envolta em diversos riscos, tais como:

- Colisão;
- Atropelamento;
- Electrocussão;
- Quedas de objectos;
- Capotamento;
- Incêndio;
- Cortes;
- Projecção de materiais;
- Exposição a poeiras.

Como tal, para realizar-se as actividades em segurança e minimizar os efeitos destes riscos foi elaborado um Plano de Saúde e Segurança de acordo com a legislação instituída pelo técnico de segurança, onde estavam descritos os procedimentos

necessários para a realização de cada tarefa em segurança. Para garantir que todas as actividades estavam a ser realizadas em conformidade, eram efectuadas vistorias regulares pelo técnico de segurança.

#### 4.2.1. Sinalização

O principal condicionalismo desta empreitada foi o tráfego rodoviário nas vias onde foram executados os trabalhos.

Para minimizar potenciais riscos que daí advinham, começou-se por implementar a sinalização no período da manhã, antes das horas mais activas de tráfego e foi baseada no Manual de Sinalização Temporária – Tomo I (Ex-JAE), segundo os esquemas de sinalização F06 e F07 (Em Anexo).

#### 4.2.2. Protecções Individuais

Para que os trabalhadores pudessem trabalhar em segurança nas diversas actividades executadas, utilizaram as seguintes protecções individuais:

- Colete reflector;
- Botas de biqueira e palmilha de aço;
- Luvas de protecção mecânica;
- Capacete;
- Óculos ou viseira;
- Máscaras;
- Protectores auriculares;
- Avental;
- Joelheiras.

## **4.3. Trabalhos**

A realização desta empreitada envolveu diversos trabalhos de diferentes durações, intervenientes e equipamentos para a substituição das juntas de dilatação.

Nos pontos seguintes é descrito os trabalhos realizados, os equipamentos utilizados em cada trabalho, a constituição das equipas e duração de cada trabalho.

### **4.3.1. Trabalhos Realizados**

Os trabalhos realizados na substituição das juntas de dilatação desta obra foram:

- Remoção da junta de dilatação antiga;
- Fresagem de pavimento betuminoso;
- Fornecimento e execução de tapete em microbetão betuminoso rugoso;
- Abertura de caixa para execução de juntas de dilatação nas Obras de Arte;
- Execução de novo berço da junta, para que a junta de dilatação fique nivelada com a rasante do pavimento;
- Fornecimento e montagem da junta de dilatação nova;
- Fornecimento e colocação de chapa cobre-juntas.

### **4.3.2. Equipamentos Utilizados por Trabalho**

Para a concretização desta empreitada foram necessários vários equipamentos, sendo que alguns destes, tiveram diversas utilizações consoante os trabalhos executados, como se verifica no Quadro 8.

<b>Trabalho</b>	<b>Equipamento</b>
Fresagem de pavimento betuminoso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Camião;</li><li>• Fresadora;</li><li>• Vassoura mecânica.</li></ul>
Fornecimento e execução de tapete em microbetão betuminoso rugoso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Retroescavadora;</li><li>• Camião;</li><li>• Cilindro;</li><li>• Autotanque de betume;</li><li>• Pavimentadora.</li></ul>
Abertura de caixa para execução de juntas de dilatação nas Obras de Arte	<ul style="list-style-type: none"><li>• Martelo eléctrico demolidor;</li><li>• Gerador.</li></ul>
Execução de novo berço da junta, para que a junta de dilatação fique nivelada com a rasante do pavimento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ferramenta de pedreiro;</li><li>• Ferramenta diversa.</li></ul>
Fornecimento e montagem de junta	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ferramenta diversa;</li></ul>
Fornecimento e colocação de chapa cobre-juntas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ferramenta de serralheiro;</li><li>• Aparafusadora;</li><li>• Berbequim.</li></ul>

Quadro 8 – Equipamento utilizado em cada trabalho

#### 4.3.3. Constituição das Equipas por Trabalho

Para a elaboração de cada trabalho, é necessária uma equipa constituída por trabalhadores com funções específicas, como é possível observar no Quadro 9.

<b>Trabalho</b>	<b>Equipa</b>
Fresagem de pavimento betuminoso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Manobrador de máquina;</li><li>• Condutor de pesados;</li><li>• Servente.</li></ul>
Fornecimento e execução de tapete em microbetão betuminoso rugoso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Manobrador de máquina;</li><li>• Condutor de pesados;</li><li>• Servente;</li><li>• Chefe de equipa.</li></ul>
Abertura de caixa para execução de juntas de dilatação nas Obras de Arte	<ul style="list-style-type: none"><li>• Servente;</li><li>• Chefe de equipa.</li></ul>
Execução de novo berço da junta, para que a junta de dilatação fique nivelada com a rasante do pavimento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pedreiro;</li><li>• Servente;</li><li>• Aplicador de juntas;</li><li>• Ajudante de aplicador de juntas.</li></ul>
Fornecimento e montagem de junta	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aplicador de juntas;</li><li>• Ajudante de aplicador de juntas.</li></ul>
Fornecimento e colocação de chapa cobre-juntas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Serralheiro;</li><li>• Ajudante de serralheiro.</li></ul>

Quadro 9 – Constituição das equipas por trabalho

#### 4.3.4. Duração dos Trabalhos

Cada trabalho tem uma certa duração de tempo e como tal, no Quadro 10 apresenta-se a duração média dos diferentes trabalhos por quantidade unitária, que foram executados nesta empreitada.

Trabalho	Quantidade	Duração do Trabalho
Fresagem de pavimento betuminoso	1 m <sup>2</sup>	7 minutos
Fornecimento e execução de tapete em microbetão betuminoso rugoso	1 m <sup>2</sup>	7 minutos
Abertura de caixa para execução de juntas de dilatação nas Obras de Arte	1 m <sup>2</sup>	3 horas
Execução de novo berço da junta, para que a junta de dilatação fique nivelada com a rasante do pavimento	1 m <sup>2</sup>	3 horas
Fornecimento e montagem de junta	1 ml	3,5 horas
Fornecimento e colocação de chapa cobre-juntas	1 m <sup>2</sup>	30 segundos

Quadro 10 – Duração dos trabalhos por quantidade unitária

#### 4.4. Junta de Dilatação Instalada

Esta obra foi realizada no início do ano (Março-Abril/2013), altura que representa maior retracção das estruturas. Tendo em conta que a fluência e a retracção do betão já produziram a maior parte dos seus efeitos, dimensionou-se a junta de dilatação tendo em conta a amplitude registada na mesma (Figura 62).



Figura 62 – Amplitude registada no guarda corpos (à esquerda) e no espaço de junta (à direita)

Com os valores dos movimentos da junta, localização e tipo de tráfego, a junta de dilatação escolhida para ser instalada nesta obra foi a junta de elastómero com chapas metálicas do tipo MULTIFLEX da Freyssinet.

#### 4.4.1. Apresentação da Junta MULTIFLEX

A junta MULTIFLEX apresenta na sua gama diversos tipos de juntas, constituídas por módulos de 2 m de comprimento (com exceção da S350, que é de 1 m), com uma amplitude de movimentos compreendida entre 80 e 350 mm e divididas em dois grupos: juntas de funcionamento simples (Quadro 11) e juntas de funcionamento duplo (Quadro 12) [38].

Tipo	Movimento (mm)	
	±	Total
S80	40	80
S100	50	100
S150	75	150

Quadro 11 – Juntas de funcionamento simples (Adaptado) [38]

Tipo	Movimento (mm)	
	±	Total
S200	100	200
S250	125	250
S350	175	350

Quadro 12 – Juntas de funcionamento duplo (Adaptado) [38]

A diferença principal entre ambas está no facto de, para as juntas de funcionamento simples as funções de deformação e cobertura do espaço de junta encontram-se no centro do módulo (Figura 63) [38].

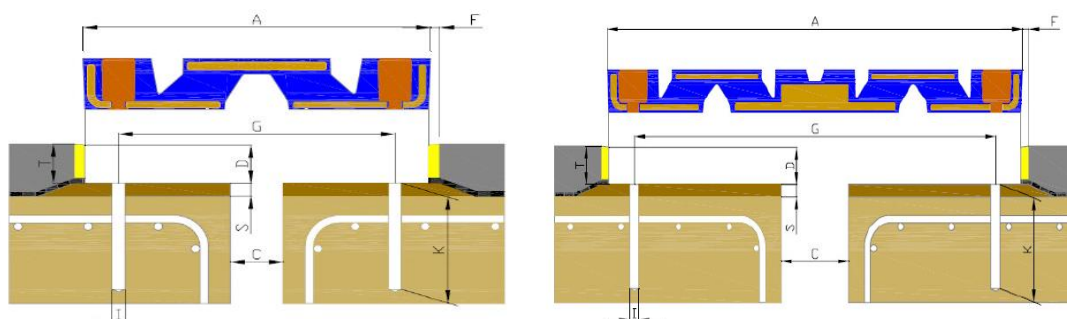


Figura 63 – Junta de funcionamento simples (à esquerda) e duplo (à direita) [38]

Estas juntas têm como principais vantagens o conforto e segurança para os utentes, na medida em que emitem um baixo volume sonoro e têm uma boa aderência, bem como a capacidade de absorver diversos movimentos, rapidez de instalação e durabilidade.

Tendo em conta os movimentos determinados pelo projectista e a espessura da banda de transição, o tipo de junta MULTIFLEX instalada nesta empreitada foi do tipo S100 e S200 (Quadro 13).

Tipo	Movimento (mm)	
	±	Total
S100	50	100
S200	100	200

Quadro 13 – Tipos de juntas MULTIFLEX instaladas (Adaptado) [38]

#### 4.4.2. Características dos Materiais

As juntas MULTIFLEX são constituídas por elementos em aço, material elastomérico e elementos fixação com as seguintes características:

a) Elementos em aço

Os elementos em aço são da classe S235 segundo a normal EN10025 e tem como principais características [38]:

- Tensão de cedência –  $f_y = 235$  MPa;
- Tensão de rotura –  $f_u = 360$  MPa.

b) Material elastomérico

O elastómero utilizado, apresenta características particulares representadas no Quadro 14.

Característica	Valor	Norma
Rigidez (Shore A)	47	ISO 48
Tensão de tracção (MPa)	$\geq 19$	ISO 37
Alongamento na rotura (%)	$\geq 19$	ISO 37
Resistência à tracção (N/mm)	$\geq 19$	ISO 34.1
Resiliência (%)	$\geq 19$	ISO 4662
Deformação permanente por compressão para 24 horas a 70 °C (%)	$\leq 20$	ISO 815
Abrasão (mm <sup>3</sup> )	$\leq 170$	ISO 4649
Resistência ao ozono para 48 horas 50 ppcm 20% alongamento	Sem fissuras	ISO 1431/1

Quadro 14 – Características do elastómero (Adaptado) [38]

c) Elementos de fixação

A fixação da junta MULTIFLEX é executada através de parafusos de alta resistência com as seguintes características [38]:

- Classe – 10,9;
- Tensão de cedência –  $f_{yb} = 900$  MPa;

- Tensão de rotura –  $f_{ub} = 1000$  MPa.

#### 4.4.3. Instalação da Junta de Dilatação

Da visita à obra mencionada, foi possível observar como é que se processa a substituição de uma junta MULTIFLEX.

Começou-se por arrancar a junta de dilatação instalada e fazer fresagem do pavimento betuminoso na secção onde a junta estava instalada. Concluída esta tarefa, colocou-se uma chapa metálica sobre o espaço de junta, para posteriormente executar-se a nova pavimentação em microbetão betuminoso rugoso sem desníveis (Figura 64).



Figura 64 – Transição entre o pavimento antigo e novo

Com o novo tapete instalado, marcaram-se as guias (Figura 65) para se proceder ao corte do espaço onde se instala a junta. O corte foi executado por uma máquina de corte de disco diamantado, com dispositivo de regulação de profundidade e refrigeração a água (Figura 66).

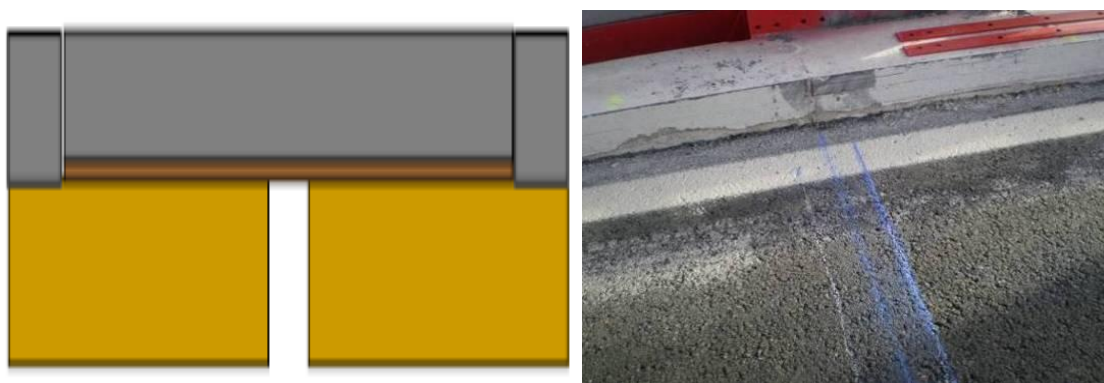


Figura 65 – Corte do pavimento em esquema [38] e guias para corte do pavimento [37]



Figura 66 – Máquina de corte [<http://anzeve.com>]

Definidos os cortes, passou-se à remoção do betuminoso entre os mesmos utilizando um martelo eléctrico demolidor (Figura 67). Retiraram-se os destroços e procedeu-se à limpeza com ar comprimido para garantir uma boa aderência da argamassa de regularização para suporte da junta. Esta deve apresentar-se lisa, no entanto são permitidas irregularidades máximas de 1,5 mm/m (Figura 68) [38].



Figura 67 – Martelo eléctrico demolidor [<http://biglok.com.br>]

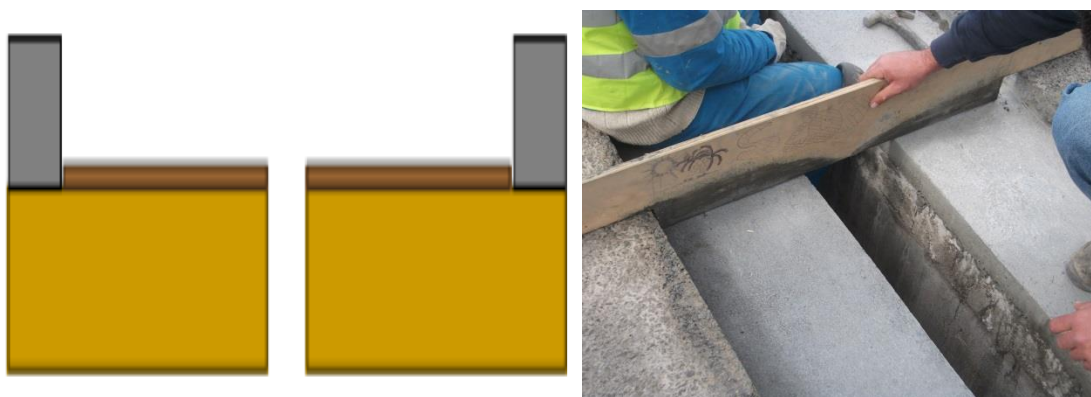


Figura 68 – Abertura de caixa [38] e verificação do nivelamento do berço

Para a marcação do local dos orifícios, colocaram-se os módulos da junta na posição correcta e perfurou-se através dos orifícios nos módulos (Figura 69).



Figura 69 – Perfuração no berço para posterior fixação dos pernos [37]

Concluída a marcação, retiraram-se os módulos e finalizaram-se os orifícios com um martelo de perfuração até à profundidade definida (Quadro 15).

De seguida, voltou-se a executar limpeza com ar comprimido, para a inserção das cápsulas de resina epóxida e pernos até à profundidade desejada (Quadro 15), através de uma perfuradora de percussão, a uma velocidade de 250-500 rpm (Figura 70).

Tipo	Profundidade do Orifício (mm)	Diâmetro do orifício (mm)	Comprimento da barra de ancoragem (mm)
S100	125	18	250
S200	170	24	250

Quadro 15 – Características da perfuração dos orifícios por tipo de junta MULTIFLEX (Adaptado) [38]

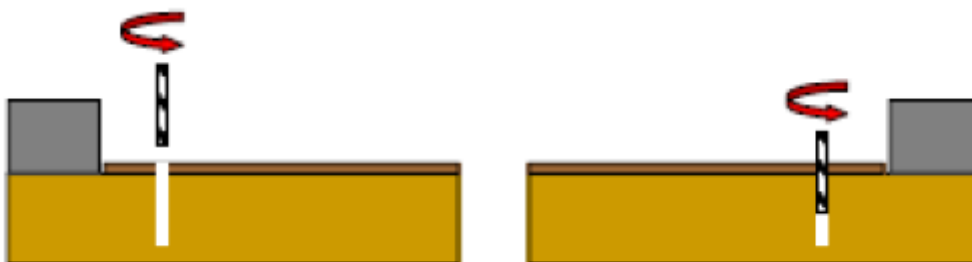


Figura 70 – Instalação dos pernos [38]

Com a garantia da limpeza do berço, começou-se a instalar a junta (Figura 71) módulo a módulo, com uma pequena película de SIKAFLEX nos encaixes dos módulos (para assegurar uma ligação estanque), a partir de uma das extremidades da junta, com a colocação de um composto de vedação flexível e resistente, aplicado no espaço onde assentaram os módulos.

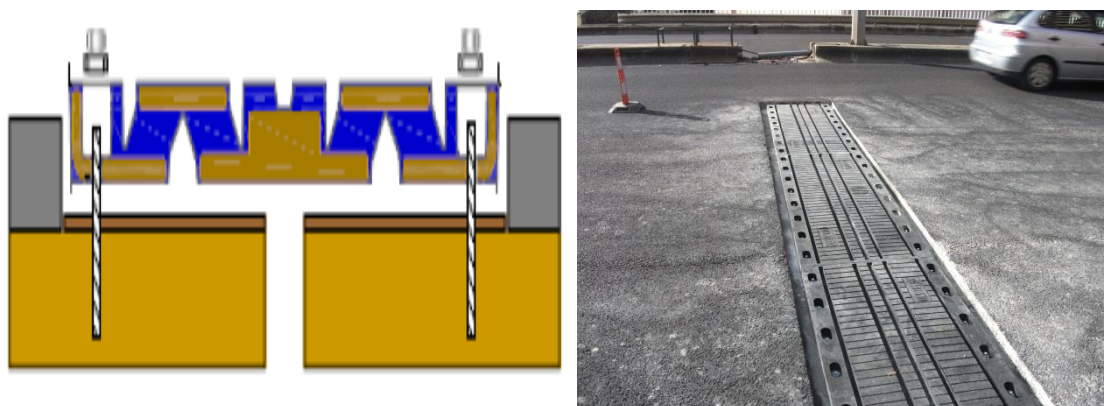


Figura 71 – Instalação dos módulos da junta em esquema (à esquerda) [38] e em obra (à direita)

Instalada a junta, voltou-se a proceder à limpeza com ar comprimido para o aperto de uma anilha e porca em cada perno, através de uma chave dinamómetro (Figura 72), para fixação da junta à estrutura.



Figura 72 – Limpeza após instalação dos módulos

Após o aperto, voltou-se a limpar para preencher os orifícios com TECNOKOL (fluido elástico), protegendo assim os materiais de fixação e preencher a camada de transição, com asfalto betuminoso, concluindo assim a instalação da junta de dilatação MULTIFLEX (Figura 73).



Figura 73 – Junta de dilatação MULTIFLEX concluída



## 5. CONCLUSÕES

Da elaboração deste Trabalho Final de Mestrado, concluiu-se que as juntas de dilatação estão divididas essencialmente em dois grupos, juntas de dilatação abertas e juntas de dilatação fechadas. Estes, são constituídos por uma grande diversidade tipológica, oferecendo ao projectista diversas soluções, perante as circunstâncias com que se depara. No entanto, é importante salientar, que determinados tipos de junta têm caído em desuso com o evoluir dos tempos, como é o caso da junta enterrada.

Apesar das particularidades de cada tipo de junta de dilatação, todas elas são constituídas predominantemente por aço e elastómero, mais concretamente neoprene.

Outro aspecto a ter em consideração, é o facto de a maior parte das anomalias serem detectadas através de inspecção visual *in situ*. Porém, não se deve descurar as restantes técnicas, pelo facto de serem um elemento de extrema utilidade na caracterização de anomalias.

Da análise às patologias identificadas, verificou-se que houve uma maior ocorrência da destruição da camada de transição, rotura do material de junta e elementos de fixação. Isto pode ser explicável, pelo facto destes elementos estarem localizados à superfície e como tal, estão mais expostos a acções de desgaste.

Assim, para controlar os efeitos das patologias e pelo facto das juntas de dilatação serem elementos muito frágeis, é desejável que sejam executadas inspecções cíclicas. Caso contrário, não existirão acções de manutenção e por consequência a degradação da junta de dilatação vai aumentando, tendo que se proceder à substituição da mesma.

Verificou-se também, que é aconselhável que reparações ou substituições de juntas de dilatação, sejam executadas por empresas especializadas, ou pelo fabricante da mesma. Isto porque, sendo a junta de dilatação o garante da continuidade entre dois elementos contíguos, tornam-no num elemento de grande importância para a estrutura e como tal, é exigível altíssima competência por parte dos intervenientes nestes serviços. Para além disso, o decorrer dos trabalhos deve ser acompanhado por um engenheiro

experiente, para reduzir a possibilidade de não conformidades, sendo que caso estas sejam detectadas, deve-se proceder ao reinício dos trabalhos.

Constatou-se também, que quanto mais tarde se proceder à instalação da junta, menores vão ser os custos e a dimensão da mesma. Isto porque, ao longo do tempo, a estrutura vai produzindo cada vez menos efeitos diferidos e portanto, a amplitude de movimentos vai sendo cada vez menor.

Relativamente aos estudos apresentados neste trabalho, existe um desfasamento temporal significativo comparativamente à actualidade. Durante esse intervalo, houve um crescimento exponencial de inúmeras novas infraestruturas. Contudo, pode-se considerar que a amostragem estudada é válida para os dias de hoje, isto porque, tudo indica que o universo actual de infraestruturas, apresenta dados extrapolados dos estudos analisados.

No desenvolvimento deste trabalho, observou-se também que foram instaladas essencialmente, em Portugal, juntas de dilatação de elastómero com chapas metálicas e juntas com bandas flexíveis de elastómero.

Em termos de futuro destacam-se duas situações. A primeira, é o facto de grande parte das juntas de dilatação, serem substituídas por outras de tipos diferentes, o que revela uma evolução contínua a nível da concepção das juntas e dos materiais destas. A segunda, vai ao encontro da situação vivida presentemente no país, em que a tendência para a execução de novas infraestruturas é diminuta. Por isso, é de extrema importância continuar o estudo deste tema, que agora mais do que nunca, adquiriu uma importância maior, pelo papel relevante e actual, que o tema inspecção/manutenção assumiu no panorama português.

Em conclusão, este Trabalho Final de Mestrado realizado é o epílogo desta etapa formativa. A sua elaboração não só enriqueceu os meus conhecimentos, como também me deu alento e disponibilidade absoluta, para dar continuidade à minha acção profissional como Engenheiro Civil. Tendo esta experiência sido tão gratificante, estou convicto de ter atingido os objectivos a que me propus quando iniciei a mesma.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] CRISTELLI, Rafael; *Pavimentos Industriais de Concreto – Análise do Sistema Construtivo*. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, Fevereiro, 2010.
- [2] PACHECO, Pedro; *Projecto de estruturas Especiais de Betão*. Apontamentos de Mestrado em Estruturas para o módulo "Juntas de Dilatação". Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2002.
- [3] ANDRÉ, António Morgado; *Pormenores Construtivos – Algumas Notas Para Uma Construção De Qualidade*. Sebenta de Construção e Processos. Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve, Faro, 2008.
- [4] BORGES, André Marques; *Análise do Comportamento de Juntas de Betonagem*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Novembro, 2008.
- [5] RAMBERGER, Gunter; *Structural Bearings and Expansion Joints for Bridges*. IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering) – AIPC (Association Internationale des Ponts et Charpentes) – IVBH (Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau), 2002.
- [6] LIMA, João Marques; *Juntas de Dilatação em Pontes Rodoviárias. Desenvolvimento de um Sistema de Gestão*. Dissertação de Mestrado em Construção. Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2006.
- [7] SANTOS, João António dos; *Patologias em Obras-de-Arte*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.
- [8] XIMENES, Aldo de Assis; *Análise das Juntas de Dilatação das Pontes e Viadutos da Região Metropolitana do Recife*. Projeto de Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade de Pernambuco, para obtenção do

Título de Especialista em Inspeção, Manutenção e Recuperação de Estruturas. Universidade de Pernambuco, Recife, 2011.

[9] ISEL; *Higiene e Segurança no Trabalho*. Elementos de apoio da parte de Saúde e Segurança da unidade curricular de Qualidade, Saúde e Segurança. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2012.

[10] SANTIAGO, Sónia; *Estudo Comparativo. Análise Técnico-Económica de Soluções de Juntas de Dilatação*. Brisa-DCC – Gestão de Obras de Arte, 2004.

[11] LIMA, João Marques e BRITO, Jorge; *Classificação das Juntas de Dilatação em Obras de Arte Rodoviárias Portuguesas*. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.14, p.31-41, Outubro, 2009.

[12] COSTA, Vanessa Miranda; *Desempenho e Reabilitação de Pontes Rodoviárias: Aplicação a Casos de Estudo*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade do Minho, Guimarães, 2009.

[13] LIMA, João Marques e BRITO, Jorge; *Inspeção e Diagnóstico de Juntas de Dilatação em Obras de Arte Rodoviárias*. Engenharia Civil da Universidade do Minho, Nº28, 2007.

[14] LIMA, João Marques e BRITO, Jorge; *Inspection survey of 150 expansion joints in road bridge*. Departamento de Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.

[15] DNIT; *Juntas de Dilatação – Especificação de Serviço*. Norma DNIT 092/2006 – ES. Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 2006.

[16] THE HIGHWAYS AGENCY; *Design Manual for roads and bridges*. Part 6 BD 33/94, Expansion joints for use in highway bridge decks, Volume 2, Section 3. The Stationery Office, London, 1994.

[17] THE HIGHWAYS AGENCY; *Design Manual for Roads and Bridges*. Part 7 BA 26/94, Expansion joints for use in Highway Bridge decks, Volume 2, Section 3. The Stationery Office, London, 1994.

- [18] DNIT; *Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias*. Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 2004.
- [19] JONES, Peter; *Inspection Guidance for Bridge Expansion Joints*. Transport for London, Transport Surface, May, 2011.
- [20] CONCEIÇÃO, Acácio da; *O Neoprene como Tapa-Juntas em Pontes e Pavimentos Rodoviários*. LNEC – Memória N° 459, Lisboa, 1974.
- [21] WBA; *Bridge & Highway Maintenance – Expansion Joint Systems*. Catálogo da BASF – The Chemical Company. EUA, 2008.
- [22] AIPCR/ATC (Asociación Técnica de Carreteras); *Juntas para Puentes de Carreteras – Consideraciones Prácticas*. Asociación Técnica de Carreteras, Madrid, 2003.
- [23] VSL; *Expansion Joints*. Catálogo da VSL International Ltd.
- [24] MAURER; *Expansion Joints with Hybrid-Edge Profile Type SW*. Catálogo da Maurer Söhne Group, 2006.
- [25] MALLA, Ramesh; *Sealing of Small Movement Bridge Expansion Joints*. University of Connecticut, October, 2003.
- [26] FREYSSINET; *Multiflex 3W*. Catálogo Freyssinet.
- [27] MCGOVERN, Martin; *A Closer Look at Bridge Expansion Joint*. The Aberdeen Group, 1999.
- [28] RW INTERNATIONAL; *Finger Expansion Joints TRANSGRIP® LL Series*. Catálogos da RW International, 2013.
- [29] MAGEBA; *Mageba Expansion Joints – for Lasting Driving Comfort. TENSA®FINGER Type RSFD*. Mageba USA, 2013.
- [30] FIP INDUSTRIALE; *Elastomeric Expansion Joints*. Catalogo FIP Industriale.
- [31] ALGA; *Alga Roller DR*. Catalogo ALGA.
- [32] MAURER; *Juntas de Dilatação Articuladas Maurer*. Catálogo Maurer.

[33] WBA; *Bridge & Highway Fabricated – Expansion Joint Systems*. Catálogo da BASF – The Chemical Company. EUA, 2007.

[34] CHEQUER, Chequer Jabour; *Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias*. Ministério dos transportes. Rio de Janeiro, 2004.

[35] FREYSSINET; *Cipec – Expansion Joints*. Catálogo Freyssinet, Junho, 2010.

[36] ALGA; *AlgaFlex TX*. Catalogo ALGA, Março, 2012.

[37] ALVES, Paulo; *Acompanhamento da Reabilitação e Reforço Estrutural da Ponte de Santa Margarida sobre o Rio Sado*. Trabalho Final de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, Março, 2011.

[38] FREYSSINET; *Manutenção de Juntas de Dilatação nos Viadutos da Av. Lusíada*. Dossier Técnico de juntas de dilatação Multiflex S100 e S200. Freyssinet, Lisboa, 2013.

[39] ISEL; *Aparelhos de Apoio, Juntas de Dilatação e Dissipadores*. Elementos de apoio da parte de Juntas de Dilatação. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, Novembro, 2004.

## **ANEXOS**



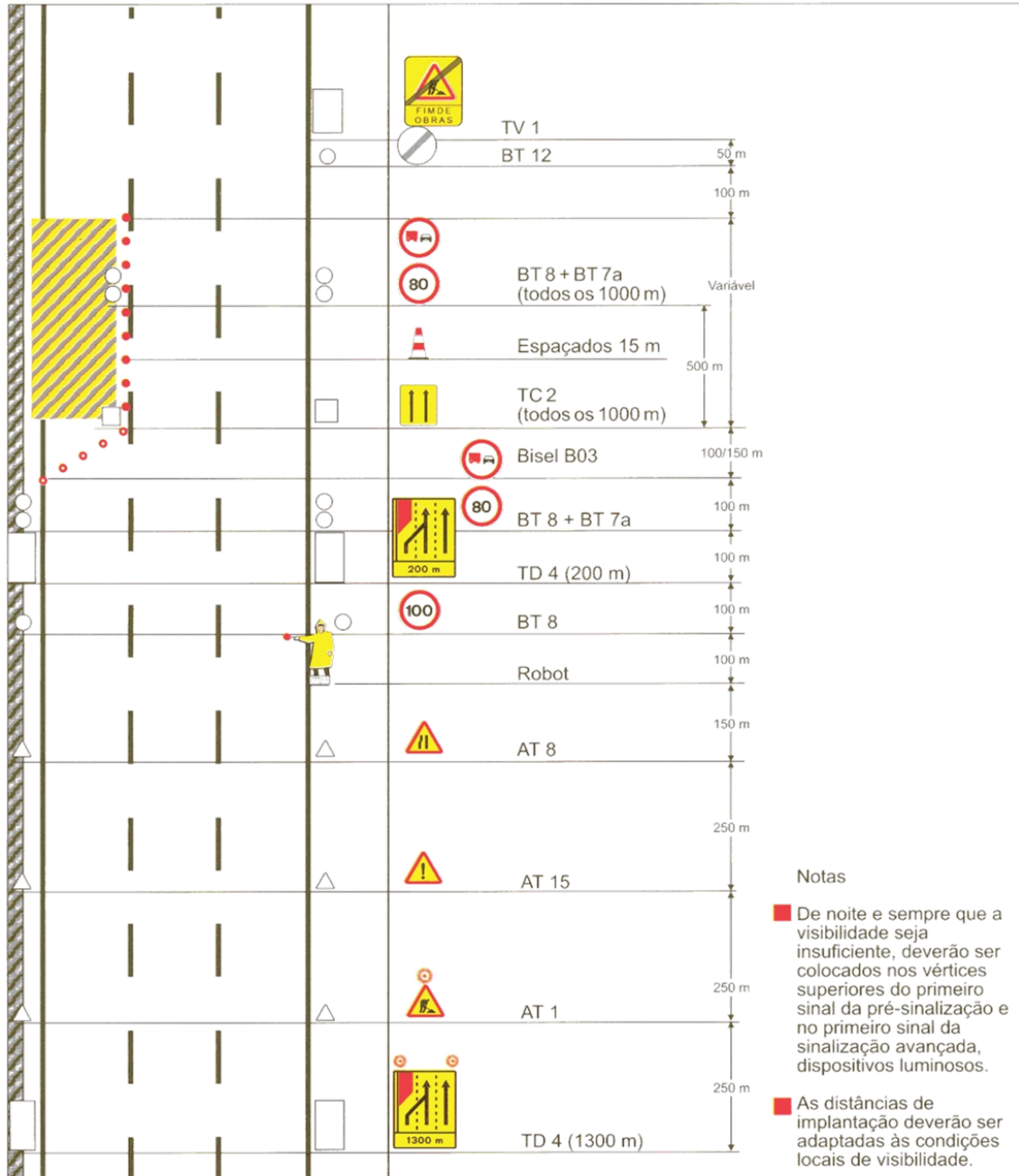
ANEXO 1 – Trabalhos na via da esquerda

TRABALHOS FIXOS

2x3

F 06

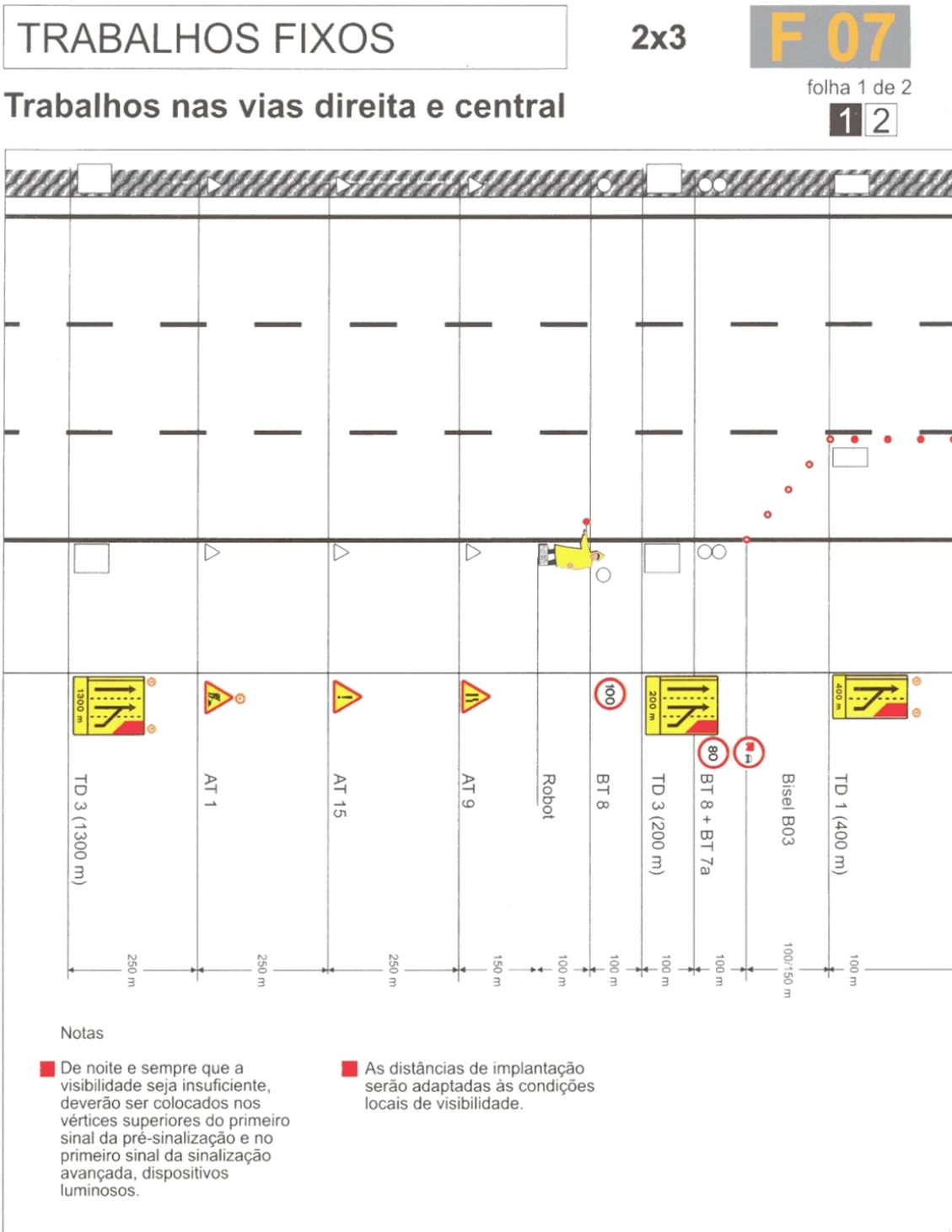
Trabalhos na via esquerda



Notas

- De noite e sempre que a visibilidade seja insuficiente, deverão ser colocados nos vértices superiores do primeiro sinal da pré-sinalização e no primeiro sinal da sinalização avançada, dispositivos luminosos.
- As distâncias de implantação deverão ser adaptadas às condições locais de visibilidade.

ANEXO 2 – Trabalhos nas vias direita e central



TRABALHOS FIXOS

2x3

F 07

folha 2 de 2

Trabalhos nas vias direita e central

1 2

