



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Tipologia, instalação, funcionamento e manutenção dos diversos tipos de aparelhos de apoio em Obras de Arte

MARGARIDA ISABEL CABRITA VIEIRA

(Licenciada em Engenharia Civil)

Trabalho Final para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil

Orientador:

Mestre João Carlos dos Santos Barata

Júri:

Presidente: Mestre Cristina Ferreira Xavier de Brito Machado

Vogais:

Doutor Luciano Alberto do Carmo Jacinto

Mestre João Carlos dos Santos Barata

Dezembro de 2013

Tipologia, instalação, funcionamento e manutenção dos diversos tipos de aparelhos de apoio em Obras de Arte

Resumo

Os aparelhos de apoio são usados habitualmente na construção de Obras de Arte, para assegurar uma distribuição de cargas uniforme entre os elementos estruturais bem como para garantir compensação de tensões. Desempenham um papel importantíssimo no comportamento estrutural de toda a estrutura, podendo ser responsáveis por danos graves que alteram e põem em causa o correcto funcionamento de pontes rodoviárias e ferroviárias.

Este trabalho descreve as diversificadas tipologias de aparelhos de apoio actualmente comercializadas e algumas que se encontram descontinuadas, bem como as suas principais características, o seu princípio de funcionamento e dimensionamento, complementado por regulamentos normativos e resultado de pesquisa.

Considerando o panorama actual que se vive em Portugal, com a construção de Obras de Arte praticamente estagnada, é importante a implementação de um sistema de inspecção e diagnóstico para os Aparelhos de Apoio, capaz de detectar as suas anomalias e os factores que as originam, para ajudar na tomada de medidas correctivas de manutenção e/ou reabilitação, garantindo desta forma a segurança e integridade das Pontes e Viadutos existentes no território nacional.

São ainda considerados casos práticos de aplicação de técnicas de manutenção e reabilitação dos aparelhos, entre as quais é possível destacar a substituição do apoio, devido à sua complexidade de actuação, nos casos em que a reparação do apoio é impossível ou inviável.

A presente dissertação tem em conta a norma vigente, EN 1337, aplicada a nível europeu.

Typology, installation, operation and maintenance of various kinds of bridge bearings

Abstract

The bearings are often used in the construction of bridges, to ensure a uniform distribution of loads between the structural elements as well as compensating stresses. They play an important role in the structural behavior of the whole structure, they could be responsible for serious damage that alter and undermine the proper functioning of road and railway bridges.

This study describes the diverse types of bearings on the market today and some that are discontinued, and its main features, its working principle and design, complemented by regulations and normative search result.

Considering the current scenario prevailing in Portugal, with the construction of bridges stalled, it is important to implement a management system for bearings capable of detecting its anomalies and what caused them, in order to take corrective measures for maintenance and/or rehabilitation, thus ensuring the safety and integrity of bridges and viaducts in the national territory.

They are also considered practical case of application techniques of maintenance and rehabilitation of bearings, among which we can point out the replacement of the support, due to the complexity of action, in cases where the repair support is impossible or impractical.

This dissertation takes into account the European standard EN 1337, applied at European level.

Palavras-chave

Obra de Arte

Aparelhos de Apoio

Aparelhos de Apoio de panela

Aparelhos de Apoio elastoméricos

Elastómero

Temperatura

Dilatação

Retracção

Fluência

Sistema de Inspeção e Diagnóstico

Manutenção

Reabilitação

Keywords

Bridge

Bearing

Pot-Bearing

Elastomeric Bearing

Elastomer

Temperature

Expansion

Shrinkage

Creep

Management System

Maintenance

Rehabilitation

LISTA DE ABREVIATURAS

OA – Obra de Arte

AA – Aparelhos de Apoio

AB – Articulações de Betão

R1 – Aparelhos de Apoio de Rolo ou Rolete

Os – Aparelhos de Apoio oscilantes ou de pêndulo

EC – Aparelhos de Apoio esféricos e cilíndricos comportando PTFE

L – Aparelhos de Apoio Lineares

E1 – Aparelhos de Apoio Elastoméricos ou de Neoprene Cintado

PO – Aparelhos de Apoio de Pote ou Panela

VUT – Variação uniforme de temperatura

VDT – Variação diferencial de temperatura

ASCP – Associação Portuguesa para a segurança e conservação de Pontes

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia de Lisboa

RSA – Regulamento de Segurança e Acções para Edifícios e Pontes

TFM – Trabalho Final de Mestrado

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Engenheiro João Santos Barata todo o apoio, dedicação, disponibilidade e ensinamentos transmitidos que muito contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à Freyssinet, que me permitiu o contacto com as diferentes tecnologias desenvolvidas e aplicadas e o estudo de casos práticos de obras realizadas pela empresa.

Gostaria igualmente de agradecer aos Engenheiros, João Cavaco e David Matias, a disponibilidade que sempre demonstraram e os auxílios e sugestões importantes que contribuíram para a realização deste trabalho.

Por fim, agradeço aos meus pais, às minhas irmãs, ao meu sobrinho e ao Jorge por todo o apoio, força e incentivo.

Índice

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	8
1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	8
1.2 OBJECTIVOS DO TRABALHO FINAL DE MESTRADO	10
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	11
CAPÍTULO 2. INTRODUÇÃO AOS APARELHOS DE APOIO.....	13
2.1 REVISÃO HISTÓRICA.....	13
2.2 TERMOS E DESCRIÇÕES.....	17
2.3 DEFINIÇÕES DE APARELHO DE APOIO	19
2.4 CARGAS APLICADAS EM OBRAS DE ARTE	20
2.5 DESLOCAMENTOS A SUPORTAR NOS APARELHOS DE APOIO	23
2.5.1. <i>Deslocamentos devido à temperatura.....</i>	<i>23</i>
2.5.2. <i>Deslocamentos devido ao pré-esforço.....</i>	<i>24</i>
2.5.3. <i>Deslocamentos devido aos efeitos diferidos: Fluência e Retracção.....</i>	<i>25</i>
2.5.4. <i>Rotação do Aparelho de Apoio</i>	<i>27</i>
2.6 SÍMBOLOS DOS APARELHOS DE APOIO.....	28
CAPÍTULO 3. TIPOLOGIA DOS APARELHOS DE APOIO	33
3.1. CLASSIFICAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO A NÍVEL NACIONAL E INTERNACIONAL	33
3.2. CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A NORMA EN 1337.....	34
3.3. CLASSIFICAÇÃO CONSOANTE OS DESLOCAMENTOS PERMITIDOS.....	36
3.4. ARTICULAÇÕES DE BETÃO	36
3.5. APARELHOS DE APOIO METÁLICOS	39
3.5.1 <i>Aparelhos de Apoio de rolo ou rolete</i>	<i>41</i>
3.5.2 <i>Aparelhos de Apoio Oscilantes</i>	<i>42</i>
3.5.3 <i>Aparelhos de Apoio cilíndricos ou esféricos com PTFE.....</i>	<i>43</i>
3.5.4 <i>Aparelhos de Apoio Lineares com guia ou bloqueio.....</i>	<i>45</i>
3.5.5 <i>Aparelhos de Apoio de Rótula ou Articulações Metálicas</i>	<i>46</i>
3.5.6 <i>Aparelhos de Apoio especiais de grandes dimensões.....</i>	<i>47</i>
3.6. APARELHOS DE APOIO DE ELASTÓMERO	48
3.6.1. <i>Classificação dos AA Elastoméricos</i>	<i>49</i>
3.6.1.1. <i>Segundo a EN 1337.....</i>	<i>49</i>
3.6.1.2. <i>Segundo o deslocamento permitido</i>	<i>50</i>
3.6.1.2.1. <i>Aparelhos de Apoio simples de neoprene cintado.....</i>	<i>51</i>
3.6.1.2.2. <i>Aparelhos de Apoio de neoprene cintado fixos ou bloqueados.....</i>	<i>51</i>

3.6.1.2.3.	Aparelhos de Apoio de neoprene cintado com superfícies de deslizamento com ou sem guia .	52
3.7.	APARELHOS DE APOIO COM RECEPTÁCULO (“PANELA”).....	53
3.7.1.	<i>Aparelhos de Apoio com receptáculo fixos</i>	54
3.7.2.	<i>Aparelhos de Apoio com receptáculo unidireccionais</i>	56
3.7.3.	<i>Aparelhos de Apoio com receptáculo multidireccionais</i>	57
3.8.	APARELHOS DE APOIO DE TRACÇÃO	57
3.9.	APARELHOS DE APOIO COM DISPOSITIVOS	58
3.10.	APARELHOS DE APOIO DE CHUMBO	59
3.11.	ESCOLHA DO TIPO DE APARELHO DE APOIO.....	60
3.11.1.	<i>Requisitos Funcionais</i>	60
3.11.2.	<i>Período de vida útil expectado</i>	62
3.11.3.	<i>Esforços de manutenção</i>	62
3.11.4.	<i>Custo</i>	62
3.11.5.	<i>Outros Factores</i>	63
CAPÍTULO 4.	DIMENSIONAMENTO, INSTALAÇÃO E FUNCIONAMENTO DOS APARELHOS DE APOIO .	64
4.1.	INFORMAÇÕES SOBRE AA A INDICAR NO PROJECTO DE OA	64
4.2.	PRINCÍPIOS GERAIS DE DIMENSIONAMENTO	66
4.2.1.	<i>Elementos de deslizamento – EN 1337-2</i>	67
4.2.2.	<i>Aparelhos de Apoio Elastoméricos – EN 1337-3</i>	68
4.2.3.	<i>Aparelhos de Apoio de Rolo ou Rolete – EN 1337-4</i>	72
4.2.4.	<i>Aparelhos de Apoio com receptáculo ou “panela” – EN 1337-5</i>	73
4.2.5.	<i>Aparelhos de Apoio oscilantes ou de pêndulo – EN 1337-6</i>	74
4.2.6.	<i>Aparelhos de Apoio cilíndricos ou esféricos comportando PTFE – EN 1337-7</i>	77
4.2.7.	<i>Aparelhos de Apoio lineares com guia ou bloqueio – EN 1337-8</i>	80
4.3.	FABRICO/CONCEPÇÃO DO APARELHO DE APOIO (MARCAÇÃO CE)	80
4.4.	MANUSEAMENTO, TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO	82
4.4.1.	<i>Transporte e manuseamento</i>	82
4.4.2.	<i>Armazenamento</i>	84
4.5.	REGRAS A RESPEITAR NA INSTALAÇÃO DO APARELHO DE APOIO	86
4.5.1.	<i>Assentamento dos aparelhos de apoio</i>	89
4.5.2.	<i>Posicionamento</i>	90
4.5.3.	<i>Ligação dos Aparelhos de Apoio à estrutura</i>	91
4.6.	FUNCIONAMENTO DOS DIVERSOS TIPOS DE APARELHOS DE APOIO.....	91
CAPÍTULO 5.	ANOMALIAS E REPARAÇÕES NOS APARELHOS DE APOIO	96
5.1.	IDENTIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS.....	96

5.1.1	<i>Sistema Classificativo das Anomalias</i>	102
5.2.	POSSÍVEIS CAUSAS DAS ANOMALIAS.....	104
5.3.	MÉTODOS CORRECTIVOS PARA AS ANOMALIAS	110
CAPÍTULO 6.	MANUTENÇÃO/CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO	117
6.1.	SISTEMAS DE INSPECÇÃO E DIAGNÓSTICO.....	117
6.1.1.	<i>Regulamentação</i>	120
6.1.2.	<i>Técnicas de inspecção e diagnóstico</i>	122
6.2.	OBRAS DE MANUTENÇÃO (CASO PRÁTICO)	125
6.3.	OBRAS DE REPARAÇÃO/REABILITAÇÃO (CASO PRÁTICO)	128
6.3.1	<i>Levantamento dos aparelhos de apoio</i>	132
6.3.2	<i>Registos de Inspeção e Ensaio</i>	135
6.4.	SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO (CASO PRÁTICO)	135
6.4.1	<i>Transporte dos AA e macacos hidráulicos</i>	138
6.4.2	<i>Equipamentos e Materiais aplicados</i>	138
6.4.3	<i>Execução de plintos, selagem e injeção da chapa superior</i>	139
6.4.4	<i>Registos de Monitorização do levantamento do tabuleiro</i>	141
CAPÍTULO 7.	CONCLUSÃO	142
7.1	<i>Conclusões Gerais</i>	142
7.2	<i>Desenvolvimentos Futuros</i>	144

Índice de Figuras

FIGURA 1.	SISTEMA ESTRUTURAL MONOLÍTICO.....	9
FIGURA 2.	SISTEMA ESTRUTURAL: VIGA CONTÍNUA SOBRE VÁRIOS APOIOS.....	9
FIGURA 3.	REPRESENTAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO EM PONTES DE MADEIRA [1].....	14
FIGURA 4.	DANOS NUMA VIGA DEVIDO AO PLANO DE APOIO (CULMANN 1852, P.191, CITADO DE [1])	15
FIGURA 5.	CONSTITUIÇÃO DA PONTE EM VIGA	18
FIGURA 6.	ESFORÇOS ISOSTÁTICOS DEVIDO AO PRÉ-ESFORÇO [3].....	25
FIGURA 7.	ESFORÇOS HIPERSTÁTICOS DEVIDO AO PRÉ-ESFORÇO [3]	25
FIGURA 8.	CURVAS DE FLUÊNCIA ÀS IDADES DE CARREGAMENTO T_{01} , T_{02} E T_{03} [4].....	26
FIGURA 9.	CÁLCULO DO CENTRO DE RIGIDEZ DE UMA DETERMINADA OBRA DE ARTE [3]	27
FIGURA 10.	ROTAÇÕES NOS APARELHOS DE APOIO [2]	27
FIGURA 11.	ARTICULAÇÃO DE CONTACTO DE SUPERFÍCIE, FONTE: EL DEBS E TAKEYA (2009), CITADO DE [6].....	37
FIGURA 12.	EXEMPLO DO DESENHO DE UMA ARTICULAÇÃO MESNAGER, FONTE: EL DEBS E TAKEYA (2009), CITADO DE [6]	38
FIGURA 13.	ARTICULAÇÃO FREYSSINET (À ESQUERDA) E PÊNDULO DE BETÃO COM PLACAS DE CHUMBO (À DIREITA), FONTE: EL DEBS E TAKEYA (2009), CITADO DE [6].....	39
FIGURA 14.	APARELHO DE APOIO DE ROLO OU ROLETES [7]	40
FIGURA 15.	APARELHOS DE APOIO OSCILANTES (TIPO PÊNDULO)[7]	40
FIGURA 16.	APARELHO DE APOIO ESFÉRICO (À ESQ.) E CILÍNDRICO (À DTA)	40
FIGURA 17.	APARELHO DE APOIO LINEAR	40
FIGURA 18.	APARELHO DE APOIO OSCILANTE COM CONTACTO PONTUAL.....	42
FIGURA 19.	APARELHO DE APOIO OSCILANTE COM CONTACTO LINEAR	42
FIGURA 20.	EXEMPLO DE UM APARELHO DE APOIO ESFÉRICO [8].....	44
FIGURA 21.	EXEMPLOS DE APARELHOS DE APOIO LINEARES COM GUIA OU BLOQUEIO (FONTE: EN1337-8).....	45
FIGURA 22.	APARELHOS DE APOIO BLOQUEADOS (FONTE: EN 1337-8)	46
FIGURA 23.	APARELHO DE APOIO DE RÓTULA [5]	47
FIGURA 24.	APARELHO DE APOIO ESPECIAL DE GRANDES DIMENSÕES [9]	47
FIGURA 25.	AA EQUIPADOS COM CHAPAS EXTERIORES ONDULADAS (À ESQ.), AA COM CHAPAS EXTERIORES DE ANCORAGEM E DISPOSITIVOS DE LIGAÇÃO (NO MEIO) E AA COM CHAPAS EXTERIORES DE ANCORAGEM E DISCOS DE CORTE (À DTA) [10]	49
FIGURA 26.	EXEMPLO DE AA SIMPLES DE NEOPRENE CINTADO	51
FIGURA 27.	EXEMPLO DE APARELHO DE APOIO DE PANELA	53
FIGURA 28.	REPRESENTAÇÃO DO CORTE DE UM AA DO TIPO PANELA FIXO	55
FIGURA 29.	ESQUEMA TRIDIMENSIONAL REPRESENTATIVO DE UM APOIO POTE FIXO [6]	55
FIGURA 30.	ESQUEMA REPRESENTATIVO DA CONSTITUIÇÃO DE AA DE PANELA UNIDIRECCIONAL [10].....	56
FIGURA 31.	CORTE DE UM AA DE PANELA MULTIDIRECCIONAL [6]	57

FIGURA 32.	APARELHO DE APOIO DE TRACÇÃO [11].....	58
FIGURA 33.	APARELHO DE APOIO DE PANELA COM DISPOSITIVO DE PROTECÇÃO SÍSMICA [10]	59
FIGURA 34.	EXCENTRICIDADE NA CHAPA SUPERIOR DE UM APARELHO DE APOIO DESLIZANTE [3].....	65
FIGURA 35.	REPRESENTAÇÃO DOS ÂNGULOS DE ROTAÇÃO (FONTE: EN1337-5)	74
FIGURA 36.	DISTRIBUIÇÃO DE CARGA PARA OS COMPONENTES (FONTE: EN 1337-6)	75
FIGURA 37.	EXCENTRICIDADES ROTACIONAIS (FONTE: EN1337-6)	77
FIGURA 38.	ESQUEMA DE VERIFICAÇÃO PARA A SUPERFÍCIE DE DESLIZAMENTO CURVA (FONTE: EN1337-7)	78
FIGURA 39.	LIMITAÇÕES DIMENSIONAIS DA CHAPA DE SUPORTE COM A SUPERFÍCIE CÔNCAVA (FONTE: EN 1337-7) ...	80
FIGURA 40.	EXEMPLO DE CHAPA DE IDENTIFICAÇÃO DO APARELHO DE APOIO	81
FIGURA 41.	MARCAÇÃO CE : DADOS QUE DEVEM PERMANECER VISÍVEIS NO APARELHO DE APOIO [13]	81
FIGURA 42.	MARCAÇÃO CE: INFORMAÇÃO SUPLEMENTAR QUE PODE SER DADA [13]	82
FIGURA 43.	TRANSPORTE DE UM AA PARA O LOCAL DE INSTALAÇÃO	83
FIGURA 44.	EXEMPLO DE AA ARMAZENADOS EM ESTALEIRO.....	85
FIGURA 45.	ARMAZENAMENTO DE APARELHOS DE APOIO EM FÁBRICA.....	85
FIGURA 46.	EXEMPLOS DE DESENHOS DE SISTEMAS DE APARELHOS DE APOIO [2].....	86
FIGURA 47.	COLOCAÇÃO DO APARELHO DE APOIO NO SEU SUPORTE	87
FIGURA 48.	AJUSTE DO APARELHO DE APOIO (NIVELAMENTO)	87
FIGURA 49.	EXECUÇÃO DA BASE DE ASSENTAMENTO	88
FIGURA 50.	COFRAGEM, ARMAÇÃO DE REFORÇO E BETONAGEM DA SUPERSTRUTURA	88
FIGURA 51.	REMOÇÃO DAS FIXAÇÕES PROVISÓRIAS PARA O AA ENTRAR EM SERVIÇO.....	88
FIGURA 52.	CORTE LONGITUDINAL DE UMA DETERMINADA OBRA DE ARTE, NA ZONA DO ENCONTRO [3].....	89
FIGURA 53.	INDICAÇÕES DE POSICIONAMENTO DO APARELHO DE APOIO NA PARTE SUPERIOR DO MESMO	90
FIGURA 54.	ANOMALIA EM AA METÁLICO: DEGRADAÇÃO DAS SUPERFÍCIES DE CONTACTO (DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO DA CHAPA SUPERIOR).....	98
FIGURA 55.	PORMENOR DE UM BATENTE ONDE É EVIDENTE O DESLOCAMENTO DA FOLHA DE PTFE	100
FIGURA 56.	PERMANÊNCIA DE CHAPAS DE TRAVAMENTO PROVISÓRIAS (A VERMELHO) E EXISTÊNCIA DE DETRITOS.....	101
FIGURA 57.	DESLOCAMENTO SOBRE A BASE DE ASSENTAMENTO COM ELEVADA DISTORÇÃO DO NEOPRENE	101
FIGURA 58.	ANOMALIAS NOS MATERIAIS (CORROSÃO DOS ELEMENTOS DE AÇO E DESGASTE DO BETÃO) E DEFICIENTE PLANEZA DA SUPERFÍCIE DE APOIO DO AA	102
FIGURA 59.	CORROSÃO VISÍVEL NAS CHAPAS DE AÇO – ARMAZENAMENTO INCORRECTO	107
FIGURA 60.	APARELHO DE APOIO ELASTOMÉRICO COM DANOS RESULTADO DE ACTOS DE VANDALISMO	109
FIGURA 61.	LUBRIFICAÇÃO DO APARELHO DE APOIO.....	112
FIGURA 62.	APARELHO DE APOIO EIXO NORTE-SUL APÓS APLICAÇÃO DE PROTECÇÃO ANTI-CORROSIVA	115
FIGURA 63.	SUBSTITUIÇÃO DE APARELHO DE APOIO	116
FIGURA 64.	DISTRIBUIÇÃO DAS ANOMALIAS PELOS COMPONENTES DAS OA [15].....	118
FIGURA 65.	PATOLOGIAS REGISTADAS NOS APARELHOS DE APOIO [15].....	118
FIGURA 66.	CAUSAS DA PATOLOGIA “CORROSÃO/ENVELHECIMENTO” DE AA [15].....	119
FIGURA 67.	ESCALA DE MEDIÇÃO DE DESLOCAMENTOS DE UM AA	123

FIGURA 68.	MEDIÇÃO DA CAMADA DE PROTECÇÃO ANTI-CORROSIVA	123
FIGURA 69.	APARELHO DE APOIO ANTES DA SUA REPARAÇÃO	125
FIGURA 70.	FASE DE MONTAGEM DE ANDAIMES.....	126
FIGURA 71.	COLOCAÇÃO DE ESPONJA PARA IMPEDIR A ENTRADA DE DETRITOS.....	126
FIGURA 72.	APARELHO DE APOIO APÓS TRABALHOS DE DECAPAGEM	127
FIGURA 73.	APARELHO DE APOIO DEPOIS DA APLICAÇÃO DO PRIMÁRIO DE PROTECÇÃO	127
FIGURA 74.	AA COM APLICAÇÃO DA CAMADA DE PROTECÇÃO INTERMÉDIA	128
FIGURA 75.	ASPECTO FINAL DO APARELHO DE APOIO APÓS MANUTENÇÃO	128
FIGURA 76.	VERIFICAÇÃO DO DESNÍVEL NOS AA.....	129
FIGURA 77.	MONTAGEM DE ANDAIMES NUM DOS ALINHAMENTOS.....	130
FIGURA 78.	AA APÓS COLOCAÇÃO DA CHAPA SUPERIOR.....	130
FIGURA 79.	SELAGEM E INJECCÃO DO PLINTO SUPERIOR (ANEXO 7)	131
FIGURA 80.	INJECCÃO DO PLINTO SUPERIOR DO AA	131
FIGURA 81.	VERIFICAÇÃO DO NIVELAMENTO NOS AA APÓS INJECCÃO.....	131
FIGURA 82.	LOCALIZAÇÃO, EM PLANTA, DOS AA A REPARAR.....	132
FIGURA 83.	MARCA DE REFERÊNCIA PARA CONTROLAR A ALTURA DE NIVELAMENTO	133
FIGURA 84.	EXEMPLO DE UMA FLAUTA	134
FIGURA 85.	ESQUEMA DO SISTEMA HIDRÁULICO (VER ANEXO 8).....	134
FIGURA 86.	APARELHOS DE APOIO REMOVIDOS DA PONTE.....	136
FIGURA 87.	ANDAIMES SUSPENSOS	137
FIGURA 88.	REALIZAÇÃO DE TRABALHOS NO PILAR SUBMERSO	137
FIGURA 89.	REMOÇÃO DE AA COM RECURSO A REBARBADORA	138
FIGURA 90.	REMOÇÃO DE APARELHO DE APOIO EXISTENTE	139
FIGURA 91.	INJECCÃO DO PLINTO SUPERIOR DO AA	139
FIGURA 92.	ESQUEMA REPRESENTATIVO DA EXECUÇÃO DE PLINTOS E SELAGEM E INJECCÃO DA CHAPA SUPERIOR	140
FIGURA 93.	NOVOS APARELHOS DE APOIO	140
FIGURA 94.	MANÓMETRO.....	141

Índice de Quadros

QUADRO 1.	ACÇÕES A CONSIDERAR NO PROJECTO DE OBRAS DE ARTE.....	22
QUADRO 2.	VALORES CARACTERÍSTICOS DAS VARIAÇÕES UNIFORMES DE TEMPERATURA.....	24
QUADRO 3.	SIMBOLOGIA USADA PARA APARELHOS DE APOIO DE PANELA	29
QUADRO 4.	SÍMBOLOS APLICÁVEIS A APARELHOS DE APOIO ESFÉRICOS.....	29
QUADRO 5.	SIMBOLOGIAS APLICÁVEIS A APARELHOS DE APOIO DE ELASTÓMERO.....	30
QUADRO 6.	SÍMBOLOGIA DE APARELHOS DE APOIO DE ROLOS OU ROLETES	31
QUADRO 7.	SÍMBOLOS UTILIZADOS EM APARELHOS DE APOIO OSCILANTES OU DE PÊNDULO	31
QUADRO 8.	SÍMBOLOS USADOS EM APARELHOS DE APOIO CILÍNDRICOS.....	32
QUADRO 9.	SÍMBOLOS DE AA GUIADOS OU BLOQUEADOS.....	32
QUADRO 10.	CLASSIFICAÇÃO APARELHOS DE APOIO PELA NORMA EN 1337.....	35
QUADRO 11.	TIPOS DE APARELHOS DE APOIO DE ROLO OU ROLETES [7].....	41
QUADRO 12.	CARACTERÍSTICAS DOS VÁRIOS AA DO TIPO OS.....	43
QUADRO 13.	CARACTERÍSTICAS DOS DIFERENTES AA DO TIPO EC.....	44
QUADRO 14.	TIPOS DE APARELHOS DE APOIO ELASTOMÉRICOS (FONTE:EN 1337-3).....	50
QUADRO 15.	CARACTERIZAÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE APARELHOS DE APOIO (FONTE: BS: 5400 PARTE IX)	61
QUADRO 16.	ORIENTAÇÃO PARA A SELECÇÃO DE APARELHOS DE APOIO EM PONTES (FONTE: BS: 5400 PARTE IX)	61
QUADRO 17.	DIMENSÕES NORMALIZADAS DE AA DO TIPO B	70
QUADRO 18.	MOVIMENTOS E REACÇÕES EM AA DE PANELA	92
QUADRO 19.	MOVIMENTOS E REACÇÕES EM AA ESFÉRICOS.....	93
QUADRO 20.	MOVIMENTOS E REACÇÕES EM AA DO TIPO RL.....	93
QUADRO 21.	MOVIMENTOS E REACÇÕES EM AA DO TIPO EL.....	94
QUADRO 22.	MOVIMENTOS E REACÇÕES EM AA DO TIPO OS	94
QUADRO 23.	MOVIMENTOS E REACÇÕES EM AA CILÍNDRICOS	95
QUADRO 24.	FUNCIONAMENTO DE AA GUIADOS OU BLOQUEADOS	95
QUADRO 25.	SISTEMA CLASSIFICATIVO DE ANOMALIAS (FONTE: FREIRE,2008).....	103
QUADRO 26.	LISTA CLASSIFICATIVA DE CAUSAS DAS ANOMALIAS (FONTE: FREIRE,2008)	105
QUADRO 27.	LISTA CLASSIFICATIVA DOS MÉTODOS CORRECTIVOS (ADAPTADO DE [5]).....	110
QUADRO 28.	LISTA CLASSIFICATIVA DE TÉCNICAS DE INSPECÇÃO E DIAGNÓSTICO (FONTE:FREIRE, 2008).....	122

Capítulo 1. Introdução

1.1 Considerações Gerais

Todas as pontes e viadutos estão sujeitos a movimentos motivados pela acção da temperatura nos seus materiais constituintes e por tensões elásticas induzidas por várias forças exteriores, especialmente as cargas de tráfego. Dependendo do material utilizado na construção da Obra de Arte, poderão ser consideradas também outras acções que originam os referidos movimentos nas pontes, como por exemplo no caso de pontes em betão armado ou pré-esforçado, em que se considera ainda as acções da retracção, fluência e pré-esforço. É portanto essencial, no domínio da Engenharia de Estruturas, o estudo contínuo de soluções cada vez melhores para a adequada distribuição das tensões nos diversos tipos de pontes e viadutos, bem como soluções para acomodar os movimentos a que são sujeitas.

Numa panorâmica mais contemporânea, as Obras de Arte, quer sejam passagens inferiores ou passagens superiores, são compostas por duas partes essenciais: a superestrutura (tabuleiro) e a infra-estrutura (aparelhos de apoio, pilares, encontros e fundações). No caso de pontes em viga surge o problema da ligação tabuleiro-pilar, pois quando duas peças estruturais se apoiam uma sobre a outra, podem ocorrer movimentos de rotação e translação entre elas, ou seja, elas podem girar e deslizar, uma em relação à outra, originando danos estruturais ou até mesmo o colapso da estrutura. Estes movimentos nem sempre podem ser absorvidos por alguma das peças, surgindo a necessidade de recorrer a elementos que sirvam de intermediário entre elas, designados por aparelhos de apoio. Neste tipo de pontes a ligação entre o tabuleiro e os pilares pode ser feita de duas formas: ligação monolítica ou ligação apoiada. No primeiro caso, os pilares são ligados directamente ao tabuleiro, considerando-se que a estrutura se comporta como um pórtico, como demonstra a figura 1, solução utilizada essencialmente para obras de menor porte ou sujeitas a menores esforços. Em contrapartida, existe uma ligação onde o tabuleiro e os pilares são separados por aparelhos de apoio e portanto, o tabuleiro comporta-se como uma viga contínua sobre vários apoios, como exemplifica a figura 2. Esta ligação é normalmente seleccionada para Obras de Arte de maior importância.

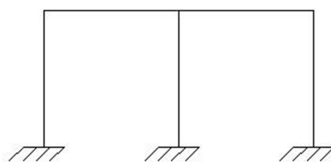


Figura 1. Sistema estrutural monolítico



Figura 2. Sistema estrutural: Viga contínua sobre vários apoios

Os aparelhos de apoio, usados em Obras de Arte, nomeadamente Pontes e Viadutos são então, elementos estruturais que servem de ligação entre os pilares e o tabuleiro e são muito importantes para o comportamento estrutural da generalidade das Obras de Arte rodoviárias e ferroviárias. A utilização destes aparelhos, instalados entre as vigas e pilares, possibilita a movimentação natural existente entre dois elementos e permite a absorção dos esforços horizontais (deslizamento) e de rotação, transmitindo aos pilares, os esforços verticais.

O uso de aparelhos de apoio é igualmente um ponto de partida para a prevenção de possíveis patologias que possam surgir, evitando acontecimentos inesperados e gastos desnecessários. Para garantir a referida prevenção, em fase de projecto, deve-se ter em conta o tipo de *sistema de apoio*¹, que deve ser adequado a cada situação em particular, e a contemplação de locais e espaços necessários para efectuar os trabalhos de conservação e manutenção ou, para a eventualidade de obras de reabilitação entre as quais a substituição dos aparelhos de apoio. É importante realçar também, que todo o processo de substituição dos aparelhos de apoio é bastante complexo e limitado ao espaço e acessibilidades existente para a realização dos trabalhos, logo, só deve ser considerado quando o estado de deterioração do equipamento é bastante avançado, impedindo o correcto funcionamento e desempenho do mesmo e consequentemente o da própria estrutura. Os aspectos relacionados com o transporte, o armazenamento, a montagem e instalação dos aparelhos de apoio são identicamente relevantes em projecto, para prevenir futuras anomalias no próprio apoio e nos outros elementos

¹ O sistema de apoio é o conjunto de todos os aparelhos de apoio numa determinada Obra de Arte.

estruturais da ponte, assegurando o bom comportamento de toda a estrutura da Obra de Arte em condições de operacionalidade, segurança e durabilidade. Durante todo o processo de construção, é indispensável a adequada fiscalização da mesma, com o intuito de garantir que todas as considerações de projecto estão a ser cumpridas.

Para Pontes já existentes, a prevenção é feita através de técnicas de inspecção e diagnóstico a toda a estrutura e em particular aos aparelhos de apoio que, sendo implementadas, levarão à tomada atempada de medidas de correcção para as patologias observadas, que são avaliadas tendo em conta a gravidade de cada situação, dando prioridade à resolução das situações que poderão ser mais penalizadoras para a estrutura da Obra de Arte.

Considera-se que, actualmente, o domínio dos aparelhos de apoio é cada vez mais evolutivo, diversificado e competitivo, especialmente desde o início da aplicação de normas europeias que regulamentam este tipo de equipamento, o que o faz com que estes sejam imprescindíveis na definição do comportamento estrutural das Obras de Arte.

1.2 Objectivos do Trabalho Final de Mestrado

O objectivo principal desta Dissertação é a abordagem das diferentes soluções de aparelhos de apoio existentes, a aplicar nos diferentes tipos de Obras de Arte, quer seja em novas construções, quer em obras de reabilitação e a sua correlação com aspectos tais como: a durabilidade, a economia, instalação/montagem, funcionamento e manutenção. Pretende-se, portanto, conhecer toda a tecnologia existente para aparelhos de apoio e as suas principais características, especialmente nos aspectos relacionados com a sua mobilidade e resistência, para que se possa tomar a solução mais viável em cada caso e o mais económica possível, respeitando todos os requisitos de segurança.

Este trabalho tem ainda a finalidade de complementar o estudo teórico realizado, com casos práticos referindo os aspectos mais relevantes de cada um, permitindo igualmente o contacto com diferentes tecnologias, desenvolvidas e aplicadas no âmbito dos aparelhos de apoio aplicados em Obras de Arte. O estudo de obras existentes no presente trabalho tem o objectivo de reconhecer com maior clareza, quais as possíveis patologias existentes em aparelhos de apoio e quais as causas que estão na sua origem,

para além de permitir o contacto com as maiores dificuldades encontradas em obra e o que pode ser feito para contornar essas situações.

1.3 Organização da Dissertação

Os métodos e instrumentos implementados para contemplar toda a informação necessária para a realização do TFM são os seguintes:

- Informação transmitida pelo Orientador;
- Pesquisa pessoal;
- Contacto visual directo;
- Registo fotográfico;
- Registo manuscrito.

Esta dissertação seguirá determinados procedimentos para a abordagem dos diversos temas relativos aos aparelhos de apoio, sendo estruturada por sete capítulos, descritos resumidamente de seguida.

Capítulo 2 – Introdução aos Aparelhos de Apoio

Neste capítulo é feita a contextualização histórica dos aparelhos de apoio e a sua evolução ao longo do tempo, para além dos aspectos mais gerais relacionados com os aparelhos de apoio tais como a sua definição, importância e aplicabilidade. São ainda referidos os esforços actuantes nas pontes e viadutos e consequentes cargas aplicadas e deslocamentos a suportar pelos aparelhos de apoio.

Capítulo 3 – Tipologia dos Aparelhos de Apoio

Dependendo do material constituinte e dos movimentos permitidos, estes dispositivos aplicados nas Obras de Arte podem ser classificados em diversas tipologias. Este capítulo contém a descrição e caracterização de cada tipo de aparelhos de apoio, realçando a importância e aplicabilidade de cada um. A escolha do tipo de aparelho de apoio a aplicar em cada caso deverá ser adequada, respeitando determinados critérios que serão enumerados neste capítulo, para que o seu funcionamento seja adequado às características exigidas pelo projectista da Obra de Arte em questão.

Capítulo 4 – Dimensionamento, Instalação e Funcionamento dos AA

A instalação dos Aparelhos de Apoio em Pontes e Viadutos é um processo bastante complexo e que requer muitos cuidados especiais que deverão ser previstos. O conhecimento do funcionamento de cada aparelho é essencial para a sua fabricação e

posterior instalação em obra. O presente capítulo contém informação relativa a aspectos de projecto como princípios gerais de dimensionamento e requisitos normativos, aspectos relacionados com o transporte e armazenamento destes dispositivos e regras a respeitar no que diz respeito ao posicionamento e fixação durante a instalação do aparelho. Relativamente ao funcionamento do aparelho de apoio são descritos as forças e os movimentos de translação e rotação considerados em cada tipo;

Capítulo 5 – Anomalias nos Aparelhos de Apoio

Este capítulo tem por finalidade a identificação das várias patologias dos diferentes aparelhos de apoio, que podem ser identificadas em obras de arte existentes, assim como encontrar soluções fiáveis através de métodos correctivos que podem ser aplicados para a resolução das anomalias consideradas. Para a decisão final sobre o método correctivo adequado a cada caso particular é ainda abordado neste capítulo as possíveis causas que podem estar na origem das referidas anomalias dos apoios.

Capítulo 6 – Manutenção e Reabilitação

Através da aplicação de sistemas de inspecção e diagnóstico nas Obras de Arte existentes é possível a tomada de decisão para a necessidade ou não da realização de obras de manutenção ou de reabilitação. Este capítulo refere quais os sistemas de inspecção e diagnóstico aplicados a Obras de Arte e particularmente aos aparelhos de apoio, mencionando os possíveis equipamentos que podem ser utilizados para esse efeito. Para além disso, são dados alguns exemplos práticos estudados nesta dissertação, de Obras de Manutenção e Obras de Reabilitação com um exemplo particular para a Substituição de Aparelhos de Apoio;

Capítulo 7 – Conclusão

Apresentam-se as principais conclusões do trabalho e conclusões dos casos práticos estudados.

Capítulo 2. Introdução aos Aparelhos de Apoio

2.1 Revisão Histórica

A história dos aparelhos de apoio em pontes é um detalhe importante na evolução das Obras de Arte na medida em que o desenvolvimento destes elementos tomado como parte da construção, reflecte os avanços tecnológicos dos dois últimos séculos, pois o aumento cada vez maior das estruturas de pontes requiere soluções adequadas às novas exigências.

As primeiras pontes que surgiram eram construídas em madeira ou alvenaria de pedra, com pequenos vãos, destinadas à circulação pedonal, suportando menores esforços, e por esse motivo não era necessário a utilização de aparelhos de apoio. Numa primeira fase, as pontes eram vistas como estruturas consideradas de corpos rígidos e imóveis, mas mais recentemente começaram a ser interpretadas como “máquinas capazes de produzir movimento” (Lorenz, 1990, citado de [1]).

Os Aparelhos de Apoio utilizados em Obras de Arte são definidos por vários autores de diferentes formas. “Os aparelhos de apoio são elementos estruturais dispostos entre as partes das estruturas de suporte para executar as condições a que chegaram os cálculos estruturais” (Eggert, Kauschke, 1996, citado de [1]). Pode-se dizer então que eles desempenham essas funções em Pontes e Viadutos. De acordo com esta definição, considera-se aceitável que os aparelhos de apoio já se podiam encontrar nas primeiras pontes de madeira. Simples ripas de madeira (de pequenas dimensões) serviam não só para distribuir a carga uniformemente mas também permitiam a flexão da estrutura de suporte de carga. Para além disso, a elasticidade apresentada neste material possibilita a absorção de algumas vibrações originadas pelas cargas de tráfego, reduzindo deste modo, o impacto a ser transmitido para a estrutura. Esta propriedade é também usada nas primeiras pontes viga rodoviárias em ferro fundido que possuíam uma sensibilidade extrema ao impacto repentino, mas neste caso, os comboios que atravessavam a ponte transmitiam um acréscimo de peso para estes simples aparelhos de apoio de madeira. Estas forças eram distribuídas nas placas de ferro fundido. Considera-se aceitável que os aparelhos de apoio de madeira sejam vistos como uma primeira geração de AA em pontes.

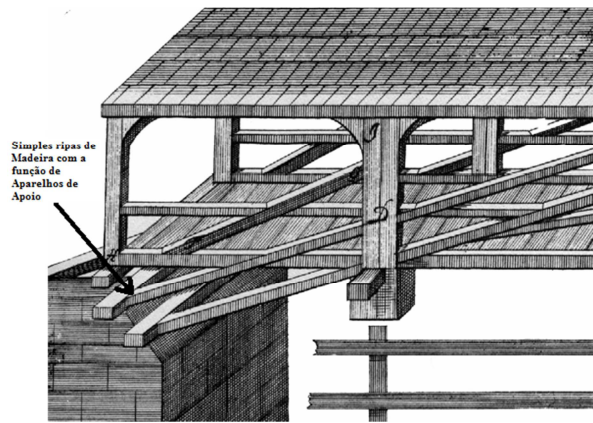


Figura 3. Representação dos Aparelhos de Apoio em Pontes de Madeira [1]

A entrada da geração seguinte é directamente influenciada pela introdução do ferro como principal material na construção de pontes, surgindo assim os aparelhos de apoio metálicos. Os primeiros que apareceram eram objectos bastantes simples e surgiram com o desenvolvimento das pontes ferroviárias do século XIX, no entanto, estes progrediram independentemente, com características individuais, como apoio à tecnologia de construção. É aproximadamente nesta era que são introduzidos produtos da engenharia mecânica no âmbito da construção de pontes, tais como parafusos, roletes, chumbadouros, entre outros. No entanto, surgiu uma nova problemática na construção destas obras, os efeitos que a temperatura produz neste tipo de material. Já no século XVIII eram conhecidos materiais que reagem às mudanças de temperatura com alteração nos seus volumes. Mas esta situação não tinha consequências para as pontes já construídas uma vez que ainda eram bastante curtas, logo os efeitos eram menores e menos gravosos pelo que podiam ser desprezados. No caso da madeira as dilatações do material devido à temperatura eram resultado de diferentes graus de humidade do meio ambiente e não da temperatura. As Pontes em arcos de pedra e alvenaria, por outro lado, não eram sujeitas a mudanças bruscas de temperatura, uma vez que a grande massa das mesmas é muito lenta a reagir a essas variações. Louis Vicat iniciou um trabalho pioneiro ao examinar cientificamente o aparecimento e desaparecimento periódico de fissuras em função da variação da temperatura na sua ponte arqueada, que demonstrou que as rachas e fissuras que aparecem durante o período frio irão fechar novamente em condições mais quentes. Assim que o ferro se afirmou como o material para a construção de pontes, a consciência crítica sobre este problema aumentou.

Esta segunda geração reflete um novo tipo de pensamento. O principal objectivo é libertar movimentos, em primeiro lugar no sentido longitudinal e depois no transversal também. Primeiramente existia a preocupação sobre a influência das variações de temperatura sobre a resistência do material, depois os engenheiros consideravam seriamente o grau de movimento causado pelas respectivas mudanças e como estas podem afectar a estabilidade geral da estrutura. Esse problema é solucionado com a introdução de pontes em arco suspensas, considerando que os pilares são apenas destinados a suportar o peso perpendicular da superestrutura e que as acções de variações de temperatura (contrações ou dilatações) são independentes das outras e que a liberdade de movimento nos diferentes elementos estruturais é conseguida por “sectores móveis”.

A primeira forma de aparelhos de apoio em Pontes viga de Ferro eram aparelhos de apoio planos que consistiam em duas áreas planas (uma superior e uma inferior) partilhando uma área plana de contacto directo. Uma desvantagem substancial deste tipo de aparelho foi identificada assim que a estrutura é deformada sob carga. Nestes casos a área do respectivo aparelho de apoio é temporariamente reduzida a uma simples linha de apoio na extremidade da estrutura, afectando não só o sistema estrutural da superestrutura e o próprio apoio mas também a sua resistência. A figura apresentada de seguida retracta este cenário.

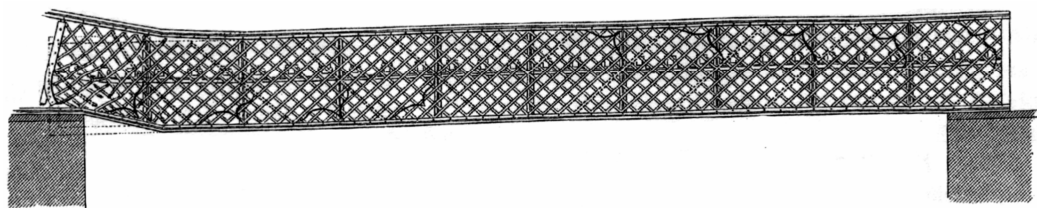


Figura 4. Danos numa viga devido ao plano de apoio (Culmann 1852, p.191, citado de [1])

Apenas alguns engenheiros desenvolviam gradualmente a consciência de que as pontes necessitam de aparelhos de apoio móveis. Este tipo de apoios, onde a viga assenta sobre uma placa plana e lubrificada têm que superar o atrito ao deslizamento durante o movimento. A aplicação dos rolos ajudou a reduzir a influência do trabalho do atrito. O aparelho de apoio móvel clássico era um com dois rolos e uma placa oscilante permitindo balançar sobre um ponto central, também designado por aparelho de apoio de pêndulo ou oscilante com contacto linear. Pode-se dizer então que os primeiros

apoios eram metálicos, à base de superfícies cilíndricas ou superfícies esféricas combinadas com chapas metálicas planas, designadas por ‘coxins’. Estes equipamentos utilizados nas pontes resolviam os problemas de transmissão de carga de um ponto para outro, mas apresentavam três grandes inconvenientes: as elevadíssimas tensões de contacto geradas entre as peças metálicas do apoio, o impedimento de determinados movimentos e a sua conservação.

O desenvolvimento desta geração conta também com soluções intermediárias introduzidas por inovações durante esta altura, embora nenhuma se tenha estabelecido permanentemente. A tendência para a construção de betão armado bem como a introdução de aços de alta resistência conduziu aos aparelhos de apoio de betão, também designados por articulações de betão. Estes eram uma tentativa para substituir os antigos AA, por materiais de maior qualidade ou por questões económicas.

No decorrer dos dois últimos séculos, os aparelhos de apoio evoluíram como partes de imensa sofisticação e complexidade em pontes modernas. O motivo dessa evolução deveu-se ao facto das estruturas começarem a ser projectadas para vãos cada vez maiores, e ainda devido ao rápido crescimento das cargas a considerar e à introdução de novos materiais como o aço e mais tarde o betão pré-esforçado. Estes elementos surgem assim, como resposta à evolução da construção de Pontes e Viadutos (rodoviários e ferroviários). Pode-se assumir então, que a origem destes aparelhos nas Obras de Arte, prende-se a questões relacionadas com problemas de transmissão de esforços entre peças estruturais, dimensionadas para resistir a cargas de tráfego, variações de temperatura, efeitos de retracção, fluência e expansão dos materiais, movimentos de rotação e translação, entre outros.

Com o passar dos anos e o aparecimento de borrachas sintéticas e plásticos resistentes aos raios UV e ao ozono, novos aparelhos de apoio começaram a ser comercializados, surgindo assim a terceira e actual geração dos aparelhos de apoio. Estes materiais facilitaram a concepção de aparelhos com possibilidade de rotação e ao mesmo tempo, áreas de contacto razoáveis em contraste com os apoios metálicos, com transmissão de carga linear ou pontual, onde a análise elástica conduz teoricamente a infinitas tensões de compressão. Actualmente, grande parte dos aparelhos de apoio utilizados em pontes e viadutos, dispõem destes novos materiais como o PTFE ou a borracha de elastómero (neoprene), solucionando os problemas relacionados com os movimentos em cada sentido e transmissão de cargas, no entanto a questão da insuficiente durabilidade permanece. Este é um aspecto bastante relevante a estudar

nesta dissertação, a reabilitação de pontes, nomeadamente a conservação/manutenção de aparelhos de apoio, baseada em frequentes observações e realização de ensaios. Depois da fase dos movimentos de deslizamento, rotação e oscilação ou movimento pendular, considerados nas primeiras gerações, surge a “deformação” para acomodar diferenças de movimentos. Os aparelhos de apoio deformáveis ou elastoméricos e os de panela são considerados como um tipo paradigmático para esta geração.

Actualmente existe uma variada oferta de tecnologia no sentido de desenvolver sistemas de apoio, com o objectivo de assegurar os limites de deformações e de solicitações para os quais devam ser empregados para garantir uma correcta funcionalidade, evitando dessa forma o surgimento de patologias resultantes de deformações excessivas ou escolhas inadequadas de sistema a adoptar.

2.2 Termos e Descrições

Aplicam-se os seguintes termos e definições mencionados de seguida, pela sua frequente utilização no desenvolvimento deste trabalho, facultando deste modo uma melhor compreensão de todo o trabalho escrito.

Obra de Arte – É um termo, geralmente usado em engenharia civil, que traduz um tipo de construção que requer uma maior especialização, tais com pontes, viadutos e túneis.

PI - Passagem inferior – Designação atribuída à Obra de Arte construída, quando duas estradas de distintas ordens hierárquicas se intersectam a níveis diferentes e a estrada de menor importância passa inferiormente à estrada principal.

PS - Passagem superior – Denominação conferida ao viaduto, num cruzamento desnivelado de duas estradas, no caso da estrada principal se encontrar sob a estrada secundária.

Superestrutura – Parte superior da estrutura da obra de arte, que corresponde ao tabuleiro.

Infraestrutura – Parte inferior da estrutura da obra de arte, que é composta pelos pilares, encontros e respectivas fundações.

Encontros – São elementos estruturais que estabelecem a ligação entre a Obra de Arte e a via que lhe dá acesso através de aterro. Localizam-se nas extremidades dos vãos exteriores do tabuleiro. A sua função principal é servir de apoio ao tabuleiro, servir de estrutura de suporte de terras e fazer de transição entre o tabuleiro e o aterro. Existem dois tipos: os encontros aparentes e os encontros perdidos. Nos primeiros, tal como o nome indica, grande parte do encontro é visível ou aparente, ao contrário dos perdidos que se encontram praticamente todos cobertos por terras.

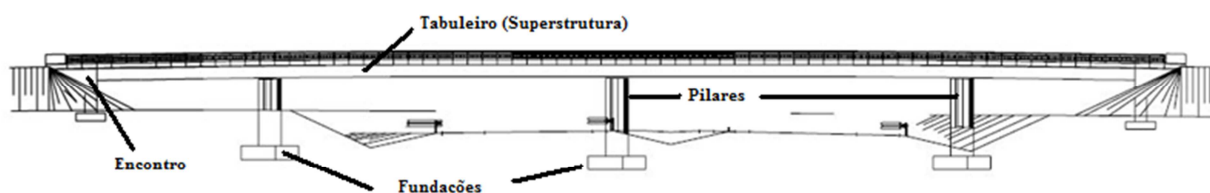


Figura 5. Constituição da Ponte em viga

Sistemas de eixos considerado

“x” – é a direcção principal que corresponde à direcção longitudinal da Ponte

“y” – direcção transversal da Ponte

“z” – direcção vertical

Os critérios gerais adoptados na verificação da segurança das estruturas são definidos em relação a determinados estados limite e utilizando coeficientes de segurança aplicados aos quantilhos das distribuições de probabilidade das acções e das propriedades dos materiais. Deste modo, a verificação da segurança consiste em comparar com esses estados limite, os estados conduzidos pelas devidas combinações de acções, que são associadas a uma certa probabilidade de ocorrência, correspondente aos prejuízos associados ao estado limite em causa. Quanto maior a gravidade do estado correspondente, menor a probabilidade associada à combinação de acção.

Estados Limite – estado a partir do qual as estruturas perdem a sua capacidade de desempenhar perfeitamente as funções para as quais é destinada, totalmente ou parcialmente. Dependem do tipo de material da estrutura, da natureza da sua utilização, das condições ambientais, entre outros. Existem dois tipos: Estados Limite Últimos e Estados Limite de Utilização.

Estados Limite Últimos – estado atingido pela estrutura verificando-se prejuízos muito severos na mesma. Corresponde a uma situação limite independente da duração. São exemplos de estados limites últimos: o Estado Limite de Equilíbrio correspondente à perda de equilíbrio das estruturas, o Estado Limite de Resistência que reflecte a rotura ou deformação excessiva, podendo ser considerada a fadiga ou não dependendo de cada caso e ainda o Estado Limite de Encurvadura quando se verifica a instabilidade de toda a estrutura ou de partes dela.

Estado Limite de Utilização – quando as estruturas atingem este estado, significa que possuem prejuízos pouco severos. São definidos para três durações de referência: muito curta (poucas horas), curta (intermédia, 5% do período de vida da estrutura) e longa (metade do período de vida da estrutura).

Período de vida da estrutura – intervalo de tempo de referência em relação ao qual são estabelecidas as condições de segurança e quantificados os valores das acções.

PTFE – politetrafluoretileno

Chumbadores – Barra de ancoragem

2.3 Definições de Aparelho de Apoio

De uma perspectiva histórica, são atribuídas diferentes definições para os aparelhos de apoio, no entanto, do ponto de vista contemporâneo e, tendo em conta toda a evolução que estes equipamentos sofreram ao longo dos anos, o conceito de Aparelho de Apoio já é bastante clarificado e consensual. Actualmente define-se um aparelho de apoio numa determinada Obra de Arte como um elemento estrutural, ou seja, um dos elementos constituintes desta obra, que se localiza entre o tabuleiro e os pilares e/ou os encontros, fazendo a ligação dos referidos elementos estruturais. Permitem igualmente assegurar a transferência de cargas e absorver os movimentos relativos gerados neste tipo de estruturas, que podem ser deslocamentos e/ou rotações. Deste modo, os principais objectivos que conduziram à utilização destes elementos dispostos entre as peças estruturais são:

- Acomodar as condições limite;
- Transferir as reacções da superestrutura à infra-estrutura;

- Cumprir requisitos de projecto, relativos às forças, deslocamentos e rotações.

Para além da definição geral descrita anteriormente, são também atribuídas diferentes designações consoante o tipo de movimento permitido para o aparelho de apoio, podendo ser fixos ou móveis, considerando nestes últimos que existe a possibilidade de movimento em todas as direcções ou apenas numa, multidireccionais e unidireccionais respectivamente. Existem também vários outros termos utilizados, consoante a forma, o material constituinte ou a função deste elemento. Este tema será mais aprofundado no capítulo 3 deste trabalho.

Em concordância com a norma europeia, EN 1337, parte 1, os aparelhos de apoio permitem a rotação entre dois elementos da estrutura e a transmissão de cargas definidas em requisitos relevantes, bem como a prevenção de deslocamentos, de acordo com o definido em projecto.

2.4 Cargas aplicadas em Obras de Arte

As Pontes e Viadutos são sujeitas a várias acções que conduzem a deformações (movimentos relativos) nas estruturas e tornam a instalação do aparelho de apoio necessária. Estas acções têm diferentes origens e dependem dos materiais utilizados na construção, pelo que podem ser divididas em cinco grupos principais, consoante a causa que dá origem ao movimento deste tipo de estruturas [2]:

- 1) Cargas Exteriores (Cargas Permanentes, Restantes Cargas Permanentes e Cargas Variáveis)
- 2) Variações de Temperatura (VUT e VDT)
- 3) Reacção no interior do material (como por exemplo a humidade em madeiras e a retracção do betão)
- 4) Forças internas (causadas por pré-esforço e fluência)
- 5) Deformação Forçada do exterior (assentamentos de apoio, sismos e pré-esforço exterior)

A importância destes factores no comportamento das estruturas dependerá, tal com já foi referido, dos materiais constituintes, sendo que no caso de pontes e viadutos metálicos as causas 3) e 4) não têm relevância, portanto devem ser ignoradas.

De acordo com o Regulamento de Segurança e Acções (RSA), a segurança das pontes pode ser verificada através da adequada combinação de acções. As acções consideradas neste tipo de estruturas, de acordo com o referido regulamento, são as acções permanentes, as acções variáveis e as acções de acidente. As primeiras correspondem às acções cujos valores se mantêm constantes durante o período de vida das estruturas, tais como o peso próprio da estrutura, os impulsos de terras, o pré-esforço aplicado na estrutura, os efeitos diferidos (nomeadamente a retracção do betão) e ainda os assentamentos de apoio. Por sua vez, as acções variáveis são aquelas que, tal como o nome indica, variam com o tempo durante a vida da estrutura; são exemplos as sobrecargas que correspondem às forças de frenagem, lacete e centrífugas, a acção do vento, dos sismos (dependendo da actividade sísmica do local da obra), o atrito presente nos aparelhos de apoio e ainda as pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas (no caso das Pontes). Por fim as acções de acidente apenas ocorrem muito esporadicamente, isto é, possuem pouca probabilidade de acontecerem e por esse motivo não são usualmente consideradas directamente no cálculo, no entanto estes acontecimentos devem sempre ser previstos em projecto, através da optimização de medidas preventivas que possam ser aplicadas no sentido de diminuir ou minimizar estes efeitos. Os incêndios, explosões ou colisões de viaturas, comboios ou barcos são alguns exemplos deste tipo de acção.

Em suma, estas acções são consideradas através dos valores característicos que multiplicados pelos coeficientes de segurança correspondentes e combinados entre si, determinam a verificação da segurança das estruturas aos Estados Limite Últimos e Estados Limite de Utilização.

O quadro apresentado de seguida, faz o resumo das acções consideradas no projecto de Obras de Arte.

Acções Permanentes	Acções Variáveis	Acções Acidentais
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Próprio Estrutural (pp ou g) • Restante Carga Permanente (RCP ou Δg) • Pré-esforço (pe) • Efeitos diferidos (c+s) • Impulso de terras (I_g) • Assentamento de Apoio (δ_{ass}) • Força de atrito em aparelhos de apoio (F_a) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecargas rodoviárias (sc) • Sobrecargas em passeios (sc_{pass}) • Sismos (E) • Vento (W) • Variação uniforme de temperatura (VUT) • Variação diferencial de temperatura (VDT) • Neve (S) • Impulso de terras devido ao sismo (I_E) • Impulso de terras devido à sobrecarga (I_{sc}) • Pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas (P) • Acções que dependem do método construtivo • Levantamento do tabuleiro 	<ul style="list-style-type: none"> • Colisões de viaturas, comboios ou barcos • Incêndios • Explosões • Queda de cimbres durante a construção

Quadro 1. Acções a considerar no projecto de Obras de Arte

Para proceder à quantificação das acções a considerar no projecto de Obras de Arte, o regulamento em vigor em Portugal, RSA, atribui determinados valores de referência. As acções são quantificadas por valores característicos, com a excepção das acções de acidente que são por valores nominais e das variáveis que também podem ser quantificadas por valores reduzidos. No caso das acções permanentes, particularmente para a consideração do peso próprio que é uma das mais importantes, é definido os pesos específicos para o betão armado e pré-esforçado, para o aço e para o betão

simples, que são respectivamente, $\gamma_c = 25 \text{ KN/m}^3$, $\gamma_s = 77 \text{ KN/m}^3$ e $\gamma_c = 24 \text{ KN/m}^3$. No que diz respeito à restante carga permanente, estas incluem usualmente os enchimentos com betão simples, o tapete betuminoso cujo peso específico é de $\gamma_{\text{betuminoso}} = 22$ a 24 KN/m^3 , as guardas de segurança e os guarda-corpos. Nas guardas de segurança e guarda-corpos é geralmente considerado a actuação de uma força uniformemente distribuída que toma o valor de $1,0 \text{ KN/m}$, para cada uma.

2.5 Deslocamentos a suportar nos Aparelhos de Apoio

2.5.1. Deslocamentos devido à temperatura

Desde os primórdios da engenharia civil são abordados assuntos relativos aos efeitos que as variações de temperatura têm nos diversos materiais, provocando deslocamentos nas estruturas, no entanto, só recentemente têm sido feitas medições directas com o objectivo de encontrar com melhor exactidão os valores que são utilizados para a análise das estruturas. Essas medições têm ainda permitido mostrar que a temperatura nas estruturas demonstra gradualmente as temperaturas ambientais e por esse motivo os valores extremos positivos e negativos nunca ocorrem no mesmo dia ou na mesma estação meteorológica. Como exemplo, a caracterização dos efeitos da temperatura no betão deve ser desenvolvida durante muitos dias quentes e muitos dias frios pois um único dia extremamente quente e frio conduzirá a menores efeitos no betão [2].

Em concordância com o capítulo IV do RSA, existem dois tipos de acções relativas a variações de temperatura: as variações uniformes de temperatura e as variações diferenciais de temperatura. As primeiras correspondem às variações anuais de temperatura ambiente (sazonais) que dependem da temperatura média anual do local da obra e do tipo de estrutura. Por outro lado, as diferenciais são variações rápidas da temperatura ambiente (diárias) que originam gradientes térmicos da estrutura e são determinados em função das condições climáticas locais e das características térmicas da estrutura. Estas variações não são quantificadas neste regulamento, sendo geralmente consideradas quando os materiais que constituem determinadas estruturas assim o exigirem ou ainda no caso das dimensões dos seus elementos e as suas condições de exposições são sensíveis a variações bruscas de temperatura. É importante salientar que

as variações uniformes e diferenciais coexistem devendo ser consideradas na mesma combinação de acções. A tabela que se segue apresenta os valores característicos, positivos e negativos a considerar para as variações uniformes de temperatura, para cada tipo de estrutura. A designação de estruturas “protegidas” diz respeito às estruturas que possuem um bom isolamento térmico dos seus elementos e são considerados “elementos de grande espessura”, aqueles cuja menor dimensão é de pelo menos 70 cm.

Tipo de Estrutura	VUT	
	Positiva	Negativa
• Metálicas não protegidas	+35 °C	-25 °C
• Metálicas protegidas	+ 10 °C	-10 °C
• Betão Armado e Pré-esforçado não protegidas constituídas por elementos de pequena espessura	+ 15 °C	- 15 °C
• Betão Armado e Pré-esforçado protegidas por elementos de grande espessura	+ 10 °C	-10 °C
• Madeira	+ 10 °C	-10 °C

Quadro 2. Valores característicos das variações uniformes de temperatura

2.5.2. Deslocamentos devido ao pré-esforço

O pré-esforço é considerado como uma acção interna à estrutura que tem que ser auto-equilibrada. O seu efeito sobre vigas isostáticas e hiperstáticas é diferente e por esse motivo os esforços devidos ao pré-esforço são separados em duas parcelas, a parcela isostática e a hiperstática. No primeiro caso, o pré-esforço não gera reacções e em vigas hiperstáticas as reacções geradas têm resultante igual a zero.

A parcela hiperstática pode ser explicada através duma secção genérica de uma viga, onde o pré-esforço representa uma compressão excêntrica que está aplicada ao nível do cabo e com a mesma direcção deste, tal como é exemplificado na imagem que se segue, com a representação dos esforços isostáticos resultantes do pré-esforço (esforço axial N, esforço transversal V e momento flector M).

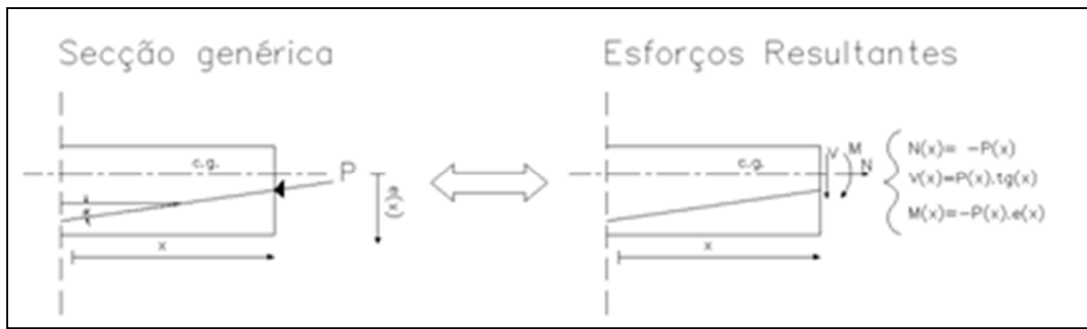


Figura 6. Esforços isostáticos devido ao pré-esforço [3]

Por outro lado, quando se trata de estruturas hiperstáticas, estas não se deformam livremente pois surgem reacções nos apoios, designadas por esforços hiperstáticos. A figura seguinte ilustra essas reacções numa viga hiperstática.

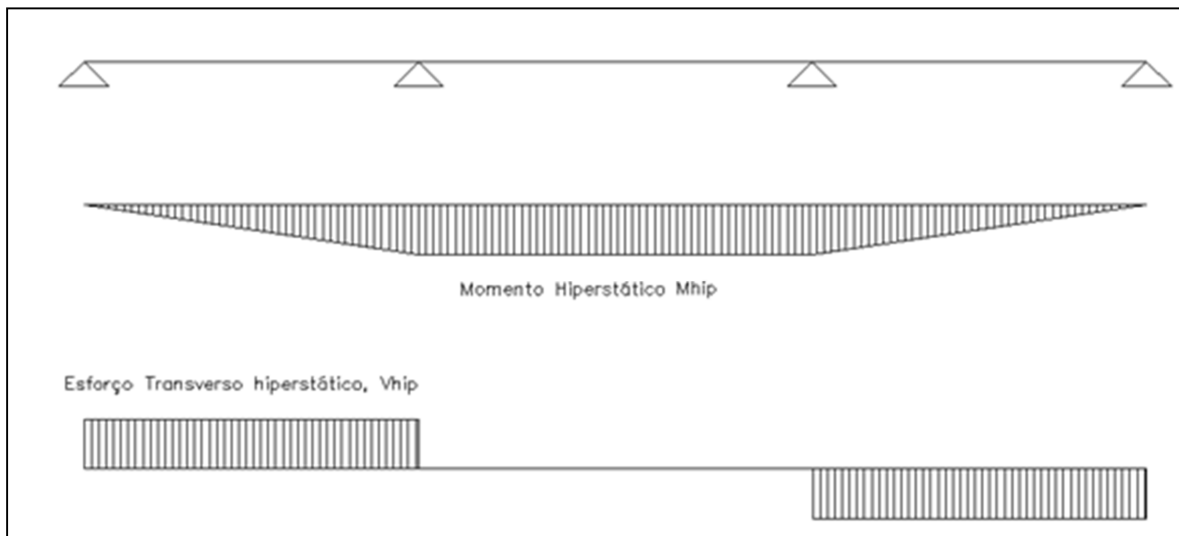


Figura 7. Esforços hiperstáticos devido ao pré-esforço [3]

Para a contabilização dos esforços totais devido ao pré-esforço são somadas as duas parcelas referidas. Estes esforços totais podem ainda ser determinados recorrendo ao conceito da carga equivalente, que se traduz na definição duma carga que produz os efeitos equivalentes ao pré-esforço, de acordo com a fórmula:

$$Q_{eq} = \frac{2fP}{L^2}$$

2.5.3. Deslocamentos devido aos efeitos diferidos: Fluência e Retracção

A fluência é um fenómeno verificado particularmente em estruturas de betão, traduzido pela deformação lenta deste material ao longo do tempo, quando é sujeito a

cargas permanentes. Os efeitos da fluência nas estruturas correspondem essencialmente a perdas de tensão nos cabos de pré-esforço, a modificações da deformação da própria estrutura, à diminuição de esforços de coacção que podem ser variações lentas de temperatura ou assentamentos de apoio, a transferência de tensões do betão para o aço e ainda a redistribuição de esforços no caso de estruturas construídas por fases. A consideração deste efeito, em termos quantitativos é feita através de um coeficiente de fluência do betão, a uma determinada idade t , assumindo que a carga é aplicada à idade t_0 , $\varphi_{cc}(t,t_0)$. A nível nacional, considera-se um coeficiente de fluência, $\varphi_c = 2,5$. Pode-se dizer portanto que a fluência dependerá não só do betão e das cargas permanentes a que é sujeito mas também da idade de carregamento, ou seja, o mesmo tipo de betão submetido às mesmas cargas poderá assumir diferentes coeficientes de fluência consoante a idade a que foi aplicado o carregamento, quanto mais cedo é aplicado, maior o coeficiente de fluência, conforme se visualiza na imagem que se segue [4].

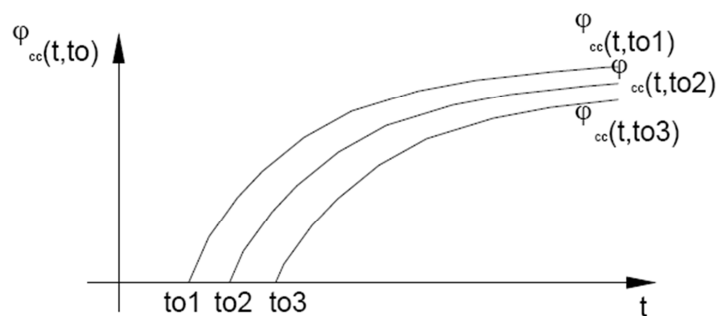


Figura 8. Curvas de fluência às idades de carregamento t_{01} , t_{02} e t_{03} [4]

A retracção é também um fenómeno que se desenvolve no betão, onde se verifica uma lenta diminuição do seu volume ao longo do tempo, causada pela perda de água presente no betão que, ao contrário da fluência não depende das cargas aplicadas. Os efeitos que se fazem sentir nas estruturas devido à retracção são as perdas de tensão nos cabos de pré-esforço e os esforços de coacção gerados. Para efeitos de cálculo, a retracção é quantificada através de uma extensão entre as idades t e t_0 , $\varepsilon_{cs}(t,t_0)$. Em concordância com o descrito no Anexo I, artigos 32º e 42º do RSA, a extensão de retracção a longo prazo é $\varepsilon_{cs}(\infty,t_0) = -25 \times 10^{-5}$.

Para determinar os deslocamentos devido aos efeitos diferidos é necessário conhecer o ponto neutro da estrutura (ponto com deslocamento nulo), que para efeitos de estimativa de valores pode-se considerar coincidente com o centro de rigidez que é dado

pelo somatório da rigidez de cada pilar a multiplicar pela sua distância ao primeiro encontro da ponte ou viaduto, sobre o somatório da rigidez dos pilares, conforme demonstrado na figura seguinte.

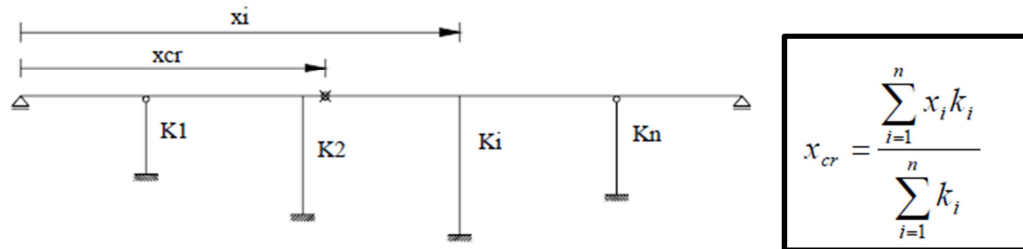


Figura 9. Cálculo do centro de rigidez de uma determinada Obra de Arte [3]

2.5.4. Rotação do Aparelho de Apoio

O aparelho de apoio é normalmente submetido a rotações sobre três eixos, um eixo vertical e dois horizontais (no sentido longitudinal e transversal da ponte). A rotação sobre o eixo vertical possui uma magnitude menor do que a rotação sobre os eixos do aparelho de apoio, que é normalmente considerada no projecto estrutural. É também importante conhecer que a rotação do aparelho de apoio na direcção transversal pode ser maior que na direcção longitudinal, tal como sucede em pontes sem viga transversal. Os factores que conduzem às referidas rotações nos aparelhos de apoio em pontes são a flexão e o deslocamento na extremidade do pilar, como demonstra a figura.

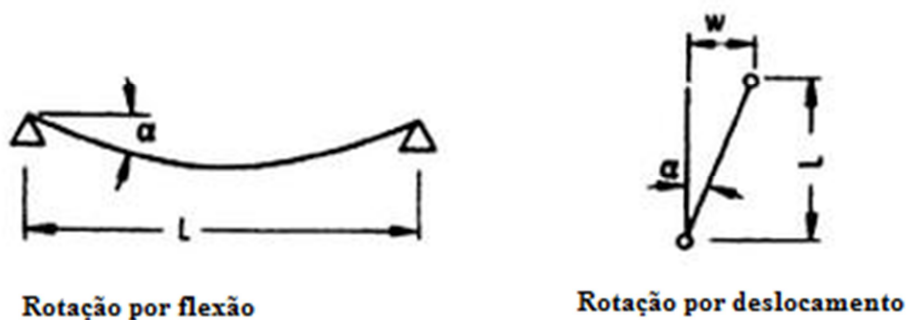


Figura 10. Rotações nos Aparelhos de apoio [2]









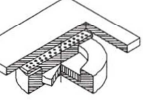


No cálculo da rotação no aparelho de apoio para o primeiro caso (imagem da esquerda) é usual assumir para um momento máximo, uma deformação parabólica, estimada sob cargas constantes, para que possa ser conhecido o ângulo tangencial teórico, que pode ser determinado através da seguinte equação:

$\alpha = 0,4 \times \frac{L}{EI} \times M_{\max}$, sendo α o ângulo de rotação medido em radianos, L o comprimento do vão entre apoios, E o módulo de elasticidade e M_{\max} o momento flector máximo. Para um pilar com um apoio móvel (imagem lado direito), com um determinado deslocamento w, o ângulo de rotação é dado por: $\alpha = \frac{w}{L}$.

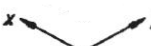
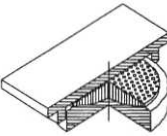



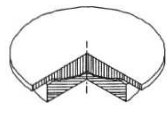
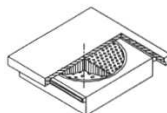


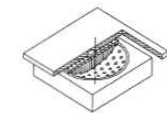



Para pontes de betão armado, deverá ser tido em conta os efeitos que a fluência tem neste tipo de estruturas, pois estes mudam a rotação do apoio. Geralmente a rotação aumenta em estruturas normais de betão armado mas muitas vezes em estruturas de betão pré-esforçado a rotação pode diminuir. No caso de aparelhos de apoio deformáveis, a influência da fluência é desprezada uma vez que o seu comportamento é similar ao betão quando sujeito a este fenómeno. As rotações em excesso nos apoios poderão ser originadas por desvios involuntários no paralelismo das superfícies estruturais durante a instalação de vigas metálicas ou partes de betão pré-fabricado.

2.6 Símbolos dos Aparelhos de Apoio


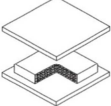


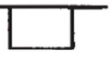
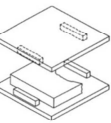


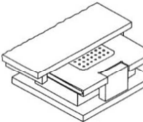

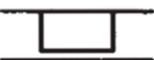

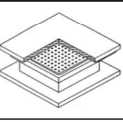
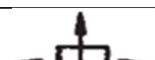
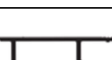
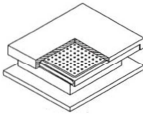


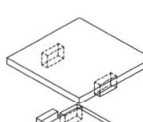



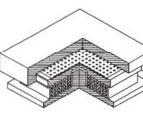


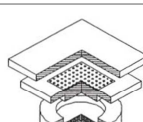


Considera-se que a linguagem especial utilizada pelos engenheiros são os seus próprios desenhos. Eles são percebidos universalmente, não necessitando de tradução, acelerando portanto todo o processo de transmissão de informação. Para os aparelhos de apoio, os seus símbolos em planta, na direcção longitudinal e transversal e ainda os desenhos da secção transversal da estrutura são obviamente importantes. Têm sido feitas até à data, diferentes propostas em diversas publicações no sentido de universalizar e normalizar esta simbologia. Actualmente a simbologia adoptada segue as normas nacionais e internacionais aplicáveis, sendo que a nível europeu é considerada a norma EN 1337, que ilustra os símbolos dos aparelhos de apoio numa tabela consideravelmente extensiva, presente na parte 1 da referida norma. Esta tabela, não inclui apenas os símbolos em planta, geralmente mais utilizados e conhecidos, mas também os símbolos usados em projecções assumindo que esses símbolos serão uma ferramenta útil para compreensão e comunicação. Os símbolos são definidos tendo em conta o tipo de aparelho de apoio e os movimentos relativos considerados (deslocamentos e rotações) nas várias direcções. Os quadros apresentados de seguida demonstram as simbologias aplicáveis aos tipos de aparelhos de apoio mais comuns.

Vista tridimensional 	Símbolo da vista em planta	Símbolo na direcção		Tipo de Aparelho de Apoio
		x	y	
				Aparelhos de Apoio de panela
				Aparelhos de Apoio de panela com uma parte móvel deslizante unidireccional
				Aparelhos de Apoio de panela com uma parte móvel deslizante multidireccional


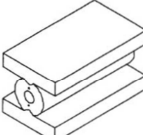



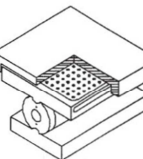


Quadro 3. Simbologia usada para aparelhos de apoio de panela

Vista Tridimensional 	Símbolo da vista em planta	Símbolo na direcção		Tipo de Aparelho de Apoio
		x	y	
				AA esféricos de rotação com restrição de deslocamentos em ambas as direcções
				AA esféricos de rotação com restrição de deslocamentos em ambas as direcções
				AA esférico com uma parte móvel deslizante unidireccional (guia exterior)
				AA esférico com uma parte móvel deslizante unidireccional (guia interior)
				AA esférico com uma parte móvel deslizante multidireccional


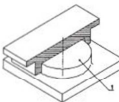



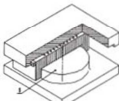


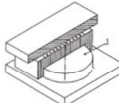

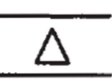
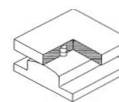


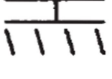
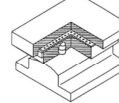


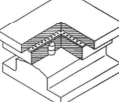


Quadro 4. Símbolos aplicáveis a aparelhos de apoio esféricos

Vista tridimensional 	Símbolo da vista em planta	Símbolo na direcção		Tipo de Aparelho de Apoio
		x	y	
				Aparelho de Apoio Elastomérico
				Aparelho de Apoio Elastomérico bloqueado para um eixo
				AA Elastomérico com uma parte móvel deslizante unidireccional e bloqueado nos outros eixos
				AA Elastomérico com uma parte móvel deslizante multidireccional
				AA Elastomérico com uma parte móvel deslizante unidireccional
				AA Elastomérico com dispositivos de segurança para dois eixos
				AA Elastomérico com uma parte móvel deslizante unidireccional e bloqueado para dois eixos
				AA Elastomérico com uma parte móvel deslizante multidireccional e bloqueado para dois eixos


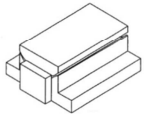



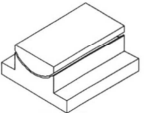



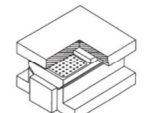


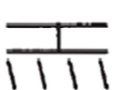
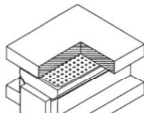


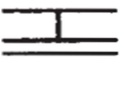
Quadro 5. Simbologias aplicáveis a aparelhos de apoio de elastómero

Vista tridimensional 	Símbolo da vista em planta	Símbolo na direcção		Tipo de Aparelho de Apoio
		x	y	
				AA de roletes únicos
				AA de roletes únicos com uma parte móvel na outra direcção


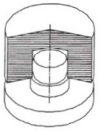



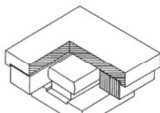



Quadro 6. *Símbologia de aparelhos de apoio de rolos ou roletes*

Vista tridimensional 	Símbolo da vista em planta	Símbolo na direcção		Tipo de Aparelho de Apoio
		x	y	
				AA metálico oscilante com contacto pontual
				AA metálico oscilante com contacto pontual e uma parte móvel deslizante unidireccional
				AA metálico oscilante com contacto pontual e uma parte móvel deslizante multidireccional
				AA metálico oscilante com contacto linear
				AA metálico oscilante com contacto linear com uma parte móvel deslizante unidireccional
				AA metálico oscilante com contacto linear com uma parte móvel deslizante multidireccional

Quadro 7. *Símbolos utilizados em aparelhos de apoio oscilantes ou de pêndulo*

Vista tridimensional 	Símbolo da vista em planta	Símbolo na direcção		Tipo de Aparelho de Apoio
		x	y	
				AA cilíndrico fixo
				AA cilíndrico móvel guiado na direcção y
				AA cilíndrico móvel guiado na direcção x
				AA cilíndrico livre (móvel nas direcções x e y)

Quadro 8. Símbolos usados em aparelhos de apoio cilíndricos

Vista tridimensional 	Símbolo da vista em planta	Símbolo na direcção		Tipo de Aparelho de Apoio
		x	y	
				AA guiado bloqueado para dois eixos
				AA guiado bloqueado para um eixo

Quadro 9. Símbolos de AA guiados ou bloqueados

Capítulo 3. Tipologia dos Aparelhos de Apoio

3.1. Classificação dos Aparelhos de Apoio a nível Nacional e Internacional

Desde os primeiros aparelhos de apoio utilizados em Obras de Arte até hoje, a tecnologia existente neste ramo apresenta uma tipologia variada, que pode ser agrupada de acordo com os materiais que compõem os aparelhos de apoio ou em função dos movimentos permitidos por cada um, nas várias direcções consideradas, ou seja, o seu grau de liberdade. São possíveis seis graus de liberdade em qualquer apoio, três dos quais são translações nas direcções x, y e z, sendo os restantes as rotações em torno desses três eixos.

Alguns tipos de aparelhos de apoio, pela sua inadequabilidade ou pelo desuso de determinados materiais com características desfavoráveis para os elementos estruturais, estão evidentemente desactualizados e a sua produção foi descontinuada, logo não existe nenhuma classificação estabelecida para eles. Ao longo dos anos, com o crescente processo evolutivo destes equipamentos aplicados nas Pontes, foram desenvolvidos vários estudos, a nível internacional, com o objectivo de instituir um sistema classificativo para os diversos tipos de aparelhos, facilitando dessa forma a comunicação e compreensão por parte de todos os intervenientes deste tipo de obras, tanto na fase de projecto como no processo de execução. A par destes estudos foram estabelecidas algumas normas que possibilitam uma classificação universal para estes elementos localizados entre a infraestrutura e superestrutura. Num aspecto geral, todas as normas existentes internacionalmente possuem sistemas classificativos para os aparelhos de apoio baseados nos materiais constituintes e no seu grau de liberdade (no que diz respeito aos movimentos relativos permitidos: deslocamentos e rotações). Comumente, a nível internacional, é feita a classificação dos seguintes tipos de aparelhos de apoio estruturais: aparelhos de apoio metálicos, articulações de betão, aparelhos de apoio de elastómero, aparelhos de apoio de tracção e aparelhos de apoio tipo “pote” ou “panela”. A norma europeia aplicável para os aparelhos de apoio, EN 1337, estabelece uma classificação tendo em conta a forma como eles acomodam os movimentos.

A nível nacional não se encontra actualmente nenhuma regulamentação aplicável no sentido de classificar claramente os diferentes tipos de aparelhos de apoio, sendo utilizada a norma europeia em vigor.

3.2. Classificação segundo a norma EN 1337

Para corresponder à necessidade de normalizar uma classificação inequívoca dos aparelhos de apoio foi criada uma norma europeia, constituída por onze partes, que transmitem toda a informação no âmbito destes elementos estruturais. Destas partes, somente a parte 9 tem tradução portuguesa que corresponde à NP EN 1337-9. Tratando-se de uma norma de produto, introduz para os aparelhos de apoio, a nível europeu, um conjunto de regras, critérios, exigências e requisitos, provocando ainda a normalização da sua concepção, transporte, armazenamento e inspecção.

Conforme já foi referido anteriormente, esta norma concebida gradualmente a partir de 1997, contém 11 partes relevantes com as seguintes designações:

- EN 1337-1: Regras gerais de projecto (publicada em 2000)
- EN 1337-2: Elementos Deslizantes (revisão em 2004)
- EN 1337-3: Aparelhos de Apoio de Elastómero (2005)
- EN 1337-4: Aparelhos de Apoio de rolo ou roletes (2004)
- EN 1337-5: Aparelhos de Apoio Pote (2005)
- EN 1337-6: Aparelhos de Apoio de pêndulo ou balanceiro
- EN 1337-7: Aparelhos de Apoio de calote esférica ou cilíndrica
- EN 1337-8: Aparelhos de Apoio guiados e bloqueados
- EN 1337-9: Protecção (aprovada em 2000)
- EN 1337-10: Inspeção e manutenção (2003)
- EN 1337-11: Transporte, armazenamento e instalação (publicada em 1997).

A classificação da tipologia de apoios encontra-se na parte 1 da presente norma, e estabelece quatro categorias principais, caracterizadas pela maneira com que o aparelho permite os deslocamentos. Em cada uma destas categorias são referidos os vários exemplos de aparelhos de apoio existentes que se enquadram no movimento descrito.

Assim sendo, apresenta-se de seguida um quadro resumo onde se pode observar com clareza, o sistema classificativo utilizado.

Classificação da Tipologia de Aparelhos de Apoio em Obras de Arte		
Categoria	Designação da forma de movimento	Tipos de Aparelhos de Apoio
Categoria 1	Aparelhos de Apoio de Rotação completa	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aparelhos de Apoio em Neoprene Cintado ➤ Aparelhos de Apoio “pote”/”panela” ➤ Aparelhos de Apoio esféricos ➤ Aparelhos de Apoio oscilantes com contacto pontual ➤ Aparelhos de Apoio lineares guiados com bloqueamento
Categoria 2	Aparelhos de Apoio de Rotação Axial	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aparelhos de Apoio de pêndulo ➤ Aparelhos de Apoio de rolete simples ➤ Aparelhos de Apoio cilíndricos guiados segundo uma direcção, ou ambas (longitudinal e transversal)
Categoria 3	Aparelhos de Apoio Esféricos e Cilíndricos com uma superfície de deslizamento curva	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aparelhos de Apoio esféricos fixos ou com elementos de deslizamento numa só direcção ➤ Aparelhos de Apoio cilíndricos fixos ou guiados na direcção transversal
Categoria 4	Restantes Aparelhos de Apoio	Todos os que não foram referidos nas outras categorias

Quadro 10. Classificação Aparelhos de Apoio pela norma EN 1337

De acordo com o documento normativo em questão, os tipos de aparelhos de apoio mais comuns encontram-se listados na tabela 1 (ver anexo), que fornece informações imprescindíveis para a caracterização dos referidos apoios, apresentando as suas respectivas simbologias, reacções e movimentos relativos. Estes movimentos podem ser de dois tipos: deslocamentos e rotações. Os deslocamentos são considerados para as direcções horizontais x e y que são respectivamente as direcções longitudinal e transversal do aparelho de apoio e para a direcção vertical z. Por sua vez, as rotações são definidas em torno desses eixos coordenados, x, y e z. Para as várias tipologias de

aparelhos de apoio são definidos os deslocamentos permitidos e a forma com que é efectuado. O deslocamento do AA pode ser feito por deslizamento, deformação, deslizamento e deformação, rolamento, em situações em que este não é impedido. No caso do movimento de rotação, este pode ser realizado também de diferentes modos, através da deformação, deslizamento ou oscilação (tipo pêndulo).

3.3. Classificação consoante os deslocamentos permitidos

Tal como já foi referido anteriormente, os aparelhos de apoio podem ser classificados consoante os deslocamentos permitidos, sendo atribuído diferentes graus de liberdade aos apoios. Desta forma, podemos distinguir nas várias tipologias existentes, os apoios que não permitem nenhum movimento horizontal, nem no sentido longitudinal, nem no sentido transversal, designados por aparelhos de apoio fixos. Quando o AA permite deslocamentos apenas numa direcção, geralmente na direcção longitudinal da Obra de Arte, tomam o nome de AA móveis unidireccionais. Existem ainda AA móveis multidireccionais que como o nome indica move-se em duas direcções, na direcção longitudinal e transversal.

3.4. Articulações de betão

As articulações de betão são muitas vezes consideradas um tipo de aparelho de apoio usado em pontes, embora não exista uma separação da superestrutura e infraestrutura, uma vez que proporcionam uma descontinuidade entre estas duas partes estruturais, garantindo a transferência de cargas entre os elementos contíguos da estrutura. Geralmente as articulações ou aparelhos de apoio de betão são aplicáveis em Obras de Arte construídas com o mesmo material, considerando-se que este facto aliado à sua construção juntamente com a estrutura contribui para que garantam uma resistência a solicitações superior aos aparelhos de apoio metálicos. Com a vantagem da sua simplicidade e baixo custo, revelam ser soluções bastante satisfatórias para pontes de betão. Contudo, os únicos movimentos relativos permitidos são as rotações da estrutura através de movimentos oscilantes ou pendulares. Actualmente estes elementos estruturais já entraram em desuso devido à sua fragilidade e impossibilidade de substituição.

Embora não exista nenhuma regulamentação em vigor para estes elementos e já não sejam aplicados em pontes recentes, considera-se relevante para o estudo da tipologia dos aparelhos de apoio presente neste trabalho, pois apresenta características similares e bastante importantes, essencialmente para uma melhor compreensão do comportamento estrutural das pontes existentes.

As variadas Obras de Arte onde se encontram este tipo de apoio ou articulação de betão demonstram que estas possuem características diferentes, podendo ser distinguidas umas das outras. Assim, os aparelhos deste tipo podem ser divididos em quatro tipos:

- Articulação/Apoio de contacto de superfície;
- Articulação/Apoio Mesnager;
- Articulação/Apoio Freyssinet;
- Pêndulo de Betão.

O primeiro tipo de articulação, representado na figura que se segue, é do tipo fixo e é composto por duas superfícies cilíndricas, uma delas é convexa e a outra côncava e de raio superior. É extremamente importante que o acabamento das duas superfícies de contacto seja cuidado, com a finalidade de proporcionar a adequada distribuição de tensões. Para esse efeito, as soluções mais usuais aplicadas consistem em: intercalar entre as superfícies uma chapa de chumbo de alguns milímetros ou revestir ambas as superfícies com chapas de aço finas.

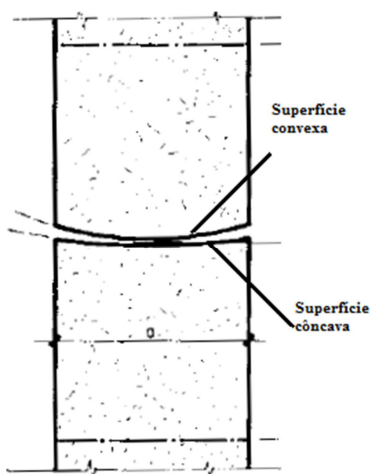


Figura 11. Articulação de contacto de superfície, Fonte: El Debs e Takeya (2009), citado de [6]

Augustin Mesnager, engenheiro civil do ramo de vias de comunicação, inventou este tipo de articulação em meados de 1907. É constituída por barras de aço que cruzam em x numa secção de betão armado estreita, como se pode observar na figura seguinte. A resistência é aplicada apenas à barra, excluindo o núcleo de betão. A parte mais estreita tem a função de proteger as armaduras que são dimensionadas para resistir a todas as reacções transmitidas.

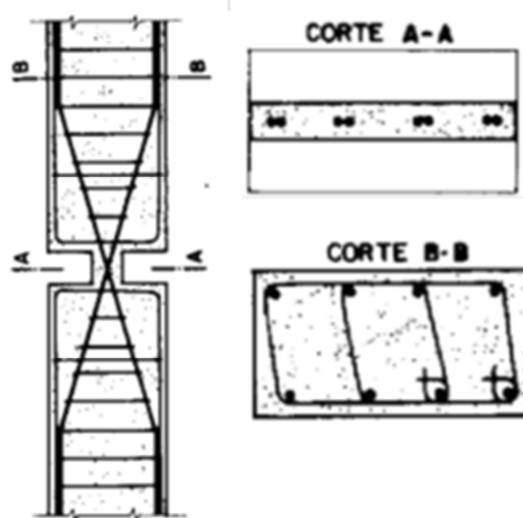


Figura 12. Exemplo do Desenho de uma Articulação Mesnager, Fonte: El Debs e Takeya (2009), citado de [6]

No caso da articulação/apoio Freyssinet, esta é obtida de forma semelhante à anterior, ou seja, pelo encurtamento da secção de betão, no entanto, a parte estreita de betão é que resiste à reacção transmitida, ficando sujeita ao efeito de corte provocado pelo alargamento das secções adjacentes. Desta forma é criado um estado duplo de tensões que possibilita o aumento do valor das tensões de compressão axial para além do valor normal da resistência à compressão do betão. É aconselhável, no caso da recção horizontal ser superior a um oitavo da recção vertical ou na presença de trações na secção estreita de betão, a colocação de armadura na referida secção. Por último, os pêndulos de betão são elementos ligados à superestrutura e à infraestrutura através de uma das três articulações descritas anteriormente, ou por meio de placas de chumbo ou de elastómero.

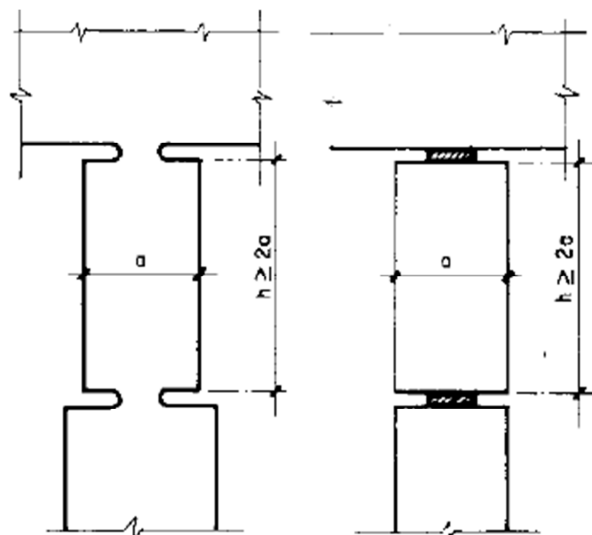


Figura 13. Articulação Freyssinet (à esquerda) e Pêndulo de Betão com placas de chumbo (à direita), Fonte: El Debs e Takeya (2009), citado de [6]

3.5. Aparelhos de Apoio Metálicos

O material que constitui esta tipologia de aparelhos de apoio, o aço, desempenha um papel muito preponderante na construção, pelas características e propriedades intrínsecas que apresenta tais como a resistência elevada e a ductilidade², e ainda pela sua aplicabilidade diversificada. A ligação entre peças metálicas é perfeitamente conseguida através de soldadura, colagem, vulcanização e ligações aparafusadas. Estas ligações são também possibilitadas entre o aço e outros materiais diferenciados, tais como o betão e a borracha natural, por exemplo. No domínio das Obras de Arte, considera-se que o aço é um dos materiais mais utilizados, quer seja na concepção geral da ponte ou apenas de alguns elementos, entre eles os aparelhos de apoio. Estes apoios metálicos podem apresentar características distintas no que respeita à sua geometria e deslocamentos permitidos, sendo considerados os seguintes tipos de AA de aço, em conformidade com a norma EN 1337, parte 2:

- AA de rolo ou rolete;
- AA oscilante ou do tipo pêndulo;
- AA esférico ou cilíndrico;

² Entende-se como ductilidade a característica que um determinado material possui, demonstrada através da sua capacidade de deformação sem rotura, para além do limite elástico do material. O aço é o exemplo típico de um material dúctil, ao contrário do betão que não apresenta ductilidade, sendo considerado um material frágil.

- AA Lineares fixos, móveis unidireccionais ou multidireccionais.

As figuras apresentadas de seguida são exemplificativas dos vários aparelhos de apoio deste tipo existentes.

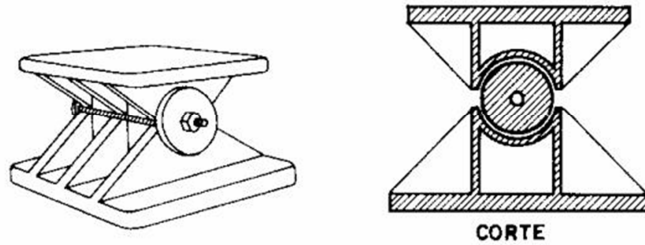


Figura 14. *Aparelho de Apoio de rolo ou roletes [7]*

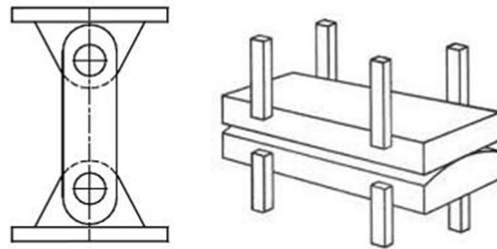


Figura 15. *Aparelhos de Apoio Oscilantes (tipo pêndulo) [7]*



Figura 16. *Aparelho de Apoio Esférico (à esq.) e cilíndrico (à dta)*

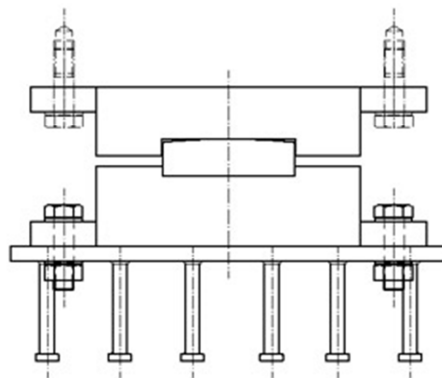
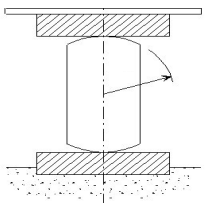

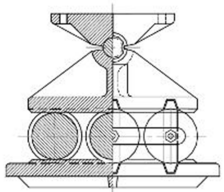
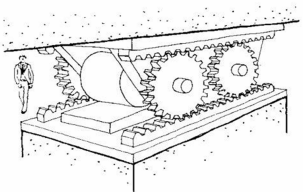


Figura 17. *Aparelho de Apoio Linear*

Para além dos regulamentados, poderá distinguir-se ainda as articulações metálicas, usualmente aplicadas, que embora não possuam legislação em vigor, são igualmente importantes neste estudo.

3.5.1 Aparelhos de Apoio de rolo ou rolete

Os aparelhos de apoio de aço podem ser combinados com chapas e um rolo ou rolete, ou até mesmo um conjunto de roletes. Estes são designados por aparelhos de apoio de rolo ou rolete e são compostos por um único rolo ou por um conjunto deles que rodam sobre uma superfície plana. Neste tipo de AA, os movimentos relativos admitidos são apenas os deslocamentos, isto é, os movimentos de translação, considerando-se que as rotações existentes são diminutas. A parte relevante da norma aplicável a estes aparelhos de apoio é a parte 4, EN 1337-4. Esta parte especifica os requisitos de projecto e fabrico de AA de rolos únicos ou múltiplos, em que o eixo de deslocamento é horizontal. Quando é pretendido acomodar deslocamentos no sentido paralelo ao eixo de rolamento, estes aparelhos de apoio podem ser combinados com elementos deslizantes, definidos na parte 2 da referida norma. Para permitir rotações em torno do eixo perpendicular ao eixo de rolamento, os AA podem ser acoplados com outros abrangidos por esta norma. Dentro desta tipologia, as características que diferem todos estes apoios, conduzem à sua subdivisão, sendo considerados os seguintes tipos, apresentados no quadro que se segue:

Aparelhos de Apoio de Rolo ou Rolete			
AA de rolo com lados planos	AA de rolete único	AA de roletes múltiplos	AA de rolo com dentes de guiamento
			

Quadro 11. Tipos de aparelhos de apoio de rolo ou roletes [7]

3.5.2 Aparelhos de Apoio Oscilantes

Os aparelhos de apoio deste tipo são caracterizados pelo seu movimento oscilante ou pendular e encontram-se regulamentados pela parte 6 da EN 1337. Quando se pretende proporcionar o deslocamento nestes aparelhos, eles podem ser acoplados com outros elementos tais como roletes, guias e batentes. Existem dois tipos principais de AA oscilantes com características distintas: os aparelhos de apoio oscilantes com contacto pontual e os aparelhos de apoio oscilantes com contacto linear. Os primeiros são constituídos por uma superfície superior esférica convexa e por uma superfície inferior plana ou esférica côncava de raio elevado, tal como é exemplificado na figura que se segue.

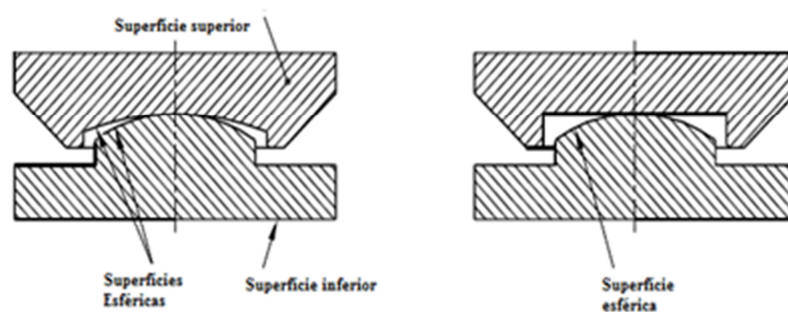


Figura 18. *Aparelho de Apoio oscilante com contacto pontual*

Dependendo de cada caso em particular pode ser considerada a hipótese de instalação invertida. No que diz respeito aos AA pendulares com contacto linear, estes são compostos por uma superfície cilíndrica que roda sobre uma placa plana.

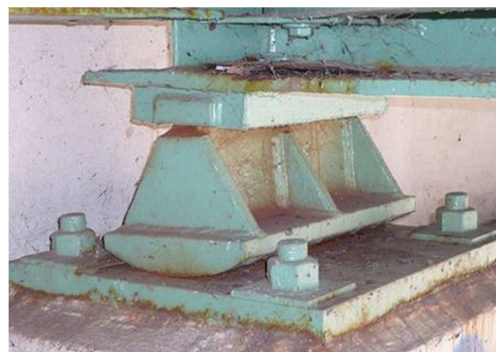


Figura 19. *Aparelho de Apoio oscilante com contacto linear*

Ambos podem ser fixos ou móveis numa direcção (unidireccionais) ou ainda móveis em todas as direcções (multidireccionais). A mobilidade dos apoios é fornecida através da combinação com elementos deslizantes como guias, em concordância com o

descrito na EN-1337-2. Apresentam a vantagem de permitir rotações elevadas em torno dos três eixos, contudo a sua concepção encontra-se actualmente descontinuada devido a algumas características desfavoráveis quando comparadas com outros tipos de AA, como por exemplo o custo de fabrico que é muito superior ao custo dos AA de neoprene. O quadro que se segue descreve de forma resumida as características dos AA de pêndulo, classificados segundo os deslocamentos permitidos:

Aparelhos de Apoio Oscilantes		
Fixos	Unidireccionais	Multidireccionais
<ul style="list-style-type: none"> • Não permite deslocamentos segundo a direcção longitudinal e transversal • Deslocamentos verticais diminutos • Rotações e deformações em torno dos três eixos (x,y,z) • Transmissão de esforços normais na vertical e de esforços horizontais no sentido longitudinal e transversal 	<ul style="list-style-type: none"> • Deslocamentos horizontais apenas no sentido longitudinal • Rotações e deformações sobre os três eixos • Transmitem as forças verticais e horizontais segundo a direcção transversal 	<ul style="list-style-type: none"> • Deslocamentos horizontais segundo a direcção longitudinal e transversal • Rotações e deformações sobre os três eixos • Transmite apenas o esforço normal segundo o eixo vertical z

Quadro 12. Características dos vários AA do tipo Os

3.5.3 Aparelhos de Apoio cilíndricos ou esféricos com PTFE

A norma europeia EN 1337, parte 7, define os requisitos de projecto e manufactura de aparelhos de apoio esféricos ou cilíndricos comportando PTFE. A constituição desta tipologia de aparelhos de apoio é uma superfície superior esférica ou cilíndrica convexa revestida com uma camada de PTFE, de nome comercial Teflon, e uma superfície inferior congruente côncava revestida com o mesmo material, resultando num contacto total entre superfícies.



Figura 20. Exemplo de um Aparelho de Apoio Esférico [8]

Também estes podem ser usados em conjunto com elementos de deslizamento planos ou guias formando AA guiados (unidireccionais) ou livres (multidireccionais). São ainda usados combinados com um anel de bloqueamento, sendo designados por AA fixos. O quadro de seguida mostra as características essenciais de cada um:

Aparelhos de Apoio Esféricos ou Cilíndricos comportando PTFE		
Fixos	Unidireccionais	Multidireccionais
<ul style="list-style-type: none"> • Não permitem deslocamentos horizontais • Deslocamentos verticais reduzidos • Rotações e Deformações em torno dos três eixos • Transmitem os esforços normais na vertical e os esforços horizontais nas direcções: longitudinal e transversal 	<ul style="list-style-type: none"> • Deslocamentos bloqueados num dos eixos, ou longitudinal ou transversal • Rotações e Deformações em torno dos três eixos • Transmitem os esforços normais na vertical e os esforços horizontais na direcção transversal 	<ul style="list-style-type: none"> • Deslocamentos horizontais em ambas as direcções, longitudinal e transversal • Rotações e Deformações em torno dos três eixos • Transmitem apenas os esforços normais na vertical

Quadro 13. Características dos diferentes AA do tipo EC

3.5.4 Aparelhos de Apoio Lineares com guia ou bloqueio

Os aparelhos de apoio lineares utilizam superfícies planas para assegurar os movimentos de translação. Estes podem dividir-se em dois tipos: aparelhos de apoio guiados e AA bloqueados. Os apoios guiados só permitem deslocamentos horizontais numa só direcção, a direcção da guia, acomodam rotações e não transmitem cargas verticais. Por outro lado, os apoios bloqueados são aparelhos que não possibilitam os movimentos horizontais contudo permitem as rotações nesse plano. Também estes não se encontram equipados para efectuar a transmissão de cargas verticais.

A incorporação de neopreno e PTFE em AA metálicos lineares pode ser implementada, originando outro subtipo de aparelho de apoio linear, de características similares aos guiados. Este tipo de apoio encontra-se regulamentado na oitava parte da EN 1337.

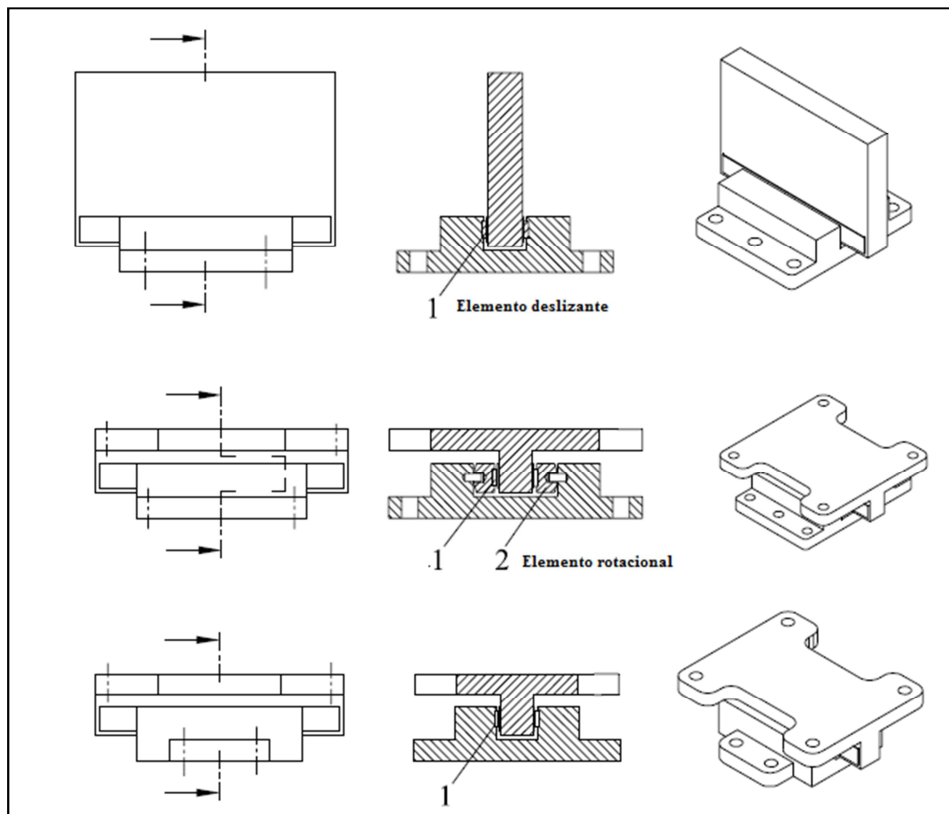


Figura 21. Exemplos de Aparelhos de Apoio Lineares com guia ou bloqueio

(Fonte: EN1337-8)

Este tipo de Apoios são compostos por uma chapa que é parte integrante do próprio AA, formando o suporte principal no qual as guias e/ou bloqueamentos são ligados, e por elementos de deslizamento que podem ser superfícies planas ou curvas (em

concordância com EN 1337-2) e/ou elementos rotacionais que transmitem forças específicas e permite rotações sobre pelo menos um eixo. Poderá ainda possuir, opcionalmente, uma chapa de ancoragem posicionada entre a chapa do AA e a estrutura principal da Obra de Arte, normalmente ligada de forma permanente, que é fornecida com o objectivo da fácil substituição do aparelho de apoio, e também uma chapa de acondicionamento ligada entre a chapa de apoio e de ancoragem para o ajuste da altura total do apoio.

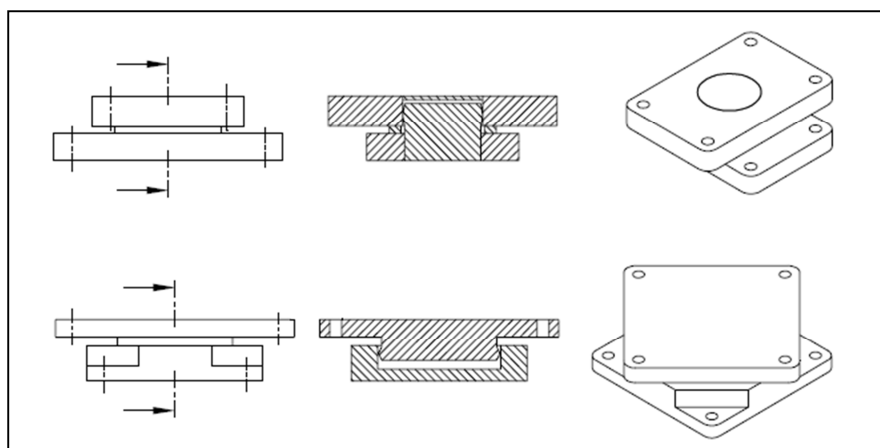


Figura 22. *Aparelhos de Apoio Bloqueados (Fonte: EN 1337-8)*

3.5.5 **Aparelhos de Apoio de Rótula ou Articulações Metálicas**

A aplicação das articulações metálicas nos dias actuais não é muito usual, não existindo nenhuma norma que estabeleça requisitos técnicos para elas. Contudo, é importante salientar a importância destes aparelhos de apoio de rótula, uma vez que foi uma tecnologia de grande sucesso nas pontes e viadutos onde foram aplicados, e muitos deles ainda hoje se encontram num estado de conservação considerado aceitável, sem comprometer a estabilidade destas estruturas.

Tomam a designação inglesa de “Knuckles”, são projectados individualmente e encontram-se ancorados à estrutura, sendo portanto fixos, ou seja, os movimento de translação não são permitidos e as rotações são efectuadas como uma rótula. Têm como principal objectivo resistir a cargas horizontais elevadas, a oscilações provocadas por forças verticais significativas e quando são exigidas rotações apreciáveis.

Em casos onde é pretendido deslocamento e rotações, as articulações são geralmente acopladas a aparelhos de apoio de roletes de modo a garantir a possibilidade de translações.



Figura 23. Aparelho de Apoio de rótula [5]

3.5.6 Aparelhos de Apoio especiais de grandes dimensões

Estes aparelhos de apoio não são usados com grande frequência, são apenas utilizados em situações particulares extremas como por exemplo Obras de Arte com grandes vãos, superiores aos valores de projecto recomendáveis, ou ainda nos casos em que as cargas a considerar em projecto assumem valores significativos, que por serem bastante elevados conduzem a medidas especiais de concepção da ponte ou viaduto. Como tal, o seu projecto e execução/fabrico é estudado caso a caso e é unicamente considerado para pontes de grande envergadura com necessidades de dimensionamento especial. Relativamente à sua constituição, tal como já foi referido, difere caso a caso consoante as especificações de projecto, sendo usualmente aplicados aparelhos de apoio bi-articulados ou tipo panela, que permitem rotações elevadas.



Figura 24. Aparelho de Apoio especial de grandes dimensões [9]

3.6. Aparelhos de Apoio de elastómero

Os aparelhos de apoio de elastómero ou elastoméricos, também conhecidos pela designação comercial de aparelhos de neoprene, são compostos por um bloco de elastómero que pode ser reforçado ou não com uma ou mais chapas de aço que são incorporadas no elastómero. Nos casos em que existe o referido reforço, tomam o nome de AA de neoprene cintado.

O elastómero é um material polímero macromolecular feito à base de borracha, que possui a capacidade de recuperar as suas formas e dimensões iniciais quando é submetido a deformação substancial causada por uma tensão ou libertação de tensão, e por esse motivo esta tipologia de AA pode tomar ainda o nome de aparelhos de apoio deformáveis. Podem permitir a deformação elástica do apoio através da transmissão de forças horizontais, movimentos horizontais, rotação da estrutura em qualquer direcção e ainda a transmissão de forças horizontais. Apenas é aceitável que os AA deste tipo sejam utilizados em pontes quando são empregues elastómeros com uma grande durabilidade como a borracha natural ou sintética.

A cintagem aplicada para estes apoios é alcançada através da incorporação de chapas de aço de espessura muito reduzida que são ligadas à borracha através da vulcanização. A necessidade de conferir ao AA uma maior resistência às cargas elevadas a que é sujeito, em simultâneo com uma diminuição da sua deformação axial conduziu à utilização cada vez mais frequente dos aparelhos de apoio de neoprene cintado também chamados de “Aparelhos de Apoio Elastoméricos Laminados” em substituição dos de neoprene simples.

Os apoios compostos por almofadas de neoprene podem subdividir-se em AA de neoprene simples ou cintados. No caso destes últimos distinguem-se também mais três subtipos, consoante os dispositivos que são acoplados:

- AA de neoprene cintado com superfície de deslizamento aço-teflon;
- AA de neoprene cintado com dispositivo de ancoragem ao betão;
- AA de neoprene cintado com dispositivo de bloqueamento de deslocamentos transversais.

Considerando que os deslocamentos a suportar pelo AA são moderados, então estes podem ser absorvidos por distorção do neoprene, no entanto, se tal não é possível, surge a necessidade de introduzir na superfície superior do aparelho de apoio uma lâmina de Teflon. O Teflon (PTFE) possui uma elevada resistência mecânica e química que, quando está em contacto com o aço, desenvolve um atrito extremamente baixo, assumindo valores dentro do intervalo de 0,02 a 0,03. Quando as cargas verticais mínimas consideradas para os AA não garantem a aderência suficiente entre o bloco de neoprene cintado e as superfícies de betão adjacentes, devem ser adoptados dispositivos de ancoragem para os aparelhos.

Actualmente existe disponível no mercado diversas soluções apropriadas com diferentes configurações, considerando a variedade dos métodos de construção das estruturas e as tensões transmitidas pelos aparelhos de apoio. As figuras apresentadas de seguida são representativas de alguns tipos de AA comercializados.

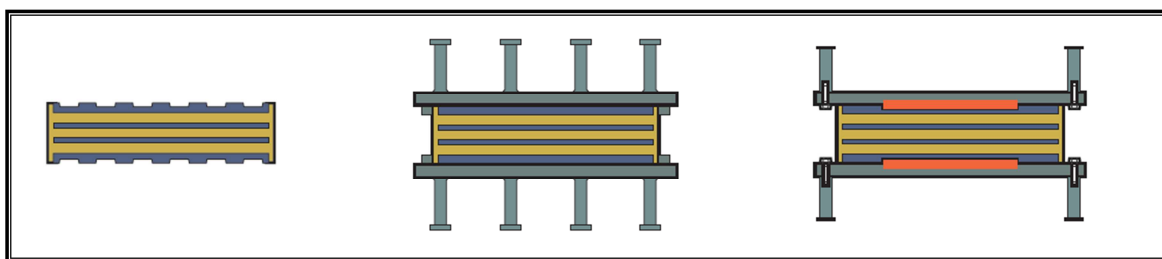


Figura 25. AA equipados com chapas exteriores onduladas (à esq.), AA com chapas exteriores de ancoragem e dispositivos de ligação (no meio) e AA com chapas exteriores de ancoragem e discos de corte (à dta) [10]

3.6.1. Classificação dos AA Elastoméricos

3.6.1.1. Segundo a EN 1337

A EN 1337-3 aplica-se aos aparelhos de apoio elastoméricos com dimensões em planta superiores a (1200×1200) mm, com ou sem dispositivos complementares que ampliam o seu domínio de aplicação, tais como elementos de deslizamento abrangidos pela parte dois da referida norma. O quadro que se segue exemplifica os tipos de aparelhos de apoio regulamentados, a designação atribuída a cada um deles e ainda o desenho ilustrativo das respectivas secções transversais, em concordância com a EN 1337-3. Os aparelhos de apoio deste tipo mais comuns são moldados individualmente e

as lâminas de aço de reforço são incorporadas no elastômero com no mínimo 4 mm de cobertura lateral e aproximadamente 2,5 mm nas camadas exteriores (no caso do tipo B) com exceção da espessura das chapas exteriores do AA (no tipo C). Estes podem variar em termos de forma da secção transversal: podem ser rectangulares, quadrangulares ou ainda circulares e têm a possibilidade de ser providos de furos para a passagem de materiais específicos como a barra transversal de ancoragem, para a colocação de material de amortecimento ou ainda para a redução da rigidez vertical.

	Designação	Representação secção transversal
A	AA de Neoprene Cintado totalmente coberto de elastómero contendo apenas uma lâmina de aço	
B	AA de Neoprene Cintado totalmente coberto de elastómero contendo duas ou mais lâminas de aço	
C	AA de Neoprene cintado com chapas de aço exteriores (perfiladas ou permitindo fixação)	
D	AA do tipo B com uma folha de PTFE colada ao elastómero	
E	AA do tipo C com uma chapa de aço exterior colada ao elastómero e uma folha de PTFE incorporada no aço	
F	AA de Neoprene Simples	

Quadro 14. Tipos de Aparelhos de Apoio Elastoméricos (Fonte:EN 1337-3)

3.6.1.2. Segundo o deslocamento permitido

A subdivisão da tipologia de apoio de elastómero não é feita apenas consoante as características e concepções diferenciadas de cada AA, mas também de acordo com o deslocamento que permitem. Desta forma distinguem-se três subtipos: os AA Simples de Neoprene Cintado, os AA de Neoprene cintado fixos ou bloqueados e os AA de Neoprene cintado com superfícies de guiamento.

3.6.1.2.1. Aparelhos de Apoio simples de neoprene cintado

Fazem parte deste tipo os AA constituídos apenas por um bloco de elastómero reforçado, sem quaisquer dispositivos adicionais como superfícies de deslizamento ou bloqueamento. Estes podem ser munidos de chapas de aço exteriores, coladas ao elastómero, para garantir uma ligação perfeita às mesas de assentamento, podendo ser fixados à estrutura por meio de colagem ou ancoragem através de pinos ou parafusos.

As características que assumem em termos de movimentos permitidos e forças consideradas são:

- Deslocamentos permitidos no sentido longitudinal e transversal;
- Deslocamentos segundo o eixo vertical reduzidos;
- Forças horizontais segundo a direcção longitudinal e transversal;
- Esforço normal;
- Não transmite quaisquer momentos.



Figura 26. Exemplo de AA simples de Neoprene Cintado

3.6.1.2.2. Aparelhos de Apoio de neoprene cintado fixos ou bloqueados

Existem também AA de neoprene cintado dotados de dispositivos de bloqueamento que impedem os deslocamentos horizontais (são fixos), contudo possuem a capacidade de rotação. São compostos por chapas de ancoragem exteriores, superiores e inferiores, de dimensões superiores ao bloco de elastómero que possui um batente ou dente na chapa inferior que, ao engrenar na chapa superior, permite efectuar o bloqueamento dos movimentos de translação.

Para caracterizar esta tipologia de AA consoante os deslocamentos permitidos, considera-se o seguinte funcionamento:

- Deslocamentos horizontais (longitudinais e transversais) bloqueados;
- Deslocamentos na direcção vertical muito reduzidos;
- Permitem rotações (por deformação do AA) em torno dos três eixos;
- As forças horizontais (longitudinais e transversais) correspondem às reacções de bloqueamento;
- Transmitem esforço normal;
- Não transmitem momentos.

3.6.1.2.3. Aparelhos de Apoio de neoprene cintado com superfícies de deslizamento com ou sem guia

Quando se pretende o livre deslocamento horizontal do AA ou o deslocamento apenas numa das direcções, longitudinal ou transversal, são acopladas superfícies de deslizamento e de guiamento. Usualmente são utilizadas folhas de PTFE coladas ao neoprene cintado que possibilitam deslocamentos consideráveis e superfícies metálicas inferiores e superiores. Estas últimas podem possuir guiamento, permitindo deslocamentos apenas numa das direcções horizontais (unidireccionais), ou, por outro lado, podem não ser providas de sistema de guiamento, permitindo os movimentos em ambas as direcções (multidireccionais).

Os movimentos que representam e definem este tipo de apoio são:

- Deslocamentos na direcção longitudinal permitidos, através de deslizamento e deformação;
- Deslocamentos na direcção transversal impedidos (apoios unidireccionais);
- Deslocamentos na direcção transversal permitidos (apoio multidireccionais), sob a forma de deslizamento e/ou deformação;
- Deslocamentos verticais baixos;
- Rotações permitidas em torno dos três eixos considerados;
- Força na direcção transversal igual à reacção de bloqueamento e força horizontal segundo a direcção longitudinal nula (apoios unidireccionais);

- Forças horizontais (longitudinais e transversais) nulas (apoios multidireccionais);
- Transmitem o esforço normal;
- Não transmitem momentos.

3.7. Aparelhos de Apoio com receptáculo (“panela”)

Este tipo de aparelho de apoio, que surge aproximadamente nos anos 50, representa actualmente uma das soluções mais usualmente aplicáveis para AA em Obras de Arte a par com os apoios elastoméricos. São geralmente designados por aparelhos de apoio do tipo panela ou pote (pot-bearings), são também conhecidos por aparelhos em marmita ou apoios com receptáculo.

São constituídos por um cilindro de aço em forma de panela com a forma circular ou rectangular em planta, por um disco de elastómero que é colocado no interior da panela, sobre o qual assenta um pistão em aço que tem a função de “aperto” da camada de elastómero, juntamente com a chapa superior em aço, que funciona como tampa da panela devendo esta ser estanque junto às paredes da panela e confinar o disco de neoprene em todo o seu volume. Geralmente considera-se a utilização de uma junta ou anilha de confinamento, que pode ser integrada no disco de neoprene ou no pistão (consoante o fabricante) evitando-se deste modo eventuais fugas do elastómero.



Figura 27. Exemplo de aparelho de apoio de panela

O confinamento do disco de neoprene, sujeito a uma elevada compressão é comparável a um fluido viscoso numa prensa hidráulica uma vez que o comportamento do elastómero confinado é muito semelhante ao dum líquido, possibilitando ao AA a capacidade de absorver rotações em torno dos eixos horizontais e garantindo uma deformabilidade axial aproximadamente nula. Devido às características intrínsecas deste tipo de AA, é possível distinguir diversas vantagens da sua aplicabilidade em relação a outros tipos de aparelhos de apoio tais como a sua resistência a cargas verticais de pequenas a muito elevadas na ordem dos 75 000 KN (7500 toneladas), a transmissão de forças verticais e horizontais elevadas dentro de pequenas dimensões gerais do apoio, a capacidade de efectuar movimentos de grande amplitude numa ou duas direcções com um coeficiente de atrito muito reduzido, a elevada amplitude de rotação ao longo de qualquer eixo horizontal com resistência a pequenos movimentos e ainda a capacidade de resistir a cargas dinâmicas.

Os aparelhos de apoio com receptáculo são projectados em conformidade com a norma EN 1337, de acordo com a parte 5 que especifica as exigências para o projecto e manufactura de AA pote utilizados para temperaturas de operação entre -40°C e 50°C. São excluídos do âmbito deste documento os AA que são sujeitos a rotações superiores a 0,030 radianos ou AA incorporando almofadas de elastómero com um diâmetro maior que 1500 milímetros. Nas situações em que é pretendido acomodar movimentos de translação, estes dispositivos podem ser combinados com elementos de deslizamento descritos na EN 1337-2. Distinguem-se portanto dois tipos principais de AA, os fixos e os móveis (dotados de superfícies de deslizamento e guias). Nos apoios com liberdade de movimentos, estes podem ser considerados numa ou em ambas as direcções horizontais. Assim os “pot-bearings” são classificados em termos dos movimentos permitidos subdividindo-os em três categorias com características diferenciadas: os AA fixos, unidireccionais e multidireccionais.

3.7.1. Aparelhos de Apoio com receptáculo fixos

Este tipo consiste num simples pote ou panela onde é colocado um disco de elastómero, um pistão e a chapa superior que representa a “tampa” do receptáculo. Tal como o nome indica os apoios fixos não permitem quaisquer movimentos de translação. A figura que se segue representa uma vista e corte do aparelho na direcção longitudinal.

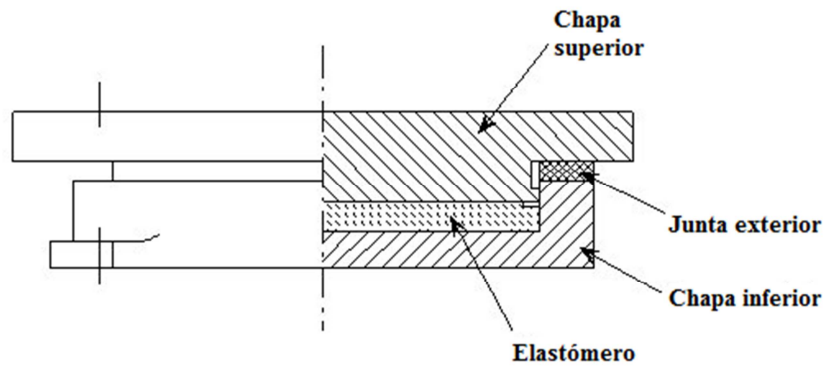


Figura 28. Representação do corte de um AA do tipo panela fixo

Os aparelhos de apoio do tipo panela comportam-se como um ponto de charneira e podem transmitir forças horizontais ao longo de qualquer direcção ou por atrito com a estrutura ou por meio de dispositivos de ancoragem. Em contrapartida possui uma elevada capacidade de rotação em todas as direcções que é alcançada através da distorção do disco de neoprene que se encontra no interior da panela.

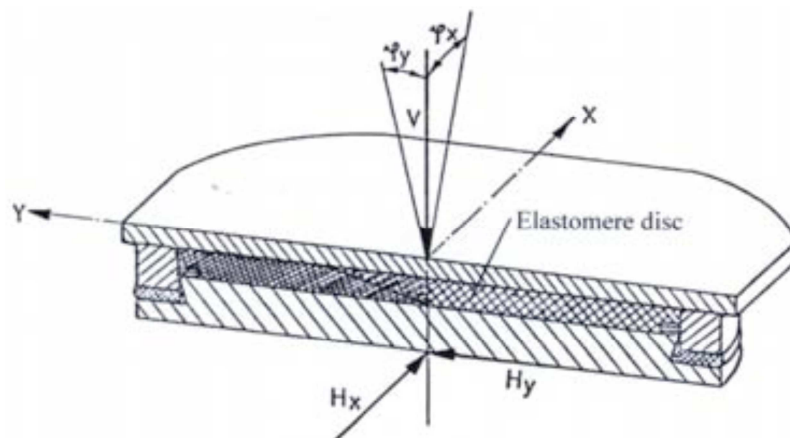


Figura 29. Esquema tridimensional representativo de um apoio pote fixo [6]

As características verificadas neste subtipo de aparelhos panela no que diz respeito aos deslocamentos permitidos e transmissão de forças são mencionadas de seguida:

- Deslocamentos não permitidos em ambas as direcções horizontais (longitudinal e transversal) e reduzidos segundo a direcção vertical;
- As rotações são permitidas em todas as direcções consideradas (x,y,z) e são conseguidas por deformação;

- As forças horizontais são transmitidas segundo as direcções longitudinal e transversal tal como podemos verificar no esquema apresentado na figura acima (H_y e H_x);
- O esforço normal é transmitido segundo o eixo vertical.

3.7.2. Aparelhos de Apoio com receptáculo unidireccionais

Com a finalidade de libertar o movimento de translação numa das direcções, os AA móveis unidireccionais surgem da introdução de uma superfície de deslizamento num apoio de panela do tipo fixo. Este tipo consiste portanto, num aparelho de apoio tipo panela fixo no qual são incorporados quatro componentes essenciais: um disco de PTFE ou teflon, uma superfície de aço inoxidável polida ligada a uma chapa de deslizamento em aço, graxa de lubrificação e um dispositivo de guiamento (guia) que orienta o movimento do AA na direcção de deslocamento libertada, permitindo os movimentos apenas na direcção da guia que é usualmente uma guia central que é fixada na chapa de deslizamento.

A figura abaixo consiste num exemplo de AA unidireccional, que demonstra os elementos constituintes já referidos.

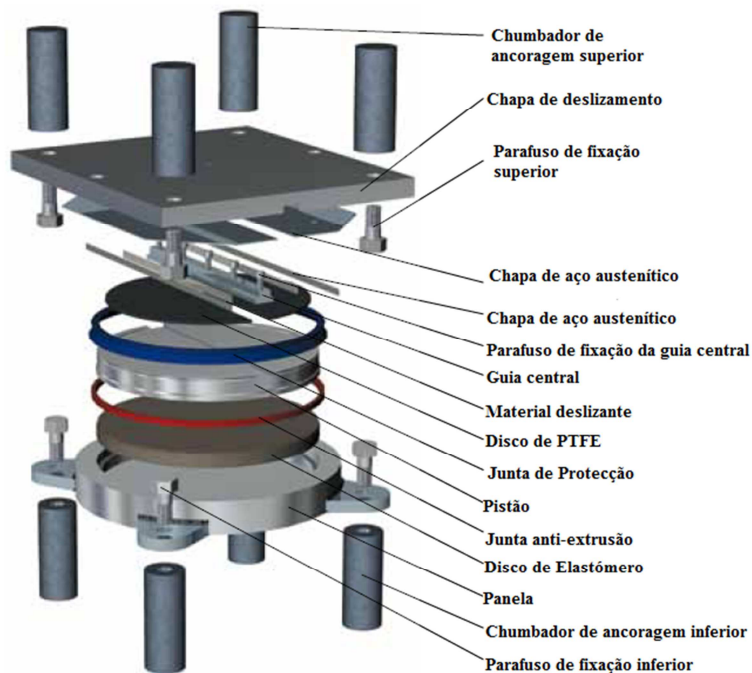


Figura 30. Esquema representativo da constituição de AA de panela unidireccional [10]

3.7.3. Aparelhos de Apoio com receptáculo multidireccionais

Os aparelhos multidireccionais são móveis em mais do que uma direcção (todas as direcções consideradas), são livres em termos de movimentos permitidos. Consiste num aparelho de apoio tipo panela fixo no qual o pistão está coberto por disco de politetrafluoretileno onde a placa de deslizamento superior, fixada à superestrutura, é livre para se mover. Os aparelhos de apoio construídos dessa forma são portanto livres para deslizar permitindo deslocamentos em todas as direcções horizontais. As características que representam os movimentos nestes apoios são:

- Deslocamentos horizontais permitidos, tanto segundo o eixo longitudinal como com o transversal;
- Rotações permitidas em torno dos três eixos (o movimento de rotação é conseguido através da deformação do apoio);
- Não existe transmissão dos esforços horizontais;
- O Esforço normal é transmitido segundo o eixo vertical.

As propriedades e composição destes aparelhos, referidas anteriormente, são demonstradas na imagem apresentada abaixo.

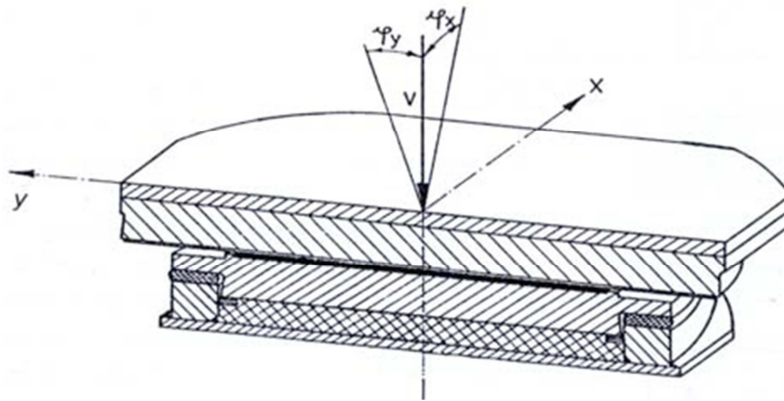


Figura 31. Corte de um AA de panela multidireccional [6]

3.8. Aparelhos de Apoio de Tracção

Para além dos AA especiais de grandes dimensões já mencionados, existem outros tipos com características particulares, de modo a proporcionar aos projectistas de Obras de Arte, soluções apropriadas para responder devidamente a todas as exigências de

projecto em termos de esforços e movimentos considerados. Os AA de tracção são geralmente aplicados em pontes e viadutos onde são consideradas grandes variações de forças e deslocamentos, como é o caso de pontes ferroviárias. Este tipo de aparelhos de apoio são especialmente utilizados quando estão presentes forças de levantamento que provocam reacções nos apoios, pretendendo-se absorver os esforços de tracção gerados. Estes AA podem resultar da introdução duma barra de pré-esforço em aparelhos de apoio de panela fixos, atravessando o aparelho de um lado ao outro, na parte central do mesmo. Podem ainda ser obtidos através da colocação de barras de pré-esforço na parte exterior do aparelho.

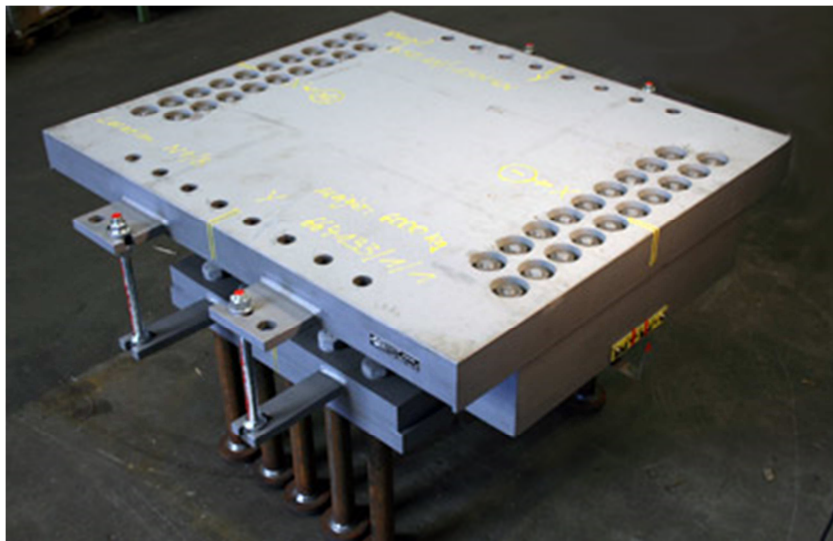


Figura 32. Aparelho de Apoio de Tracção [11]

3.9. Aparelhos de Apoio com dispositivos

Tal como tem sido referido ao longo deste trabalho, é usual combinar as várias tipologias existentes de apoios com dispositivos complementares para conferir aos mesmos outras capacidades que são necessárias, alargando deste modo o seu domínio de aplicação. Os dispositivos até agora mencionados correspondem a elementos que orientam e/ou condicionam os movimentos dos aparelhos de apoio. Este ponto refere AA que são dotados de dispositivos especiais para situações muito particulares e críticas de acções de projecto como é o caso de acções sísmicas ou ainda nos casos em que se pretende efectuar o levantamento da Obra de Arte.

Para acções de sismos podem considerar-se dispositivos, para acoplar ao aparelho, que garantam a dissipação de energia gerada no decorrer destes fenómenos, tais como dissipadores hysteréticos, dissipadores viscosos ou bloqueadores hidráulicos e outros dispositivos de protecção sísmica.

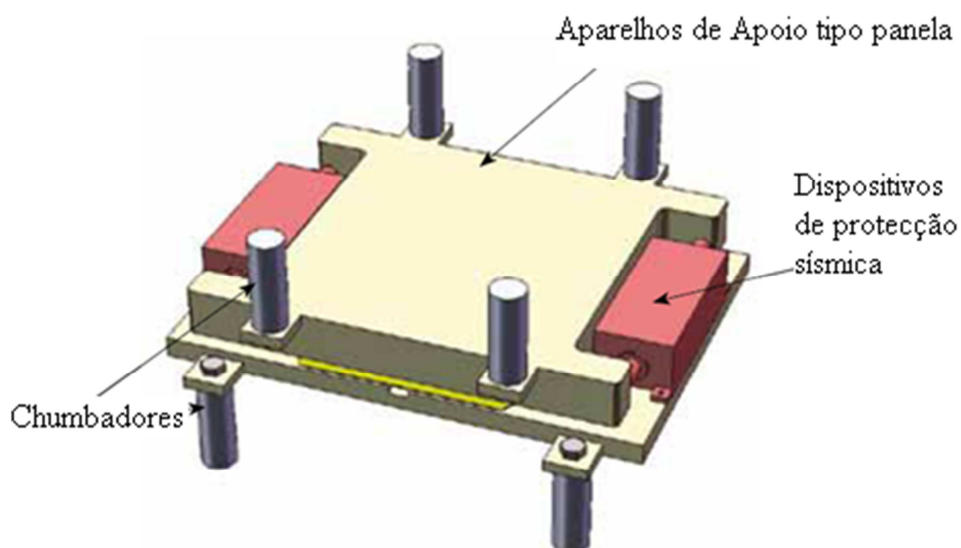


Figura 33. Aparelho de Apoio de Placa com dispositivo de protecção sísmica [10]

Os sistemas de elevação podem ser parte integrante do aparelho de apoio para que desta forma seja possível efectuar o levantamento do tabuleiro, nos casos em que é necessário, podendo ainda quantificar as reacções de apoio.

3.10. Aparelhos de Apoio de Chumbo

Os aparelhos de apoio de chumbo foram uma solução bastante utilizada em Obras de Arte até ao final dos anos 70, contudo, factores como a fraca resistência do material às intempéries, que provoca a sua crescente deterioração, levaram à sua substituição por aparelhos compostos por materiais mais resistentes e que possuem propriedades importantes para o comportamento como a sua elevada deformabilidade, são exemplo destes os aparelhos de apoio de neoprene cintado.

Actualmente, os apoios de chumbo já não são fabricados e os que ainda estão em funcionamento encontram-se com um grau elevado de degradação que exigem a sua substituição com a maior brevidade possível.

3.11. Escolha do tipo de Aparelho de Apoio

A selecção dos tipos de aparelhos de apoio a aplicar numa determinada Obra de Arte requer o estudo prévio das cargas e movimentos a suportar pelo apoio, bem como a comparação das características intrínsecas dos diversos aparelhos comercializados. Esta escolha deve então ser feita, dependendo de três factores essenciais: o disposto no projecto, a regulamentação em vigor e as propriedades que caracterizam cada tipologia de apoios.

Para uma dada estrutura numa ponte ou viaduto, existe actualmente um grande número de soluções diferentes para o fornecimento dos AA. Contudo, para cada caso em particular, deverá ser tomada a escolha mais adequada do aparelho a usar. Para que se opte pela melhor solução de AA, é necessário seguir determinados parâmetros ou critérios de selecção que são listados e discutidos abaixo [12].

3.11.1. Requisitos Funcionais

Os aparelhos de apoio devem cumprir os requisitos de funcionamento no que diz respeito a: movimentos permitidos, carga a suportar e transmissão de carga. As diversas funções desempenhadas pelos diferentes tipos de AA são reproduzidas na tabela 1.2 da BS: 5400 parte IX (ver anexo). Esta tabela, adaptada de seguida, é referente a alguns tipos de apoios mais usuais e possibilita a comparação directa das características de movimento e resistência às cargas a que o apoio é solicitado, para cada tipo de aparelho considerado. A simbologia utilizada no quadro que se segue tem os seguintes significados:

- v - Adequado
- X – Não adequado
- S – Requer considerações especiais

Onde se lê Long, corresponde a longitudinal e Transv significa transversal. No caso das rotações, Long diz respeito à rotação sobre o eixo transversal e Transv a rotação sobre o eixo longitudinal.

Tipo de Aparelho de Apoio		Translação permitida		Rotação permitida		Resistência à carga		
		Long	Transv	Long	Transv	Vertical	Long	Transv
Rolos ou Roletes	Rolete único	√	x	√	x	√	x	s
	Roletes múltiplos	√	x	x	x	√	x	s
Oscilantes	com contacto linear	x	x	√	x	√	√	s
	com contacto pontual	x	x	√	√	√	√	√
Deslizantes Planos		√	√	x	x	√	√	s
Elastoméricos	Neoprene simples	√	√	√	√	√	√	√
	Neoprene cintado	√	√	√	√	√	√	√
De Painel ou receptáculo		x	x	√	√	√	√	√
Guiados	Longitudinal	√	x	√	s	x	x	√
	Transversal	x	√	s	√	x	√	x

Quadro 15. Caracterização dos diferentes tipos de Aparelhos de Apoio

(Fonte: BS: 5400 parte IX)

Também pode ser aplicada a tabela 1.3 da norma BS:5400 (ver anexo), parte IX, como referência para a selecção do AA. Esta tabela fornece indicações sobre os níveis de carga e capacidade de movimentação dos vários aparelhos considerados.

Tipo de Aparelho de Apoio	Intervalo de carga vertical recomendada (KN)	Capacidade de movimento (mm)	Rotação em rad	Desempenho sísmico	Força horizontal nos Apoios (% da carga permanente da superestrutura)	Requisitos de manutenção	Intervalo da altura aproximada do AA	Aplicação típica			
								Recta	Curva	Aço	Betão
Roletes	600 a 2660	100	0,19	Pouco	3	max	360 a 660	√	-	√	-
Deslizantes Metálicos	200 a 1330	25	0,08	Pouco	15	max	50 a 100	√	-	√	-
Painel	200 a 17800	sem limite	0,04	Bom	3 a 5	min	60 a 180	√	√	√	√
Esféricos	800 a 26700	sem limite		Bom	5 a 10	min	125 a 250	√	√	√	√
Neoprene	100 a 450	10	Desprezável	Bom	3 a 12	nenhum	10 a 209	√	√	-	√
Neoprene cintado	300 a 2200	60	0,025	Bom	3 a 12	nenhum	10 a 20	√	√	-	√

Quadro 16. Orientação para a selecção de Aparelhos de Apoio em Pontes

(Fonte: BS: 5400 parte IX)

3.11.2.Período de vida útil expectado

É aconselhável e deve-se fazer uma tentativa no sentido de seleccionar um aparelho de apoio cuja expectativa de vida útil é compatível com a da própria Obra de Arte. Nos casos em que tal não sucede deverá ser prevista a substituição do aparelho durante a vida da ponte. Nestas situações é necessário ser reconhecido que, em qualquer esquema de substituição dos AA, normalmente requiere a suspensão de tráfego e envolve operações bastante dispendiosas e problemáticas.

3.11.3.Esforços de manutenção

A importância do bom funcionamento do aparelho de apoio para o comportamento e estabilidade da ponte ou viaduto não pode ser subestimada. Geralmente, na maioria das situações, o apoio não se encontra posicionado num local de fácil acesso. É, portanto preferível optar por um aparelho que exige o mínimo esforço possível de manutenção. Este esforço traduz-se então nas necessidades e ou exigências que cada tipo de apoio possui, de acordo com o material e seus elementos constituintes. Os aparelhos de apoio que são acoplados com partes móveis ou dispositivos de guiamento ou bloqueamento precisam de um esforço de manutenção superior, bem como os apoios metálicos que, devido à probabilidade de corrosão do aço, podem conduzir ao congelamento do apoio ou ao seu funcionamento incorrecto.

3.11.4.Custo

O custo de capital do AA, inclui o custo de projecto, o custo de fabricação e ainda o de instalação do aparelho de apoio. Geralmente este custo total, será uma fracção do custo total da Obra de Arte. Como tal, apenas o custo inicial não deve ser considerado (custo de projecto) na escolha do apoio. Em muitos casos, quando o custo inicial é bastante atractivo, provaram mais tarde ser uma responsabilidade durante a manutenção com custos acrescidos. Portanto, o custo do ciclo de vida deve ser um dos critérios de selecção dos aparelhos de apoio a utilizar em pontes e viadutos.

3.11.5.Outros Factores

Para além dos factores já mencionados existem outros que podem ser relevantes em outras questões para a tomada de decisão sobre o apoio mais adequado a utilizar em cada situação, são elas [12]:

- **Altura do Aparelho de Apoio:** pode ser um factor bastante crítico em casos de obras onde a manutenção existente a nível ferroviário/rodoviário é a principal limitação;
- **Gestão da força horizontal transferida à infra-estrutura:** é também uma consideração importante na medida em que melhora a capacidade de suporte de carga em obras. A norma de pontes estipula que, com o projecto adequado de AA Elastoméricos, a dispersão das forças horizontais consideradas podem aumentar de 25% para 35%;
- **Desempenho sob acções sísmicas:** por vezes a consideração da acção sísmica pode alterar a escolha do aparelho, particularmente em zonas sísmicas mais importantes.

Capítulo 4. Dimensionamento, Instalação e Funcionamento dos Aparelhos de Apoio

4.1. Informações sobre AA a indicar no projecto de OA

O dimensionamento do aparelho de apoio não tem que ser feito pelo projectista da Obra de Arte. No projecto da OA apenas deve ser especificado o tipo de aparelho de apoio a optar, tendo em consideração as soluções de mercado existentes, e os requisitos que este deve satisfazer, nomeadamente as cargas a suportar e os deslocamentos a libertar. O projecto dos vários tipos de aparelhos pode ser baseado em ELU ou ELUt, dependendo da classificação de segurança dos estados limite considerados. Contudo, o dimensionamento dos AA é geralmente feito para os estados limite de utilização, também designado por estado limite de serviço.

Os aparelhos de apoio devem ainda ser projectados para que possam ser inspeccionados, sujeitos a manutenção e/ou substituídos, nos casos em que tal é necessário, para garantir a sua funcionalidade ao longo da vida útil da estrutura. Devem também incluir no projecto os movimentos específicos permitidos com o mínimo possível de força de reacção. Para as forças máximas e mínimas actuantes, considera-se que a reacção vertical máxima ou mínima no aparelho de apoio é igual ao somatório das cargas verticais devido a cargas permanentes, com as cargas verticais devido às sobrecargas e a reacção vertical derivada das variações de temperatura, onde as cargas permanentes são majoradas por um coeficiente para ter em conta as eventuais assimetrias, que toma os valores de 1,1 ou 0,9 consoante se trate dos esforços máximos ou mínimos [3]:

- $N_{\text{máx}} = N_{\text{cp}} \times \alpha + N_{\text{sc}(+)} + N_{\text{vt}(+)}$
- $N_{\text{min}} = N_{\text{cp}} \times \alpha - N_{\text{sc}(-)} - N_{\text{vt}(-)}$

Em relação aos deslocamentos a indicar em projecto, o cálculo é feito através da expressão [3]:

$$d = d_{\text{cp}} + d_{\text{VUT}} + d_{\text{VDT}} + 1,5 d_{\text{sis}}$$

onde d é o deslocamento dado pelo somatório dos deslocamentos devido às cargas permanentes, devido às variações uniformes e diferenciais de temperatura e devido à acção sísmica. Ao quantificar as forças e deslocamentos, por questões de segurança é aconselhável o arredondamento dos valores para cima. Quando se trata de um AA deslizante, o projectista da ponte deve especificar a posição da chapa superior relativamente ao aparelho de apoio, ou seja a sua excentricidade, como demonstra a figura seguinte.

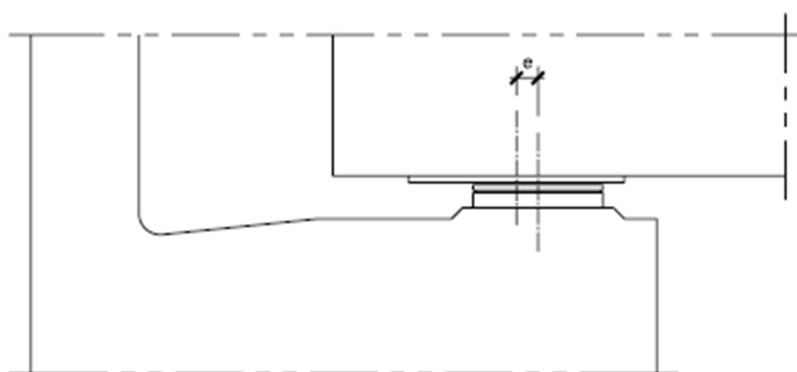


Figura 34. Excentricidade na chapa superior de um aparelho de apoio deslizante [3]

Em obras com um comprimento considerável, a chapa superior não deve ser centrada com o AA pois a superestrutura da OA é sujeita a deslocamentos devido a efeitos diferidos (retracção+fluência) que, a longo prazo, conduzem a chapa superior para a posição correcta (centrada com o AA). Desta forma a excentricidade para a chapa deve ser dada pelo deslocamento devido à fluência+retracção a longo prazo, d_{c+s} . Os efeitos diferidos fazem-se sentir logo durante a construção do tabuleiro, logo o processo construtivo utilizado deve ser tido em conta, na altura da decisão da localização da chapa superior, tal como a temperatura ambiente na data de instalação, embora esta seja mais difícil de prever.

Conforme já foi referido o projectista da OA não tem necessidade de dimensionar o aparelho de apoio, no entanto este deve ter o conhecimento das dimensões aproximadas do equipamento para garantir o espaço necessário para a sua instalação e possíveis obras de manutenção e reabilitação futuras. Estas dimensões gerais podem ser obtidas através da consulta de catálogos das várias empresas fornecedoras, ou, no caso de AA do tipo EI, em função de determinadas condições:

- A área do AA em planta é dada em função de uma tensão de contacto de 15 Mpa;
- A altura do aparelho deve ser tal que a distorção do neoprene é de 0,7, ou seja, a altura é maior que o deslocamento horizontal do apoio a dividir por 0,7.
- A menor dimensão em planta deve ser cinco vezes maior que a altura do AA, por razões de estabilidade.

4.2. Princípios Gerais de Dimensionamento

O cálculo de dimensionamento dos apoios é regido pela norma EN 1337, sendo que a parte 1 contém as regras gerais de projecto com indicações comuns aos vários tipos de aparelhos de apoio e as restantes contêm regras específicas e particulares para cada tipologia distinta de aparelhos de apoio.

A segurança ao deslizamento nas interfaces deve ser verificada para o ELU, conforme descrito no anexo E da EN 1993-2, de acordo com a seguinte condição: O esforço transversal de projecto (resultado das acções actuantes) deve ser menor ou igual ao valor de projecto da resistência ao esforço transversal ($V_{sd} \leq V_{Rd}$). Este último valor é determinado pela expressão:

$$V_{Rd} = (\mu_k / \gamma_\mu) \times N_{sd} + V_{pd} \quad \text{em que:}$$

- μ_k – valor característico do coeficiente de atrito;
- N_{sd} – Força mínima de projecto que actua perpendicularmente à interface em conjunto com V_{sd} ;
- V_{pd} – Força de projecto para qualquer dispositivo fixo de acordo com a EN 1337 ou com as Aprovações Técnicas Europeias
- γ_μ – Coeficiente parcial de segurança para o atrito (os valores aplicáveis, para manter o nível de segurança são de 3,0 para as interfaces de aço sobre aço e de 1,8 de aço sobre betão)

É certo que todas as partes da norma EN 1337 e eurocódigos relevantes possuem requisitos restritos para os aparelhos de apoio com a finalidade de garantir que os AA não se tornam instáveis nem deixam de actuar conforme previsto. Para além disso, é necessário estabelecer margens de segurança para os deslocamentos admissíveis, e isso pode ser feito através dum acréscimo aos movimentos. Assim a norma EN 1337-1 define que os movimentos de projecto devem ser aumentados da seguinte forma:

- Movimentos de rotação – $\max \{ \pm 0,005 \text{ rad} ; 10/r \text{ (r em mm)} \}$;
- Movimentos de Translação – ± 20 mm em ambas as direcções de movimento (longitudinal e transversal), com um movimento total mínimo de ± 50 mm na direcção principal e de ± 20 mm transversalmente, excepto se o AA for bloqueado mecanicamente.

Para a análise da força no aparelho, são assumidos movimentos mínimos. O movimento rotacional resultante a considerar, por questões de segurança, não deve ser inferior a $\pm 0,003$ rad e o movimento de translação resultante não deverá ser menor que ± 20 mm ou ± 10 mm para AA Elastoméricos.

Fazem parte das características básicas de projecto do AA: a folga, a prevenção contra a perda de componentes, a marcação, as disposições para transporte e inspecção e ainda as disposições para ajuste e substituição.

Nos casos em que os aparelhos são projectados para resistir a forças horizontais, adopta-se uma folga máxima para o apoio de 2 mm, a menos que este tenha uma especificação diferente. A salvaguarda contra a perda de componentes do apoio é garantida através de adequadas medições para que o apoio não vá afrouxando com o passar do tempo devido a cargas dinâmicas.

Tal como já foi dito, para além dos requisitos e princípios gerais aplicados a todos os tipos de AA, consideram-se princípios em particular para os tipos de apoios regulamentados na norma EN 1337, que são enumerados de seguida.

4.2.1. Elementos de deslizamento – EN 1337-2

Embora os elementos deslizantes não sejam um tipo de aparelho de apoio, fazem parte da constituição de alguns deles, e por esse motivo também existe uma parte específica da norma aplicável para estes elementos que corresponde à parte 2, tal como foi mencionado no capítulo 3 do presente trabalho. São definidas determinadas

exigências funcionais para estes elementos tais como os materiais de que são compostos, bem como as suas combinações com as superfícies de deslizamento.

No que respeita aos materiais, os elementos de deslizamento podem ser compostos por folhas de politetrafluoretileno ou materiais compósitos com um coeficiente de atrito baixo. Por outro lado, as superfícies de revestimento podem ser de aço austenítico (aço inox) ou de liga de cromo duro. As placas de suporte podem ser compostas por aço, ferro fundido, aço vazado, ou ainda aço inoxidável.

As combinações mais aconselháveis entre os elementos de deslizamento e as superfícies de deslizamento dependem do tipo de superfície. Se esta for plana então é aconselhável um elemento de PTFE alveolar sobre aço inox. Ao contrário, se estamos perante uma superfície curva recomendam-se as combinações de PTFE sobre aço inox com guias revestidas a PTFE ou de PTFE sobre cromo duro com guias de aço inox ou também pode ser considerada a combinação de PTFE sobre alumínio com guias revestidas a um material compósito.

4.2.2. Aparelhos de Apoio Elastoméricos – EN 1337-3

Os aparelhos de apoio elastoméricos devem ser projectados para garantir o cumprimento aos estados limite últimos e estados limite de utilização. No ELU a força e estabilidade dos AA deve ser a adequada para resistir a cargas limite de projecto e movimentos da estrutura.

No projecto de AA Elastoméricos, os valores das acções de projecto, S_d , não devem exceder os valores de projecto da resistência, R_d , tendo em conta os efeitos das acções principais e secundárias e os movimentos relativos.

As formas dos aparelhos de neoprene cintado são normalmente quadrangulares ou circulares, no entanto, para situações particulares também é aceitável a utilização de formas elípticas ou octogonais. As regras de projecto específicas para AA com estas duas últimas formas estão descritas no anexo A da norma EN 1337-3. Os apoios octogonais podem ser considerados como elípticos para todos os cálculos, excepto o factor de forma e a pressão, com os eixos maior e menor iguais ao comprimento e largura.

Em relação às dimensões de apoios de neoprene cintado, um determinado aparelho de apoio em particular deve ser concebido com camadas internas de borracha com a mesma espessura, que deve estar compreendida entre 5 mm e 25 milímetros cada.

Para AA do tipo B (descritos no ponto 3.6.1.1 deste trabalho) as dimensões normalizadas recomendadas, de acordo com a norma referida atrás, no que diz respeito à espessura e número de camadas é representada no quadro que se segue, que teve por base a tabela 3 (ver anexo) da norma aplicável a estes apoios.

Dimensões a e b ou D (mm)	Espessura em mm		Número de camadas n	
	Camada de Elastómero	Chapas de reforço	Min	Max
100 × 150	8	3	2	3
100 × 200	8	3	2	3
150 × 200	8	3	2	4
∅ 200	8	3	2	4
150 × 250	8	3	2	4
150 × 300	8	3	2	4
∅ 250	8	3	2	4
200 × 250	8	3	3	6
200 × 300	8	3	3	6
200 × 350	8	3	3	6
∅ 300	8	3	3	6
200 × 400	8	3	3	6
250 × 300	8	3	3	7
∅ 350	8	3	3	7
250 × 400	8	3	3	7
300 × 400	12	4	3	6
∅ 400	12	4	3	6
300 × 500	12	4	3	6
∅ 450	12	4	3	6
300 × 600	12	4	3	6
350 × 450	12	4	3	7
∅ 500	12	4	3	7
400 × 500	12	4	4	8
∅ 550	12	4	4	8
400 × 600	12	4	4	8
450 × 600	12	4	4	9
∅ 600	12	4	4	9
500 × 600	12	4	4	10
∅ 650	12	4	4	10
600 × 600	16	5	4	9
∅ 700	16	5	4	9
600 × 700	16	5	4	9
∅ 750	16	5	4	9
700 × 700	16	5	4	10
∅ 800	16	5	4	10
700 × 800	16	5	4	10
∅ 850	16	5	4	10
800 × 800	20	5	4	10
∅ 900	20	5	4	10
900 × 900	20	5	4	11

Quadro 17. Dimensões normalizadas de AA do tipo B

As regras de projecto são baseadas no conceito de que o elastómero é um material visco-elástico, a sua deformação sob cargas de compressão é influenciada pela forma. As chapas de reforço nestes apoios elastoméricos devem ser ligadas quimicamente ao elastómero por forma a evitar quaisquer movimentos relativos na interface aço/elastómero. Os cálculos de projecto não se aplicam às camadas exteriores, superior e inferior, quando a espessura do aparelho é menor ou igual a 2,5 mm.

De acordo com a regulamentação vigente, todos os AA projectados, incluem dimensões normalizadas, como demonstrado no quadro anterior, devendo cumprir os seguintes requisitos de dimensionamento:

- A. Deformação máxima de Projecto - Em qualquer ponto do AA, o somatório das extensões ou deformações, $\epsilon_{t,d}$, devido às cargas de projecto, E_d , não deve ultrapassar o valor máximo $\epsilon_{u,d}$, calculado através da relação entre o valor máximo admissível para ELUt, $\epsilon_{u,k}$, sobre o factor parcial de segurança, γ_m (recomenda-se $\gamma_m = 1,0$).
- B. Tensão de tracção máxima em chapas de reforço – as chapas de reforço devem ser dimensionadas para ELUt e a sua espessura mínima, t_s , para resistir a tensões de tracção induzidas sob carregamento é dada por:
$$\frac{K_p * F_{z,d} * (t_1 + t_2) * K_h * \gamma_m}{A_r * f_y} \geq 2 \text{ mm}$$
, sendo: K_p o factor de correcção da tensão (toma-se $K_p=1,3$); $F_{z,d}$ a força vertical de projecto; t_1 e t_2 as espessuras do elastómero e das chapas de reforço, respectivamente; K_h o factor para as tensões de tracção induzidas nas chapas de reforço; A_r a área plana efectiva reduzida do AA Elastomérico e f_y a tensão de cedência do aço.
- C. Critério de Estabilidade – este critério deve ser avaliado tendo em consideração a estabilidade em relação à rotação, encurvadura e ao deslizamento.
- D. As forças, momentos e deformações exercidas na estrutura devem ser avaliadas tendo em conta a pressão nas superfícies de contacto entre os AA e a estrutura da Obra de Arte, a força exercida na estrutura pelo AA, resistente ao movimento de translação, o movimento residual causado pelo AA resistente ao movimento rotacional e ainda a flexão vertical devido à carga vertical.

Para ter em consideração a forma do elastómero nos cálculos de resistência e deformação, é aplicado o factor forma, S . Este factor é determinado pelas expressões: $S=A_1 / (I_p \times t_e)$ para cada elastómero do AA de neoprene cintado, em que A_1 é a área plana comum ao elastómero e chapas de reforço ou então $S=A / (I_p \times t_e)$, com A a área plana total do elastómero, I_p o perímetro livre de força do aparelho de apoio e t_e a espessura efectiva da camada de elastómero.

O cálculo da extensão máxima de projecto é feito através do somatório das deformações devido a: forças de compressão, movimentos de translação e rotação angular, majorado por um factor de carregamento tipo K_L .

As condições limite aplicáveis, no âmbito normativo deste tipo de AA são: a condição de limitação rotacional, a estabilidade de encurvadura e a condição de ausência de deslizamento.

4.2.3. Aparelhos de Apoio de Rolo ou Rolete – EN 1337-4

O projecto de aparelhos de apoio de rolos é baseado na consideração que a carga passa através duma área de contacto Hertziana entre duas superfícies de raios diferentes, ou seja, a linha de contacto é dimensionada segundo a teoria de Hertz (que estuda as linhas de contacto entre uma superfície cilíndrica e o plano que a suporta).

O comprimento dos rolos não deve ser menor que duas vezes o seu diâmetro, nem maior do que seis vezes o seu diâmetro. Nos casos em que é utilizado um mecanismo de guiamento de dentes, o seu raio deve ser igual ao dos rolos.

Para efectuar o dimensionamento dos roletes é necessário respeitar a condição $N_{Sd} \leq N_{Rd}$, sob combinações de acções fundamentais, em que N_{Sd} é o valor da força axial de projecto da superfície de contacto com o rolo por unidade de força e N_{Rd} é o valor de projecto da resistência da superfície de contacto por unidade de força.

As chapas de romalento são dimensionadas na direcção dos deslocamentos e o comprimento destas não deve ser menor que o comprimento do rolo.

A norma europeia EN 1337-4, enumera alguns requisitos de projecto, para alguns casos particulares, para além do descrito anteriormente, relativamente a alguns tipos de apoio de roletes como apoio de rolos com lados plano ou com rolos múltiplos.

Os AA de rolos com lados planos podem ser utilizados onde os requisitos de movimento permitem, e devem ser simétricos em torno do eixo vertical, passando através do eixo do rolo. A largura mínima para os rolos em questão não deve ultrapassar

um terço do seu diâmetro, nem pode ser tal que a área de contacto do apoio saia fora da superfície central do aparelho quando o rolo está no extremo do movimento determinado.

Nos casos em que os AA têm mais do que um rolo, estes devem ser fornecidos para acomodar rotações e os efeitos de quaisquer movimentos de rotação destes elementos devem ser incluídos no cálculo das forças no apoio, tendo em conta as correspondentes excentricidades, sendo a carga determinada no extremo do movimento expectado. Nesta situação, os valores limite de projecto, dos efeitos de carregamento são de dois terços dos valores de N_{Sd} e N_{Rd} mencionados acima.

É de extrema importância que os materiais usados nos roletes e chapas de rolamento sejam resistentes à corrosão pois se isso não sucede é necessário proceder-se a outras disposições de projecto para a prevenção da corrosão na área de contacto entre ambos os elementos. Estas medidas podem apresentar-se na forma de caixas de lubrificante, óleos e juntas flexíveis ou ainda outros métodos que demonstrem a duração e uso satisfatória.

4.2.4. Aparelhos de Apoio com receptáculo ou “panela” – EN 1337-5

Os efeitos dos valores de projecto (forças, deformações e movimentos) de acções nos apoios numa estrutura devem ser determinados para combinações de acções relevantes. Em relação à limitação do movimento de rotação, sobre uma combinação de acções característica, a rotação máxima no apoio não deve exceder 0,03 radianos. Se por outro lado, tratar-se de uma combinação de acções frequente, então a relação entre os ângulos de rotação permanente e variável, de acordo com o descrito na EN 1337-5, é representada na figura que se segue:

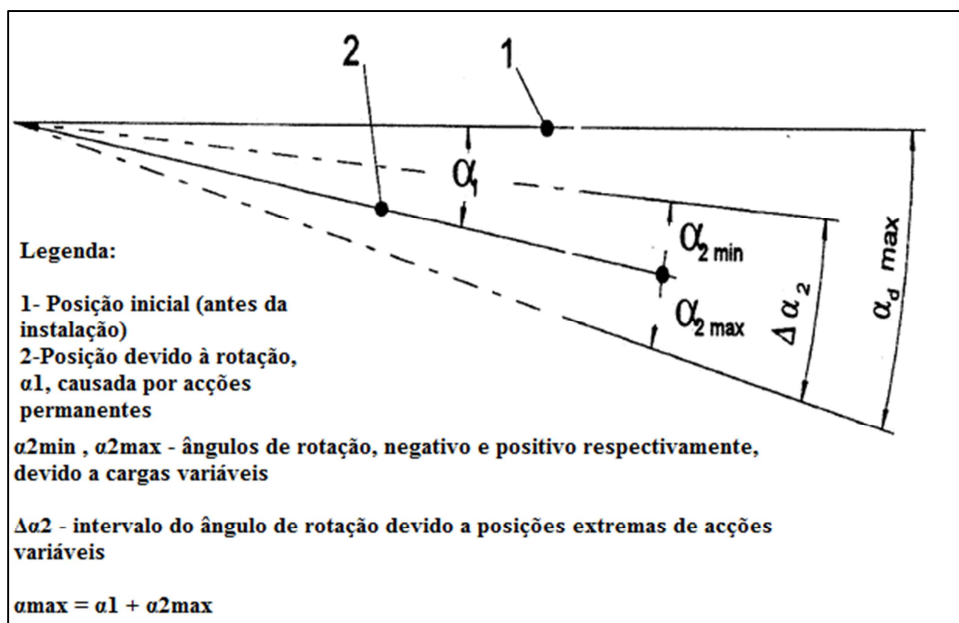


Figura 35. Representação dos ângulos de rotação (Fonte: EN1337-5)

As verificações de projecto, relativamente à almofada de elastómero do aparelho de apoio de panela são a tensão de contacto e a espessura mínima. A força axial de projecto deve ser igual ou inferior ao valor de projecto da resistência da almofada de elastómero, $N_{sd} \leq N_{Rd}$, onde N_{Rd} é calculado através do valor característico da resistência do elastómero (N_{Rk}), a dividir pelo factor parcial de segurança (recomenda-se $\gamma_M = 1,30$), em que $N_{Rk} = (\pi/4) \times d^2 \times f_{e,k}$ onde d é o diâmetro da almofada de elastómero e $f_{e,k}$ é o valor característico da força de contacto do elastómero que é normalmente considerado o valor de 60 N/mm^2 . No que respeita às dimensões da almofada elastomérica, estas devem ser tais que sobre combinações de acções características, a rotação total, α_{dmax} , não causa deformação num perímetro maior do que 15 % da espessura t , da almofada. Para cumprir com o disposto, a espessura mínima da almofada deve ser: $t_{min} = 3,33 \times \alpha_{dmax} \times d$, não podendo, no entanto, ser menor que $d/15$.

4.2.5. Aparelhos de Apoio oscilantes ou de pêndulo – EN 1337-6

Os requisitos de projecto a respeitar para estes apoios deve estar de acordo com a parte 1 e 6 da norma europeia EN 1337. A verificação de projecto no que diz respeito ao carregamento e rotação (movimento) deve ser determinado em concordância com a cláusula 5 da parte 1 da referida norma, ou seja, considerando os princípios gerais de projecto. No dimensionamento dos componentes que constituem este tipo de aparelhos são consideradas as seguintes condições:

- Para o dimensionamento da linha oscilante deverá ser respeitada a seguinte condição: $N'_{sd} \leq N'_{Rd}$, ou seja, a força axial de projecto por unidade de comprimento do contacto oscilante deve ser menor ou igual ao valor de projecto da resistência por unidade de comprimento do contacto oscilante. Este último valor é determinado através do valor característico da resistência da superfície de contacto por unidade de comprimento, N'_{Rk} sobre o coeficiente parcial de segurança $\gamma_M = 1,30$. O valor de N'_{Rk} é dado pela expressão: $N'_{Rk} = 23 \times R$ (raio da superfície convexa em mm) $\times f_u^2$ (força limite do material em N/mm^2) / E_d^2 (módulo de elasticidade de projecto em N/mm^2);
- Para um aparelho de apoio oscilante com contacto pontual num assento esférico, o raio da superfície esférica e côncava deve ser selecionado para que N_{sd} seja menor ou igual a $N_{Rd} = N_{Rk} / \gamma_M$ em que N_{Rk} é dado pela expressão: $N_{Rk} = 220 \times [(R_1 - R) / (R_1 * R)]^2 \times f_u^3 \times (1/E_d^2)$, com R_1 o raio da superfície de contacto côncava;
- Um aparelho oscilante numa superfície plana deverá respeitar a seguinte condição: $N_{sd} \leq N_{Rd}$ com $N_{Rd} = N_{Rk} / \gamma_M$ e $N_{Rk} = 220 \times R^2 \times f_u^3 \times (1/E_d^2)$;
- A dispersão máxima de carga por meio dum componente deve ser tomado como 45° , a menos que o maior ângulo seja justificado através de cálculos, que têm em conta as características e materiais adjacentes, no entanto, em nenhum caso, a dispersão de carga deve ser assumida para além da linha de 60° em relação ao eixo vertical, tal como demonstra a figura seguinte:

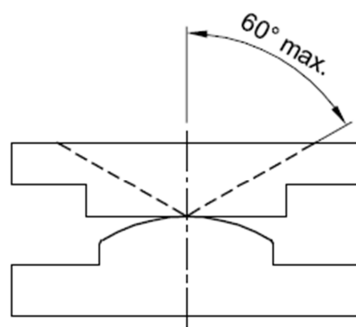


Figura 36. Distribuição de carga para os componentes (Fonte: EN 1337-6)

A norma vigente para os referidos AA, para além das condições gerais de dimensionamento dos componentes, considera ainda requisitos particulares como a

corrosão da superfície de contacto, os alinhamentos e as excentricidades neste tipo de apoios.

Os materiais utilizados na linha ou ponto de contacto devem ser intrinsicamente resistentes à corrosão, caso contrário o projecto deverá conter as recomendações adequadas para a protecção da referida zona. Estas medidas podem ser caixas de lubrificante, óleos, juntas flexíveis ou outros métodos que demonstrem ser adequados e satisfatórios durante o seu uso. Nos casos onde são considerados outro tipo de materiais diferentes dos descritos, deve ser considerado em projecto a combinação dos efeitos da corrosão eléctrica.

Devem ser igualmente tomadas medidas para assegurar que os componentes continuam correctamente alinhados uns com os outros e fixados em conjunto entre o fabrico e a instalação. No que diz respeito às excentricidades podem ser consideradas dois tipos: a excentricidade rotacional e_2 , que é originada pelos movimentos de rotação entre os componentes e a excentricidade da carga vertical, $e_{3,d}$, devido à carga horizontal de projecto. Na primeira situação, pode-se tratar de uma excentricidade rotacional da linha de oscilação ou no ponto de oscilação consoante se trata, respectivamente, de um AA oscilante com contacto linear, ou AA oscilante com contacto pontual. A figura que se segue é demonstrativa do descrito.

Por sua vez, a excentricidade vertical devido às cargas horizontais de projecto é dada pela fórmula: $e_{3,d} = Vsd \times H / Nsd$. A excentricidade total em qualquer direcção é determinada pela soma de $e_{2,d}$ e $e_{3,d}$ e não deve exceder $1/6$ da dimensão da chapa nessa direcção, para uma chapa rectangular ou $1/8$ do diâmetro da chapa se for circular, ou seja, a tensão de contacto nas extremidades deve ser maior que zero. Na máxima rotação de projecto, α_d , deve existir uma folga mínima de 5 mm entre componentes opostos.

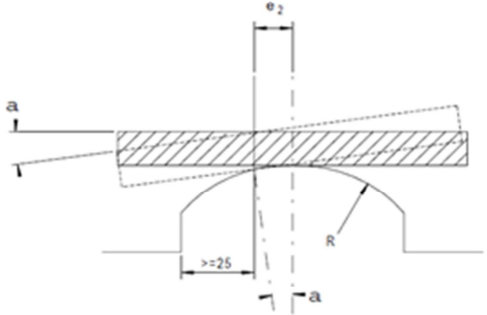
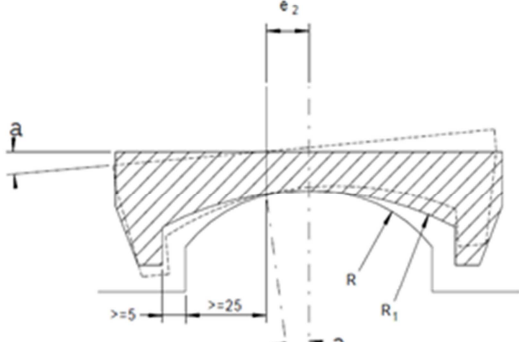
Representação ilustrativa da excentricidade rotacional	Tipo de excentricidade rotacional - Fórmula de cálculo
	<p>Excentricidade Rotacional da Linha de Oscilação devido ao movimento de rotação entre os componentes</p> $e_2 = \alpha_d \times R$ <p>Excentricidade total de Oscilação devido ao efeito da excentricidade rotacional (para permitir o efeito de atrito ao rolamento nas superfícies de contacto)</p> $e_{2,d} = 2 \times e_2$
	<p>Excentricidade rotacional no ponto de oscilação devido ao movimento rotacional entre os componentes</p> $e_2 = \frac{\alpha_d}{\left(\frac{1}{R}\right) - \left(\frac{1}{R_1}\right)}$ <p>Excentricidade total de Oscilação devido ao efeito da excentricidade rotacional</p> $e_{2,d} = 2 \times e_2$

Figura 37. Excentricidades rotacionais (Fonte: EN1337-6)

4.2.6. Aparelhos de Apoio cilíndricos ou esféricos comportando PTFE – EN 1337-7

A sétima parte da norma dá-nos os requisitos de projecto de componentes específicos para AA esféricos e cilíndricos. A verificação de projecto para as superfícies de deslizamento curvas, estabelece que a superfície de deslizamento curva deve ser substituída pela sua projecção numa superfície plana, de acordo com o esquema representado na figura seguinte.

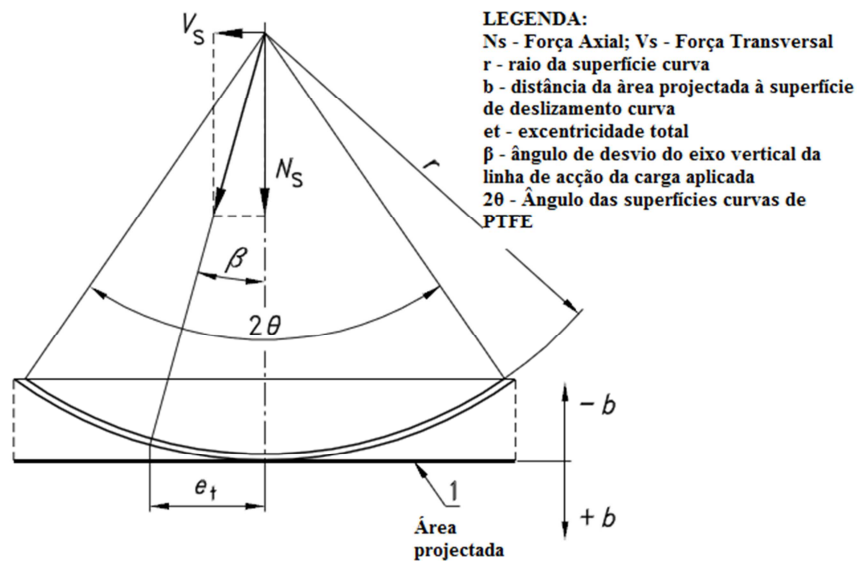


Figura 38. Esquema de verificação para a superfície de deslizamento curva
 (Fonte: EN1337-7)

As forças internas e actuação de momentos na superfície de deslizamento curva devido a resistência ao atrito, a aplicação de cargas horizontais exteriores e as condições de rotação do apoio devem ser tidas em conta na determinação da excentricidade total da força axial N_s . De acordo com o anexo informativo da EN 1337-7, que descreve o método de cálculo da excentricidade em AA esféricos e cilíndricos com PTFE, as cargas horizontais aplicadas e as condições de rotação do aparelho de apoio, produzem a excentricidade da força axial N_s , usada na verificação das folhas de PTFE, dos elementos estruturais adjacentes e dos dispositivos de ancoragem.

A separação das superfícies de deslizamento pode desgastar-se por contaminação ou aumento de deformação devido à falta de confinamento. Este facto pode pôr em risco a sua utilização a longo prazo. A condição $\sigma_p \geq 0$, é considerada como estado limite de utilização e deve ser verificada sob uma combinação de acções característica e deste modo o material de deslizamento deve ser assumido para ter um comportamento elástico-linear e as chapas de apoio devem ser consideradas rígidas. A tensão normal, σ_p , respeita a condição anterior quando a excentricidade total e_t cai dentro da área projectada, ou para os AA esféricos quando $e_t \leq L/8$, com L o diâmetro ou diagonal da área projectada da folha de PTFE. A condição considerada para o estado limite último é a verificação da tensão de compressão. A tensão excessiva poderá causar a perda das funções de deslizamento, que pode ter consequências no que respeita a falhas estruturais

ou outros estados semelhantes das estruturas. Assim é imprescindível respeitar a seguinte condição:

$$N_{Sd} \leq f_k / \gamma_M \times A_r$$

em que:

f_k – valor característico da força de compressão para folhas de PTFE

A_r – área reduzida da superfície de deslizamento curva

Por sua vez, $A_r = \lambda \times A$, onde A é a área da superfície de deslizamento curva e λ o coeficiente dado pela relação entre a excentricidade e o comprimento ou diagonal da área projectada da folha de PTFE.

O anexo B da parte sete da norma europeia vigente dá-nos informações acerca dos valores de λ para o cálculo da área reduzida da superfície de deslizamento curva, através das tabelas B.1 e B.2 (em anexo) que dizem respeito, respectivamente, a AA esféricos e cilíndricos. Os valores intermédios que não estão tabelados podem ser obtidos através de uma interpolação linear. Os valores do referido coeficiente são determinados por meio dum modelo matemático que tem por base as seguintes considerações:

- a) Apenas são transmitidas tensões de compressão;
- b) As tensões na área comprimida são constantes e iguais ao valor de projecto da resistência à compressão (f_d), das folhas de PTFE;
- c) As tensões são sempre normais à superfície de contacto: uma hipótese conservativa justificada pelo coeficiente de atrito reduzido do PTFE em contacto com superfícies metálicas polidas;
- d) Ambas as placas de apoio, côncavas e convexas são perfeitamente rígidas: uma hipótese conservativa justificada pelo facto de que o módulo de elasticidade do aço é no mínimo 5000 vezes superior que o do PTFE.

As chapas de suporte de AA esféricos ou cilíndricos devem respeitar as limitações demonstradas na figura que se segue.

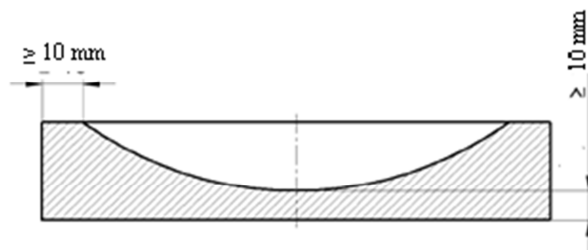


Figura 39. Limitações dimensionais da chapa de suporte com a superfície côncava (Fonte: EN 1337-7)

4.2.7. Aparelhos de Apoio lineares com guia ou bloqueio – EN 1337-8

Para estes aparelhos de apoio, de acordo com o descrito na parte 8 da norma aplicável, os valores de projeto para as acções nos apoios podem ser determinados para uma combinação de acções relevante, em concordância com a EN 1990 e com as secções (2 a 6 inclusivé) de ambas as partes (parte 1 e 2) do eurocódigo, EN 1991.

As superfícies de contacto em elementos rotacionais com contacto aço-aço devem ser trabalhadas para se obter uma superfície rugosa. Neste caso deve considerar-se um coeficiente de atrito de 0,6.

Relativamente à espessura das chapas do AA e chapas de ancoragem, o valor a considerar deve ser o maior, tendo em conta o cálculo utilizado. Esta pode ser:

- Calculada através da verificação de tensões;
- Determinada de acordo com a equação $t = 0,025 \times \sqrt{a^2 + b^2}$, com as dimensões em milímetros;
- 17 mm.

4.3. Fabrico/Concepção do Aparelho de Apoio (Marcação CE)

Estes equipamentos são actualmente, alvo de um rigoroso controlo da qualidade de fabrico e marcação CE. Existe no mercado, uma grande diversidade de empresas produtoras de aparelhos de apoio regidas por um plano de garantia da qualidade dos seus produtos de acordo com uma das normas da série ISO 9002. Este garante que os AA estejam em conformidade com os requisitos de qualidade e operação dos aparelhos de apoio, que são regularmente comprovadas por testes de acordo com a norma aplicável (EN 1337).

Todos os aparelhos de apoio devem ser marcados com o nome do fabricante e local de fabricação, ano e número de série, que deverá ser um número individual e único para cada apoio em particular. Os aparelhos utilizados em Pontes devem ser dotados de uma chapa de identificação com a seguinte informação:

- Tipo de Apoio;
- Número de ordem do fabricante;
- Máximo valor de projecto para a capacidade de carga do AA para forças transversais e normais;
- Direcção da instalação.

Com a excepção dos dois últimos itens, esta marcação deve ser feita de maneira a que sejam legíveis, visíveis e compreendidos em toda a vida útil da estrutura.



Figura 40. Exemplo de chapa de identificação do Aparelho de Apoio

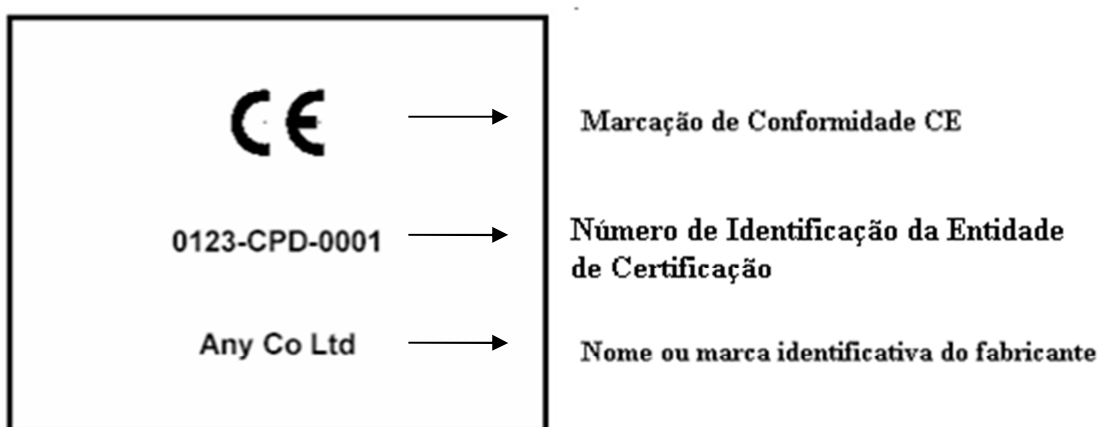


Figura 41. Marcação CE : Dados que devem permanecer visíveis no aparelho de apoio [13]

04	Ano em que a marcação CE foi efectuada
0123-CPD-0456	Número do certificado de conformidade CE
EN 1337-5: 2004	Número da parte da norma europeia
BEARING N°	Identificação do produto
<p>Pot bearing (with an accumulated slide path of 500/1000/2000 m) * with sliding elements for minimum operating temperature of -25/-40 °C*, for uses in buildings and civil engineering works where requirements on individual bearings are critical/non-critical*</p>	
<p>BEARING Restoring moment factors F₀..... F₁..... F₂..... Yield strength of steel (MPa) Geometry (as in attached drawings or description)</p>	Informação sobre as características do aparelhos de apoio
<p>SLIDING ELEMENT Geometry (as in attached drawings or description)</p>	
* delete as appropriate	

Figura 42. Marcação CE: Informação suplementar que pode ser dada [13]

4.4. Manuseamento, Transporte e Armazenamento

4.4.1. Transporte e manuseamento

O transporte dos aparelhos de apoio deverá ser também objecto de estudo cuidado, uma vez que durante esta fase o AA na sua totalidade ou os seus elementos constituintes podem sofrer danos, através de quedas ou choques contra objectos e/ou outros materiais e equipamentos, pondo em causa o seu correcto funcionamento, mesmo antes da sua instalação. Para isso, é necessário ter em atenção que os aparelhos de apoio são compostos por vários componentes que não são fixados rigidamente. Estes devem ser presos temporariamente no local de fabricação, com fixações suficientemente fortes para manter os vários elementos do apoio nas posições correctas durante o

manuseamento, transporte e instalação. A remoção das fixações provisórias é efectuada após a instalação para que o apoio possa entrar em funcionamento sem quaisquer danos em nenhum dos seus componentes, tal como previsto em projecto.

De acordo com o estabelecido na norma europeia EN 1337, parte 11, o embalamento deve ser igualmente alvo de especiais cuidados para não ocorrerem danos durante o transporte dos aparelhos de apoio. O manuseamento e instalação deve ser realizado por mão-de-obra especializada, cujos conhecimentos e qualificações sejam comprovados. Durante o processo de manuseamento, os AA devem estar protegidos contra quaisquer poeiras e outros agentes contaminantes. Geralmente o seu manuseamento manual é inadequado e extremamente complicado devido ao peso deste equipamento, sendo portanto o seu manuseio feito com o auxílio de máquinas. Usualmente o transporte dos aparelhos de apoio é feito por meio de guindastes e elevadores que carregam os aparelhos por dispositivos de elevação. Nesta situação podem ser usados blocos em cadeia com ganchos e no caso de pontes construídas por avanços sucessivos em consola devem ser usadas roldanas.



Figura 43. Transporte de um AA para o local de instalação

O transporte de aparelhos de apoio, garantindo todas as condições de segurança e integridade destes dispositivos, exige a tomada das seguintes precauções:

- As fixações dos aparelhos de apoio devem ser sólidas e resistentes;
- As fixações provisórias devem ser fáceis de remover ou podem ser feitas de modo a que, quando o AA entra em funcionamento, partem;

- Deve-se utilizar um dispositivo de manuseio para os AA pesados.

4.4.2. Armazenamento

O armazenamento de aparelhos de apoio deve respeitar determinadas regras para desta forma prevenir possíveis danos nos aparelhos de apoio, mesmo antes da sua instalação. Estes devem ser colocados, quer seja em armazém ou estaleiro, em zonas abrigadas e com a adequada ventilação do espaço, devendo-se evitar igualmente zonas húmidas ou na presença de produtos tóxicos. Os cuidados com a limpeza são também imprescindíveis no correcto armazenamento destes equipamentos, procurando-se para isso, mantê-los o mais afastado possível de detritos e poeiras.

No empilhamento dos AA, deve-se usar protecções específicas quando se colocam os equipamentos uns sobre os outros para prevenir possíveis danos na protecção anti-corrosiva, nas folhas de PTFE, nas camadas de neoprene, entre outros. A posição horizontal ou a posição pretendida para o aparelho de apoio quando este entra em funcionamento são o posicionamento mais aconselhável para o seu armazenamento.

Quando a instalação dos aparelhos de apoio na estrutura não é feita imediatamente após o acto de entrega, então deve ser previsto o armazenamento destes equipamentos. O local de armazenagem em obra deve conter um substrato apropriado como por exemplo tábuas e uma cobertura ou capa protectora e ventilada na parte inferior. Este armazenamento temporário deve garantir que os AA não são danificados ou sujos pela sua exposição às intempéries como o calor, chuva, neve, granizo, entre outros, nem por contaminantes ou outros efeitos nocivos como trabalhos ou tráfego local.

No sentido de verificar que os aparelhos de apoio estão em perfeitas condições para a sua aplicação, antes da sua instalação, devem ser inspeccionadas e declaradas as condições do AA, dando especial atenção aos seguintes pontos:

1. Danos visíveis, particularmente no que diz respeito à protecção contra a oxidação; a origem e extensão de quaisquer danos deve ser indicada juntamente com detalhes de qualquer acção de reparação no desenho de instalação do AA.
2. Limpeza.
3. Segurança dos dispositivos de fixação temporária.
4. Conformidade com a instalação e desenhos de trabalho, se ainda não tiver sido estabelecido por meio de controlo de qualidade ou aceite por inspecção.

5. Marcação sobre a superfície superior e inferior do AA e na placa do apoio, bem como a marcação dos eixos coordenados, x e y, se for necessário, e identificação dos pontos de medição nos intervalos de rotação e de deslizamento.
6. Posição de todos os meios para assegurar o exacto posicionamento e instalação.
7. Dispositivo indicador de movimento, necessário para AA móveis, nos casos em que é exigido.



Figura 44. Exemplo de AA armazenados em estaleiro



Figura 45. Armazenamento de Aparelhos de Apoio em Fábrica

4.5. Regras a respeitar na instalação do Aparelho de Apoio

De acordo com o descrito na primeira parte da norma europeia EN 1337, quaisquer condições particulares de instalação deverão estar em concordância com a fase de fabrico e no acto de entrega do aparelho de apoio deve ser confirmado por escrito.

Geralmente é complicado prever com precisão as condições “in situ” no momento da instalação e estimar com exactidão o movimento a ser considerado. Por este motivo é portanto aconselhável, para base de projecto, considerar a condição mais desfavorável.

O desenho de instalação do AA é uma ferramenta importantíssima e imprescindível para a instalação deste elemento estrutural, mostrando toda a informação pedida, tal como dimensões, níveis, inclinações, posição longitudinal e transversal, tolerâncias, qualidade do material de construção na interface do AA, pré-ajuste do aparelho, entre outros. Por questões de facilidade de consulta, este desenho pode e deve ser combinado com o desenho do sistema de aparelhos de apoio para formar um único e simples documento de projecto.

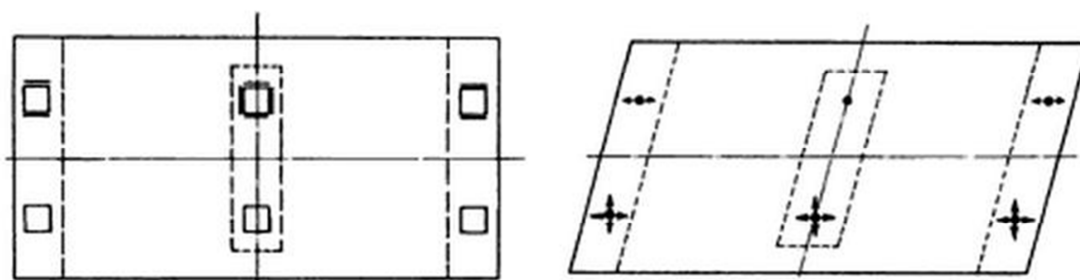


Figura 46. Exemplos de desenhos de sistemas de aparelhos de apoio [2]

O desenho do sistema de apoio, deve conter a simbologia indicada no capítulo 2 da presente dissertação e deve incluir a seguinte informação:

- Um sistema geral simplificado da vista dos aparelhos de apoio em planta na ponte;
- O detalhe dos locais do AA (reforços e recantos)
- Indicação do tipo de AA em cada localização;
- Uma tabela com os requisitos de cada aparelho;
- Detalhes da base de assentamento e fixações.

Em suma, os AA devem ser instalados seguindo o disposto no desenho de instalação e de acordo com a marcação da superfície superior do AA, na presença de técnico qualificado ou do fabricante.

A correcta instalação de aparelhos de apoio é uma operação deveras complicada e decisiva para a sua durabilidade. Qualquer erro ou falta de precisão, nas várias fases de instalação podem introduzir forças, que provocam danos no AA ou até na integridade da estrutura da Obra de Arte onde se insere.

Em aparelhos de apoio de tipo panela esta operação reveste-se de alguma dificuldade, no entanto considera-se a existência de um procedimento específico de instalação para qualquer projecto, de acordo com as ilustrações apresentadas de seguida [10].

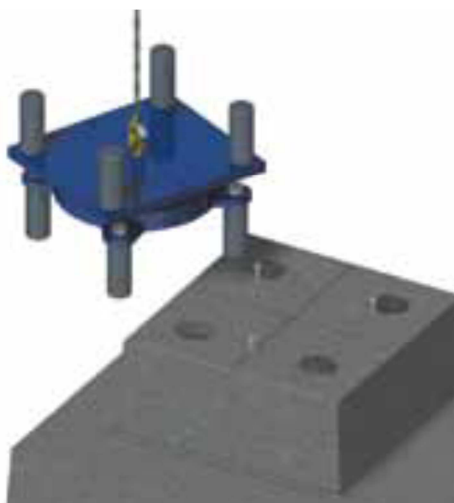


Figura 47. Colocação do aparelho de apoio no seu suporte

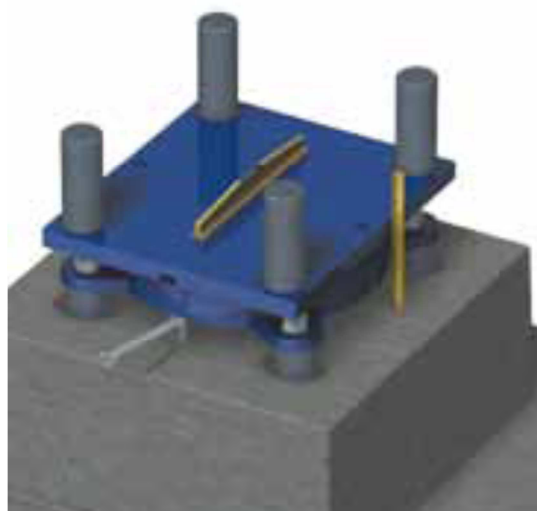


Figura 48. Ajuste do Aparelho de Apoio (Nivelamento)



Figura 49. Execução da base de assentamento

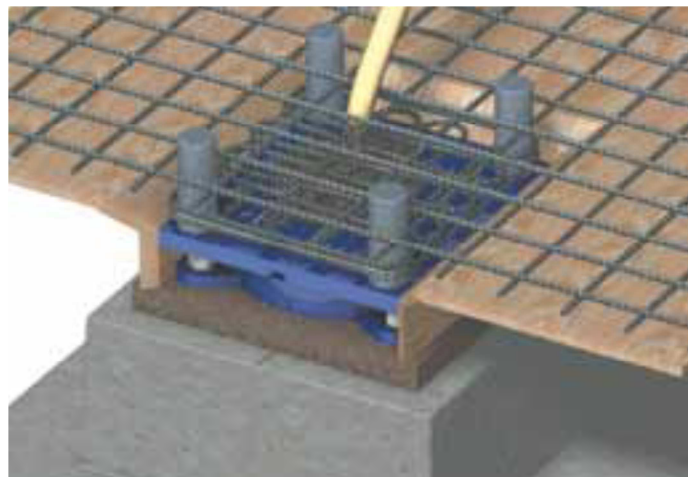


Figura 50. Cofragem, armadura de reforço e betonagem da superestrutura



Figura 51. Remoção das fixações provisórias para o AA entrar em serviço

4.5.1. Assentamento dos aparelhos de apoio

O assentamento de aparelhos de apoio em Obras de Arte pode ser feito sobre uma base de assentamento plana de argamassa não retráctil, com uma espessura reduzida, dada em função da altura de projecto considerada sobre o apoio, sendo o aparelho de apoio ligado através de uma resina epóxica de pequena espessura (de aproximadamente 2 milímetros). Estes casos são normalmente aplicáveis a aparelhos de apoio de dimensões e peso menores. Quando o projecto exige maiores aparelhos de apoio, estes devem-se executar numa base de assentamento com uma espessura entre os 20 e 40 milímetros, designada por plintos, compostos por argamassa de baixa retracção, que serve igualmente de nivelamento. Apenas no caso de AA do tipo EI sem chapas de aço exteriores podem ser colocadas directamente sobre a superfície de apoio (quer sejam pilares ou encontros), sobre a qual deve ser garantida a sua limpeza, exigindo-se também uma superfície de apoio seca e nivelada, dentro das tolerâncias estabelecidas na norma relevante.

Usualmente os AA são assentes sobre superfícies horizontais, mas nalgumas situações isso não é possível como em apoios móveis localizados nos encontros, quando o tabuleiro é inclinado longitudinalmente. Neste caso, os movimentos longitudinais não são na direcção da junta, gerando um desnível com consequentes inconvenientes tanto para os condutores como para a durabilidade da junta de dilatação da ponte. Perante esta situação é preferível optar por assentar os aparelhos num plano com a inclinação do tabuleiro, como demonstrado na figura apresentada de seguida.

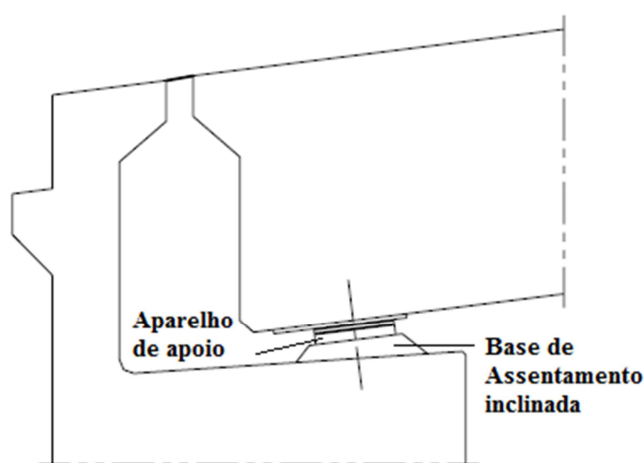


Figura 52. Corte longitudinal de uma determinada Obra de Arte, na zona do encontro [3]

Existem portanto duas formas possíveis para o assentamento dos aparelhos de apoio. Estes podem ser colocados:

1. No plano horizontal;
2. Numa cama inclinada de argamassa de alta resistência, com a inclinação do tabuleiro.

A primeira apresenta a vantagem de não gerar forças horizontais permanentes e o inconveniente de criar desníveis na junta de dilatação. Por outro lado, a base de assentamento do apoio inclinada não gera forças horizontais, mas em compensação proporciona movimentos na direcção longitudinal do tabuleiro. Em ambas as situações a argamassa utilizada deve ser de baixa retracção e o AA deve estar apoiado em toda a sua superfície. É utilizada, regra geral espessuras na ordem de 1 centímetro.

4.5.2. Posicionamento

O posicionamento dos aparelhos de apoio é de extrema importância na instalação do elemento estrutural pois o seu correcto e perfeito funcionamento está directamente dependente da sua instalação, precisando respeitar todas as indicações do projecto e do fabricante do AA, a posição pretendida, no que diz respeito à sua altura, direcção e inclinação.

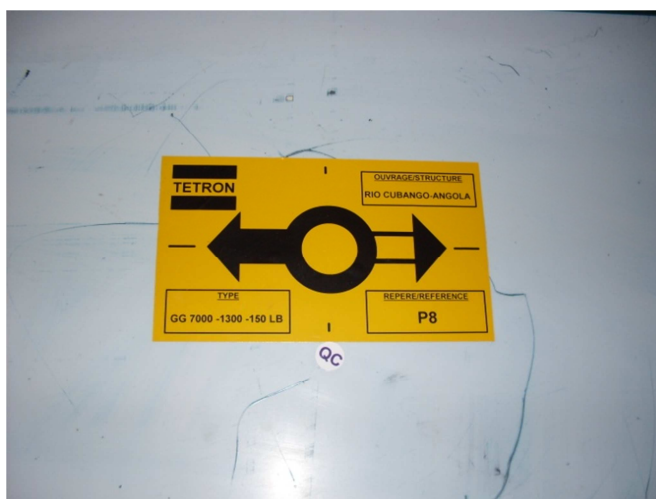


Figura 53. *Indicações de posicionamento do aparelho de apoio na parte superior do mesmo*

4.5.3. Ligação dos Aparelhos de Apoio à estrutura

A ligação dos AA à estrutura da Obra de Arte depende das condições de carregamento e dos materiais que constituem a estrutura. Em pontes de betão, a fixação pode ser feita por meio de ancoragens chumbadas ao betão ou, por outro lado, o AA pode ser solidarizados à estrutura através de colagem com resina epóxica sobre superfícies rugosas. No caso de uma estrutura metálica, a ligação dos AA à estrutura é conseguida através de ligações aparafusadas. Para estruturas pré-fabricadas prevê-se as seguintes condições: se os aparelhos de apoio estão providos de barras de ancoragem superiores, o tabuleiro pré-fabricado deve dispôr de espaços adequados para a colocação dos respectivos varões dos AA; se por outro lado os aparelhos não contêm chumbadores, então a ligação do apoio pode ser efectuada por uma camada de resina epoxy.

O aparelho de apoio é composto por duas partes independentes. A parte inferior é fixada a elementos estruturais que compõem a infra-estrutura, como pilares e encontros e a parte superior é ligada à superestrutura, dependendo do tipo de método construtivo usado na execução do tabuleiro, se é betonado “in situ” ou se é pré-fabricado. A montagem da superestrutura ou elemento estrutural sobre o AA é um aspecto importante na instalação dos aparelhos de apoio. Os elementos estruturais que são betonados “in situ” são geralmente formados directamente no aparelho de apoio, na sequência da sua instalação. A superfície do aparelho e o elemento estrutural deve estar em contacto directo, sem separação de camadas. Devem ser tomados cuidados para manter o AA limpo, prevenindo danos de humidades no betão e para assegurar que pode ser substituído sem dificuldade. No caso do betão pré-fabricado e elementos metálicos, devem ser tomadas medidas especiais para assegurar o seu contacto uniforme com o aparelho de apoio.

4.6. Funcionamento dos diversos tipos de Aparelhos de Apoio

Os aparelhos de apoio têm como função essencial absorver os movimentos das estruturas das Obras de Arte. Estes movimentos relativos podem ser de translação, na direcção longitudinal, transversal e vertical ou ainda movimentos de rotação considerados para as três direcções (x,y e z). A translação e a rotação entre duas partes estruturais pode ser efectuada de três maneiras:

1. Por rolamento;
2. Por deslizamento;
3. Por deformação.

Um aparelho que impede os movimentos de translação são denominados de AA fixos ou AA pontual fixo, se por sua vez permite movimentos apenas numa das direcções é designado de aparelho de apoio unidireccional ou AA guiado. No caso do apoio ser “livre” para movimentos de translação, ou seja, permitir os deslocamentos em ambas as direcções horizontais, longitudinal e transversal, então toma o nome de aparelho de apoio multidireccional.

As forças de reacção que os AA têm que suportar são na direcção vertical, N , na direcção longitudinal, V_x e na direcção transversal, V_y . São ainda considerados momentos de reacção na direcção longitudinal, M_x .

As tabelas apresentadas de seguida para os tipos mais comuns de aparelhos de apoio descrevem com detalhe os movimentos relativos, deslocamentos e rotações, e as reacções consideradas na tabela 1 da EN 1337-1 para os tipos de apoios mais comuns.

Tipo de Aparelho de Apoio	Movimentos Relativos						Reacções		
	Deslocamentos			Rotações			Forças	Momentos	
	v_x	v_y	v_z	α_x	α_y	α_z			
Aparelhos de Apoio "panela"	nenhum	nenhum	muito pequeno	Deformação	Deformação	Deslizamento e Deformação	V_x	V_y	N
Aparelhos de Apoio "panela" com uma parte móvel deslizante unidireccional	Deslizamento						V_y	N	
Aparelhos de Apoio "panela" com uma parte móvel deslizante multidireccional		Deslizamento					N		

Quadro 18. Movimentos e reacções em AA de panela

Tipo de Aparelho de Apoio	Movimentos Relativos						Reacções		
	Deslocamentos			Rotações			Forças	Momentos	
	v_x	v_y	v_z	α_x	α_y	α_z			
AA esféricos de rotação com restrição de deslocamentos em ambas as direcções	nenhum	nenhum	quase nenhum	Deslizamento	Deslizamento	Deslizamento	V_x	V_y	N
AA esférico com uma parte móvel deslizante unidireccional (guia exterior)							V_x	V_y	N
AA esférico com uma parte móvel deslizante unidireccional (guia interior)	Deslizamento	nenhum	quase nenhum	Deslizamento	Deslizamento	Deslizamento	V_y	N	
AA esférico com uma parte móvel deslizante multidireccional							Deslizamento		N

Quadro 19. *Movimentos e Reacções em AA esféricos*

Tipo de Aparelho de Apoio	Movimentos Relativos						Reacções		
	Deslocamentos			Rotações			Forças	Momentos	
	v_x	v_y	v_z	α_x	α_y	α_z			
AA de roletes únicos	rolamento	nenhum	quase nenhum	nenhum	oscilante	nenhum	V_y	N	M_x
AA de roletes únicos com uma parte móvel na outra direcção		deslizamento					N		M_x

Quadro 20. *Movimentos e reacções em AA do tipo Rl*

Tipo de Aparelho de Apoio	Movimentos Relativos						Reacções		
	Deslocamentos			Rotações			Forças	Momentos	
	v_x	v_y	v_z	α_x	α_y	α_z			
Aparelho de Apoio Elastomérico	Deformação	Deformação	pequeno ¹⁾	Deformação	Deformação	Deformação	V_x	V_y	N
Aparelho de Apoio Elastomérico bloqueado para um eixo		nenhum					V_x	V_y	N
AA Elastomérico com uma parte móvel deslizante unidireccional e bloqueado nos outros eixos	Deslizamento e Deformação	nenhum					V_y	N	
AA Elastomérico com uma parte móvel deslizante multidireccional		Deslizamento e Deformação					N		
AA Elastomérico com uma parte móvel deslizante unidireccional		Deformação					V_y	N	
AA Elastomérico com dispositivos de segurança para dois eixos		nenhum					V_x	V_y	N
AA Elastomérico com uma parte móvel deslizante unidireccional e bloqueado para dois eixos	Deslizamento	nenhum					V_y	N	
AA Elastomérico com uma parte móvel deslizante multidireccional e bloqueado para dois eixos		Deslizamento					N		

Quadro 21. Movimentos e reacções em AA do tipo El

Tipo de Aparelho de Apoio	Movimentos Relativos						Reacções				
	Deslocamentos			Rotações			Forças	Momentos			
	v_x	v_y	v_z	α_x	α_y	α_z					
AA metálico oscilante com contacto pontual	nenhum	nenhum	quase nenhum	oscilante	oscilante	deslizante	V_x	V_y	N		
AA metálico oscilante com contacto pontual e uma parte móvel deslizante unidireccional	deslizamento						V_y	N			
AA metálico oscilante com contacto pontual e uma parte móvel deslizante multidireccional	deslizamento	deslizamento					N				
AA metálico oscilante com contacto linear	nenhum	nenhum		nenhum		nenhum	deslizante	V_x	V_y	N	M_x
AA metálico oscilante com contacto linear com uma parte móvel deslizante unidireccional	deslizamento							V_y	N	M_x	
AA metálico oscilante com contacto linear com uma parte móvel deslizante multidireccional		deslizamento		N				M_x			

Quadro 22. Movimentos e reacções em AA do tipo Os

Tipo de Aparelho de Apoio	Movimentos Relativos						Reacções			
	Deslocamentos			Rotações			Forças	Momentos		
	v_x	v_y	v_z	α_x	α_y	α_z				
AA cilíndrico fixo	nenhum	nenhum	quase nenhum	nenhum	deslizamento	nenhum	V_x	V_y	N	M_x
AA cilíndrico móvel guiado na direcção y		deslizamento					V_x	N	M_x	
AA cilíndrico móvel guiado na direcção x	nenhum	V_y					N	M_x		
AA cilíndrico livre (móvel nas direcções x e y)	deslizamento	deslizamento				deslizamento	N	M_x		

Quadro 23. Movimentos e reacções em AA cilíndricos

Tipo de Aparelho de Apoio	Movimentos Relativos						Reacções		
	Deslocamentos			Rotações			Forças	Momentos	
	v_x	v_y	v_z	α_x	α_y	α_z			
AA guiado bloqueado para dois eixos	nenhum	nenhum	deslizamento o	deslizamento ou deformação	deslizamento ou deformação	deslizamento ou deformação	V_x	V_y	
AA guiado bloqueado para um eixo	deslizamento					nenhum	V_y		

Quadro 24. Funcionamento de AA guiados ou bloqueados

Capítulo 5. Anomalias e Reparações nos Aparelhos de Apoio

A estrutura de uma Obra de Arte deve corresponder ao período de vida útil para o qual foi projectada, garantindo a sua utilização em condições de segurança, a sua integridade e o seu correcto funcionamento. Para que tal seja possível é de extrema importância o estudo dos problemas patológicos existentes em toda a estrutura e em particular nos aparelhos de apoio, objecto de estudo neste trabalho. O estudo das anomalias presentes em AA permite controlar o comportamento de toda a estrutura em serviço, uma vez que os apoios com um funcionamento deficiente influenciam todo o desempenho da estrutura da Obra de Arte através das alterações que provocam no funcionamento previsto em projecto.

Com respeito a estes aspectos, o estudo das patologias realizado no presente trabalho engloba toda a análise detalhada das anomalias verificadas nos diversos aparelhos de apoio, descrevendo as suas causas, de que forma se manifestam, quais os mecanismos de ocorrência, e os possíveis métodos correctivos a aplicar em cada situação. Os factores que estão na origem das anomalias, que conduzem à deterioração das estruturas podem ser diversos. São considerados dois diferentes tipos de causas para as patologias: as causas intrínsecas que estão relacionadas com os processos de deterioração da própria estrutura, a sua utilização, execução, falhas humanas, entre outros e as causas extrínsecas, externas ao material, actuando de fora para dentro.

5.1. Identificação das anomalias

Considera-se que as anomalias que se verificam ao nível dos aparelhos de apoio não correspondem apenas aos próprios AA mas também toda a zona envolvente e as bases de assentamento. Desta forma, a identificação das diversificadas patologias é feita para as anomalias comuns a todos os tipos de apoios, geralmente relativas à zona do alinhamento do aparelho e ao estado de conservação da base de assentamento, e para cada um dos principais tipos de apoios, individualmente.

As anomalias presentes em todos os tipos de aparelhos de apoio são:

- Defeitos nas bases de assentamento: de geometria - desnivelamento, ausência de paralelismo, deficiência planura, dimensões inferiores ao aparelho de apoio; de

conservação – delaminação e desagregação, rotura parcial, fissuração, afundamento do apoio;

- Descontinuidade da superfície de contacto;
- Existência de humidade ou água estagnada na base de assentamento;
- Existência de detritos ou vegetação que bloqueiem os movimentos previstos para o aparelho;
- Lubrificação insuficiente ou inexistente;
- Colocação do apoio no sentido invertido;
- Deslocamento do AA móvel não direccionado para o ponto fixo do tabuleiro da ponte;
- Colocação do AA não paralela ao eixo do pilar.

Tendo em consideração que a tipologia existente de apoios possui diferentes materiais e modos de funcionamento, seguidamente apresentam-se as principais anomalias que podem ser encontradas em aparelhos de apoio metálicos, referindo posteriormente as que dizem respeito a cada subtipo de AA metálico estudado no capítulo 3, em articulações de betão, em aparelhos de chumbo, em apoios de neoprene cintado e ainda em AA de pote ou panela.

As patologias relativas a aparelhos cujo material constituinte é o aço são:

- Degradação das superfícies de contacto e das superfícies de deslizamento;
- Corrosão dos elementos constituintes do apoio: placas de deslizamento, guias ou batentes;
- Deficiente protecção anti-corrosiva;
- Mau estado de conservação das soldaduras;
- Posição incorrecta e eventual deformação de elementos de rotação;
- Existência de fissuras de algum elemento constituinte do AA;
- Capacidade de rotação ou deslocamento horizontal ultrapassada;
- Arqueamento da chapa de deslizamento.



Figura 54. Anomalia em AA metálico: Degradação das superfícies de contacto (descolamento do revestimento da chapa superior)

No âmbito dos aparelhos de apoio metálicos, distinguem-se os subtipos de AA de rolo ou rolete, os AA oscilantes, os AA esféricos ou cilíndricos comportando PTFE e os AA lineares com guia ou bloqueio. A degradação que se pode verificar nestes apoios é geralmente devida à corrosão das partes metálicas ou ao mau funcionamento dos rolamentos.

As anomalias verificadas em AA de rolo ou rolete são:

- Fissuração ou rotura dos roletes;
- Transposição da guia dos roletes;
- Corrosão ou deformação dos roletes;
- Perda do revestimento exterior dos roletes;
- Desalinhamento do eixo dos roletes, caso se trate de AA de roletes múltiplos;
- Diferente inclinação dos roletes;
- Quebra ou desgaste dos dentes de guiamento, em AA de roletes com dentes de guiamento.

Nos AA do tipo RI com dentes de guiamento é necessário tomar as devidas precauções para evitar a sua quebra ou desgaste. O papel dos dentes, que podem ser soldados ou aparafusados, é assegurar o rolamento sem deslizamento.

As anomalias mais comuns em AA oscilantes são:

- Inadequada inclinação do pêndulo;
- Fissura ou rotura de elementos constituintes;
- Impedimento ou bloqueio na inclinação dos pêndulos.

A indevida inclinação do pêndulo em AA do tipo Os pode corresponder a uma consequência gravosa para o AA e para a estrutura, devendo-se tomar a prevenção necessária. O valor da inclinação deve ser medido em função da temperatura ambiente no dia da medição e deve ser calculado para a posição extrema da ponte.

No caso de AA esféricos ou cilíndricos comportando PTFE, as anomalias que se podem observar são as seguintes:

- Deficiente inclinação da calote esférica;
- Fissura ou rotura de peças constituintes;
- Bloqueamento do deslocamento da calote esférica;
- Descolamento parcial ou total da camada de PTFE, com escorregamento da mesma;
- Diferentes espessuras na camada de teflon.

Para AA lineares com guia ou bloqueio, consideram-se as anomalias que se seguem:

- Sugidade e conseqüente bloqueamento e deterioração da guia ou bloqueio;
- Saída da guia ou bloqueio;
- Impedimento parcial ou total do deslocamento e/ou rotação;
- Descolamento do revestimento de deslizamento;
- Esmagamento das camadas de teflon.

Anomalias em AA de chumbo:

- Esmagamento, flexão e fluência da almofada de chumbo;
- Deterioração da camada de chumbo;
- Deslocamento sobre as mesas de assentamento.

As patologias que se verificam em articulações de betão são enumeradas abaixo:

- Esmagamento ou fissuração nos cantos;

- Degradação do betão de revestimento da zona central;
- Corrosão das armaduras.

Os aparelhos de apoio mais utilizados são também aqueles que apresentam um maior número de possíveis patologias, uma vez que são compostos por vários elementos. Nos AA de neoprene cintado podem ser identificadas as anomalias referidas de seguida:

- Elevada distorção, superior a metade da altura do AA;
- Deslocamento sobre o suporte;
- Elevada compressão do neoprene;
- Fissuração do neoprene;
- Perfuração ou picagem das chapas interiores e exteriores;
- Corrosão das chapas interiores e exteriores;
- Descolagem da vulcanização das chapas interiores;
- Degradação das chapas de deslizamento, das guias ou dos batentes;
- Fissuração e rotura dos cantos;
- Oxidação dos elementos de aço;
- Permanência das fixações provisórias;
- Degradação, deslocamento ou escorregamento das folhas de PTFE.



Figura 55. Pormenor de um batente³ onde é evidente o deslocamento da folha de PTFE

³ Os batentes, ao contrário dos aparelhos de apoio não são instalados no plano horizontal, mas sim no vertical. No entanto, possuem características e constituição semelhantes aos AA, apresentando igualmente o mesmo tipo de anomalias.



Figura 56. Permanência de chapas de travamento provisórias (a vermelho) e existência de detritos



Figura 57. Deslocamento sobre a base de assentamento com elevada distorção do neoprene

As anomalias que podem estar presentes, particularmente nos AA do tipo panela, são:

- Elevada compressão da camada de neoprene;
- Fluência do neoprene;
- Elevada distorção do neoprene que nalguns casos pode conduzir ao seu deslocamento para o exterior da panela;
- Corrosão das partes metálicas;
- Fissuras e deformações nos elementos de aço;
- Obstrução das folgas entre a tampa e a panela, impedindo o deslocamento previsto.

5.1.1 Sistema Classificativo das Anomalias

O sistema classificativo das anomalias em aparelhos de apoio proposto na presente dissertação procura englobar todas as anomalias listadas anteriormente, de forma organizada por forma a facilitar a sua compreensão e aplicação em sistemas de inspecção em aparelhos de apoio. Assim, propõe-se que as anomalias referidas anteriormente sejam distribuídas por diferentes categoriais, em função da localização do aparelho de apoio e da sua origem, isto é, se a anomalia é de concepção e/ou projecto, se é de instalação/colocação ou ainda se se trata de um problema originado pela ausência ou insuficiente manutenção. A classificação das anomalias proposta divide-se em cinco categorias [5]:

- Categoria A1 – Anomalias nos materiais constituintes;
- Categoria A2 – Anomalias de projecto e concepção;
- Categoria A3 – Anomalias de construção e instalação;
- Categoria A4 – Anomalias nas bases de assentamento;
- Categoria A5 – Anomalias por falta de manutenção.



Figura 58. Anomalias nos materiais (corrosão dos elementos de aço e desgaste do betão) e deficiente planeza da superfície de apoio do AA

O quadro que se segue representa o sistema classificativo de anomalias em aparelhos de apoio proposto neste trabalho, enumerando as patologias que se podem identificar em cada uma destas categorias.

A1 - Anomalias nos materiais constituintes	
A1-1	Corrosão dos elementos de aço constituintes do AA
A1-2	Deterioração ou má fixação entre componentes
A1-3	Fissuração, deformação ou rotura de elementos metálicos constituintes
A1-4	Perda do revestimento exterior dos roletes
A1-5	Quebra ou desgaste dos dentes de guiamento, em AA de roletes com dentes de guiamento
A1-6	Bloqueamento do deslocamento da calote esférica
A1-7	Degradação, delocamento ou escorregamento das folhas de PTFE
A1-8	Defeitos nas camadas de Teflon
A1-9	Esmagamento, flexão e fluência da almofada de chumbo
A1-10	Deficiências do neoprene
A1-11	Defeitos do betão
A1-12	Deslocamento do elastómero sobre o suporte
A2-Anomalias de projecto e concepção	
A2.1	Deficiente protecção anti-corrosiva
A2.2	Capacidade de rotação ou deslocamento horizontal ultrapassada
A2.3	Lubrificação insuficiente ou inexistente
A2.4	Desalinhamento do eixo dos roletes, caso se trate de AA de roletes múltiplos
A2.5	Diferente inclinação dos roletes
A2.6	Inadequada inclinação do pêndulo
A2.7	Fissuração, deformação ou rotura de elementos metálicos constituintes
A2.8	Deficiente inclinação da calote esférica
A2.9	Deslocamento sobre as mesas de assentamento
A2.10	Transposição da guia ou bloqueio
A2.11	Elevada distorção e compressão do neoprene
A3 - Anomalias de construção e instalação	
A3.1	Posição incorrecta e eventual deformação de elementos de rotação
A3.2	Descontinuidade da superfície de contacto
A3.3	Colocação do apoio no sentido invertido
A3.4	Deslocamento do AA móvel não direccionado para o ponto fixo do tabuleiro da ponte
A3.5	Colocação do AA não paralela ao eixo do pilar
A3.6	Permanência das fixações provisórias
A3.7	Obstrução das folgas entre a tampa e a panela, impedindo o deslocamento previsto
A4 - Anomalias nas bases de assentamento	
A4.1	Defeitos de geometria nas bases de assentamento
A4.2	Defeitos de conservação nas bases de assentamento
A4.3	Existência de humidade ou água estagnada na base de assentamento
A4.4	Deficiente integridade da base de assentamento
A5 - Anomalias por falta de manutenção	
A5.1	Degradação das superfícies de contacto e das superfícies de deslizamento
A5.2	Existência de detritos ou vegetação que bloqueiem os movimentos previstos
A5.3	Impedimento parcial ou total do deslocamento e/ou rotação
A5.4	Impedimento do movimento por ferrugem

Quadro 25. Sistema classificativo de anomalias (Fonte: Freire,2008)

5.2. Possíveis causas das anomalias

Antes de qualquer medida preventiva para corrigir anomalias existentes nos aparelhos de apoio, é importante conhecer as causas que estão na sua origem, para facilitar a decisão sobre o diagnóstico para a patologia verificada. Estas possíveis causas podem ser classificadas por categorias, à semelhança do sistema classificativo considerado para as anomalias. Os motivos que estão na origem de patologias em AA são assim subdivididos em sete categorias:

- C1 – Erros/Defeitos de Projecto;
- C2 – Deficiências de fabrico;
- C3 – Erros de instalação/colocação;
- C4 – Deficiente manutenção ou conservação;
- C5 – Alterações das condições de serviço previstas;
- C6 – Acções ambientais;
- C7 – Acções acidentais de origem humana.

A lista classificativa que se segue fornece toda a informação referida, de forma resumida e organizada, das causas possíveis das anomalias presentes em AA [5].

C1 - Erros/Defeitos de Projecto	
C1-1	Dimensionamento inadequado do AA
C1-2	Especificação inadequada do AA
C1-3	Escolha inadequada do tipo de AA às condições de funcionamento
C1-4	Pormenorização de projecto insuficiente
C2 - Deficiências de fabrico	
C2-1	Defeitos dos materiais
C2-2	Protecção contra corrosão insuficiente
C2-3	Defeitos na ligação de elementos constituintes
C2-4	Folgas entre elementos constituintes inadequados
C2-5	Geometria inadequada
C2-6	Armazenamento incorrecto
C3 - Erros de instalação e colocação	
C3-1	Posicionamento incorrecto da parte móvel do AA
C3-2	Deficiente montagem do AA
C3-3	Localização ou orientação incorrecta do AA
C3-4	Má execução das bases de assentamento
C3-5	Permanência das fixações provisórias no AA
C3-6	Inapropriada ligação do AA às bases de assentamento
C3-7	Incorrecta drenagem e impermeabilização da envolvente do AA
C4 - Deficiente manutenção ou conservação	
C4-1	Falta de limpeza de detritos ou vegetação
C4-2	Deficiente lubrificação do AA
C4-3	Desaperto das ligações aparafusadas
C5 - Alterações das condições de serviço previstas	
C5-1	Fluxo de tráfego superior ao previsto
C5-2	Acréscimo de cargas permanentes do tabuleiro
C5-3	Assentamento das fundações
C5-4	Rotação dos Encontros
C5-5	Deformações permanentes dos apoios intermédios
C5-6	Comportamento reológico da estrutura diferente do previsto
C6 - Acções Ambientais	
C6-1	Ambiente marítimo
C6-2	Humidade elevada
C6-3	Vento excessivo
C6-4	Gelo/Neve
C7 - Acções acidentais de origem humana	
C7-1	Colisão/Acidente de Tráfego
C7-2	Vandalismo
C7-3	Explosão
C7-4	Incêndio

Quadro 26. Lista classificativa de causas das anomalias (Fonte: Freire,2008)

5.2.1 Erros/Defeitos de Projecto

Um aparelho de apoio mal dimensionado ou inadaptado à sua função pode dar origem a danos muito graves tanto para o próprio AA como para a totalidade da estrutura da Obra de Arte onde está inserido. Consideram-se também erros de projecto quando o projectista não fornece a pormenorização das bases de assentamento e da envolvente ao AA, que deve dispôr das condições necessárias para a realização de inspecções e de manutenções. As patologias causadas por problemas de projecto nos AA estão normalmente associados a problemas relacionados com a má especificação dos aparelhos de apoio a usar e ao deficiente conhecimento das suas características mecânicas, bem como a análise dos esforços e verificação estrutural associada.

5.2.2 Deficiências de Fabrico

As anomalias causadas por deficiências de fabrico estão relacionadas com defeitos nos diversos materiais que compõem o aparelho de apoio, ou insuficiente protecção contra a corrosão das peças metálicas, ou ainda falta de rigor ao nível da geometria do AA e folgas mínimas entre elementos permitidas. As ligações entre os elementos constituintes dos aparelhos também poderá ser a origem de imensos erros de fabrico e por esse motivo deve-se assegurar que as ligações entre peças são realizadas na perfeição, por exemplo a vulcanização do aço ao elastómero nos aparelhos de neoprene cintado, a soldadura dos diferentes aços e a colagem das folhas de PTFE às chapas de deslizamento metálicas. O armazenamento incorrecto, quer em armazém ou em obra pode conduzir ao aceleramento do processo de degradação dos materiais, especialmente nos materiais metálicos onde a oxidação do material é mais rápida. Durante o processo de fabrico dos AA devem ser tidos em conta cuidados especiais aos diversos materiais utilizados, as suas propriedades e o seu estado de conservação (por exemplo se possui algum defeito), com vista à redução do número de patologias devidas a defeitos de fabrico. Uma vez que estes equipamentos são actualmente, alvo de um rigoroso controlo de qualidade do fabrico, este objectivo é cada vez mais concretizado com a crescente diminuição da frequência de anomalias de fabrico.



Figura 59. Corrosão visível nas chapas de aço – Armazenamento incorrecto

5.2.3 Erros de instalação/colocação

Na construção de uma Obra de Arte, a fase de instalação, precedente à execução do tabuleiro deve ser objecto de especial atenção para desta forma prevenir o surgimento de possíveis danos penalizadores para o comportamento da estrutura e do próprio AA. O posicionamento da parte móvel do aparelho de apoio, na sua instalação deve estar em concordância com a temperatura média a que a estrutura está submetida, logo, quando o AA é instalado com uma temperatura ambiente baixa, a sua posição deve estar próxima do seu deslocamento mínimo, pelo contrário se o AA é instalado na estação meteorológica mais quente, o apoio deverá posicionar-se para o seu deslocamento máximo. A imprecisão do local exacto de montagem do aparelho de apoio, quer em relação às cotas altimétricas ou planimétricas é um factor crítico na instalação do AA, pois se este não é devidamente colocado pode conduzir a desalinhamentos e desnivelamentos no sistema de apoios. Nas pontes em curva ou em viés os AA devem ser orientados para o ponto fixo do tabuleiro que pode não coincidir com o alinhamento da infraestrutura (pilares e encontros). A base de assentamento deve ser efectuada com os materiais apropriados, geralmente argamassas de baixa retracção e elevada resistência uma vez que deve estar preparada para suportar os esforços consideráveis transmitidos pelos aparelhos de apoio. As fixações ou bloqueadores provisórios só devem ser mantidos para segurança de todos os componentes até à

betonagem do tabuleiro, devendo ser retiradas de seguida para que o aparelho de apoio possa entrar em funcionamento de acordo com as funções para o qual foi projectado. Uma deficiente fixação dos aparelhos de apoio, quer seja aparafusada, por ancoragem, ou colagem com resinas epóxicas pode conduzir ao seu desligamento, por exemplo o desaperto no caso de ligações aparafusadas, podendo a tensão de aperto ser controlada através de uma chave dinamométrica. A incorrecta drenagem e impermeabilização da envolvente ao apoio dá origem a um meio ambiente consideravelmente mais agressivo.

5.2.4 Deficiente manutenção ou conservação

O estado de conservação de um aparelho de apoio é um reflexo das operações de manutenção realizadas ao longo da sua vida útil. As técnicas de manutenção ou conservação existentes devem ser aplicadas aos aparelhos de apoio, garantindo a sua limpeza, lubrificação, se necessário, e verificação das ligações entre elementos constituintes. Resumindo, os defeitos por falta de manutenção são:

- Falta de lubrificação;
- Falta de protecção contra a corrosão;
- Sujidade;
- Outros.

5.2.5 Alterações das condições de serviço previstas

As modificações das estruturas e das condições de exploração de Obras de Arte também pode ser responsável pela introdução de esforços para as quais a estrutura não está preparada, tais como o aumento do fluxo de tráfego, o acréscimo de cargas permanentes do tabuleiro, o comportamento reológico diferente do previsto e movimentos que podem ocorrer como assentamentos das fundações, rotação dos encontros e deformações permanentes dos apoios intermédios do tabuleiro.

5.2.6 Acções ambientais

As acções ambientais são muitas vezes a origem de muitas patologias que surgem nos aparelhos de apoio em pontes e viadutos, sendo difícil contornar esta

situação porque é difícil de prever as condições atmosféricas a que as estruturas vão ser sujeitas, conduzindo a um comportamento estrutural diferente do previsto em projecto. A acção mais determinante é a temperatura com influência no deslocamento da estrutura e conseqüentemente também nos AA, mas a humidade ambiente e a precipitação têm igualmente influência pois são responsáveis pela acelerada degradação das protecção anti-corrosivas. Em Portugal as acções do vento excessivo e do gelo/neve não são tão significativas, embora devam ser consideradas com o intuito de abranger este sistema classificativo a nível internacional dado que cada vez mais as alterações climáticas têm provocado acontecimentos inesperados no território nacional.

5.2.7 Acções acidentais de origem humana

A causa C7, da lista classificativa apresentada de seguida, diz respeito essencialmente à acção humana. Um acidente de tráfego, uma explosão ou um incêndio são alguns exemplos. Quando os aparelhos de apoio estão facilmente acessíveis à população no geral, esta situação pode dar origem ao roubo de elementos que constituem o AA e que são imprescindíveis para o seu correcto funcionamento e a outros danos resultantes de vandalismo.



Figura 60. Aparelho de apoio elastomérico com danos resultado de actos de vandalismo

5.3. Métodos correctivos para as anomalias

A resolução das anomalias é conseguida por intermédio de vários métodos correctivos. Estes podem ser agrupados em diferentes grupos conforme o tipo de intervenção considerada. Assim, consideram-se oito categorias classificativas para as técnicas de manutenção/conservação, de reparação ou reabilitação do AA, sendo uma delas a substituição completa do apoio.

A lista classificativa apresentada de seguida descreve todas essas categorias consideradas para os métodos correctivos das anomalias observados em aparelhos de apoio presentes em Obras de Arte.

1 - Limpeza	
1-1 -	Remoção de detritos, resíduos de construção, excesso de tinta e vegetação
1-2 -	Remoção de óleos e lubrificantes de base petrolífera
2 - Drenagem e impermeabilização	
2-1 -	Reparação da drenagem e impermeabilização da envolvente do AA
3- Lubrificação	
3-1 -	Lubrificação das folhas de deslizamento em Teflon
4- Fixação à estrutura	
4-1 -	Reaperto ou substituição de fixações aparafusadas
4-2 -	Recolocação dos AA
4-3 -	Remoção das fixações provisórias
4-4 -	Remoção das chapas de travamento (normalmente de cor vermelha)
4-5 -	Fixação de chapas de deslizamento
5- Reposicionamento	
5-1 -	Reposicionamento altimétrico/ planimétrico
5-2 -	Realinhamento dos AA para o ponto neutro/fixo
6- Reparação dos materiais constituintes do AA	
6-1 -	Reparação de soldaduras ou ligações aparafusadas
6-2 -	Substituição de vedantes do AA
6-3 -	Substituição da almofada de neoprene nos AA pote
6-4 -	Reparação do betão e armaduras nas articulações de betão
6-5 -	Desempenamento e rectificação das guias
6-6 -	Protecção anti-corrosiva
7- Reparação da Base de assentamento do AA	
7-1 -	Reparação de danos, fissuras, deformações ou esmagamento
7-2 -	Reposição das dimensões dos plintos
7-3 -	Nivelamento da base de assentamento
8- Substituição total ou parcial do AA	

Quadro 27. Lista classificativa dos métodos correctivos (Adaptado de [5])

5.3.1. Limpeza

A limpeza dos AA e da sua envolvente é um dos aspectos mais importantes a ter em conta na manutenção de aparelhos de apoio, uma vez que origina variadíssimas anomalias nestes equipamentos. Existem componentes específicos que podem ser incorporados nos aparelhos de apoio denominados por saia anti-poeiras ou guarda-pós que podem assegurar a protecção contra a sujidade, embora não seja eficaz em casos extremos como por exemplo escorregamento de taludes.

5.3.2. Drenagem e impermeabilização

A categoria 2 diz respeito a todos os trabalhos de reparação e impermeabilização dos sistemas de drenagem, tanto do tabuleiro como das mesas de assentamento dos aparelhos de apoio. A garantia de estanquidade nas juntas de dilatação é um ponto de partida importante para proporcionar a adequada impermeabilização pois desta forma é evitada a passagem de água pela junta que afectaria directamente o aparelho de apoio que está no seguimento da junta.

5.3.3. Lubrificação

A lubrificação das folhas de teflon, constitui a técnica de manutenção da categoria 3. A utilização destas folhas alveolares em aparelhos de apoio tem a finalidade de garantir os deslocamentos pretendidos, através de um deslizamento suave e contínuo que é conseguido pelo reduzido atrito entre as películas de PTFE e as chapas de deslizamento metálicas, geralmente em aço inoxidável. Com o intuito de melhorar esta vantagem do PTFE, estas películas são lubrificadas com produtos de lubrificação como graxas à base de silicone, com pouca aderência a poeiras, garantindo ao mesmo tempo a auto-lubrificação da superfície de deslizamento.



Figura 61. Lubrificação do Aparelho de Apoio

5.3.4. Fixação à estrutura

De acordo com o descrito em 4.4.3 desta dissertação, a fixação dos aparelhos de apoio pode ser realizada de diferentes formas de ligação, ou com resinas epóxicas, ou barras de ancoragem ou ainda ligações aparafusadas. Nas fixações aparafusadas é habitual verificar-se perdas de tensão com conseqüente afrouxamento ou até mesmo desaperto total dos parafusos e a sua degradação. A medida correctiva mais adequada nestas situações é o reaperto ou substituição, se necessário, de fixações aparafusadas, aconselhando-se também a verificação da tensão nos parafusos, por prevenção, com a periodicidade indicada pelo fabricante. Quando a fixação dos AA à estrutura é alcançada por meio de colagem de argamassas e resinas epóxicas e não é efectuada correctamente, o AA pode sair da sua posição inicial comprometendo a funcionalidade deste e nesta situação, a técnica de diagnóstico mais adequada a adoptar é a recolocação do AA. As fixações provisórias são, tal como o nome indica, para ser utilizadas apenas temporariamente, e devem ser removidas logo após a execução do tabuleiro para poder entrar em funcionamento de acordo com as condições previstas. A permanência destas na estrutura em serviço constitui uma anomalia que deve ser solucionada através da remoção destes. As anomalias relacionadas com o descolamento das chapas de deslizamento podem ser resolvidas através da sua devida fixação à sua base de suporte com recurso a resinas apropriadas ou através de processos de soldadura.

5.3.5. Reposicionamento

A incorrecta posição do aparelho de apoio provoca diversas anomalias nestes equipamentos que podem ter diferentes origens, logo existem necessariamente diferentes técnicas de manutenção e/ou reparação. Uma delas é o reposicionamento do apoio para a posição adequada, quer em termos altimétricos ou planimétricos. Se a base de assentamento do AA for danificada ou apresentar sinais de defeitos de execução, isso implica a reparação e reposicionamento do AA. Nesta categoria de métodos correctivos para as anomalias é incluída a rectificação do alinhamento dos apoios. Em pontes curvas, os aparelhos móveis devem estar direccionados para o ponto neutro da OA.

5.3.6. Reparação dos materiais constituintes do AA

Os aparelhos de apoio são compostos por vários elementos que podem apresentar anomalias diversificadas e por esse motivo considera-se uma categoria classificativa de técnicas de manutenção e reparação relativa aos materiais que compõem estes elementos.

A ligação entre os elementos metálicos que compõem os aparelhos de apoio, que pode ser feita através de soldadura ou por meio de ligações aparafusadas, por vezes apresenta sinais de deterioração resultado das cargas elevadas a que o AA é sujeito. Para solucionar esta anomalia é necessário proceder à reparação das soldaduras e ou parafusos danificados, substituindo-se aqueles que já não estão aptos para desempenhar as suas funções e, caso seja necessário, deve-se efectuar o reforço de algumas zonas pontuais.

Em muitos casos, os aparelhos de apoio estão munidos de vedantes, como as saias anti-poeiras, que impedem a entrada de poeiras ou outros detritos, protegendo também o aparelho de apoio contra humidades, chuva, entre outros. Estes vedantes, que podem ser metálicos ou polímeros, com o uso e o passar do tempo vão desgastando-se e perdem a capacidade de desempenhar as suas funções de vedante de forma eficaz. A única solução possível, nesta situação, é proceder à sua substituição.

De acordo com o descrito neste capítulo, nos aparelhos de apoio de panela, as almofadas de neoprene podem sofrer algumas anomalias: a elevada compressão da camada de neoprene, a sua fluência e a elevada distorção no neoprene devido a

movimentos excessivos que pode levar ao seu deslocamento para o exterior da panela. O neoprene pode ainda estar sujeito a danificar-se quando os vedantes da panela não se encontram em bom estado de conservação e permitem a entrada de detritos para o interior da panela.

Atualmente os aparelhos de apoio de betão já não são utilizados devido à sua grande fragilidade e susceptibilidade para problemas patológicos como fissuras, quebras de cantos, a falta de limpeza, e ainda diversas falhas na sua execução. As anomalias verificadas em articulações de betão são geralmente a deterioração do betão de recobrimento representada pelas fissuras, que ocorrem em consequência do carregamento estrutural e das sobrecargas excessivas, e a corrosão das armaduras. Assim pode-se definir cada um desses problemas e seus respectivos métodos corretivos. A reparação do betão é feita através da remoção de todo o betão que não se encontre em perfeitas condições para a sua utilização e colocação de argamassas de retracção reduzida fibroreforçadas ou, em alternativa, micro betão. Caso se trate apenas de fissuras, estas devem ser limpas e totalmente preenchidas com recurso a injeção de calda de cimento ou argamassas não retrácteis. Para as armaduras com sinais de corrosão deve-se efectuar a sua limpeza e decapagem com inibidor de corrosão, ou, nos casos em que o material está inapto, pode ser necessário realizar o seu reforço com novas armaduras.

O desempenamento e rectificação de guias é o método correctivo aplicado para as anomalias presentes nestes elementos. Consiste na reparação por soldadura e possível reforço ou correcção de serralharia, com a substituição parcial da guia se for preciso.

A corrosão nos aparelhos de apoio metálicos é originada essencialmente pela variação de temperatura e humidade do meio ambiente e pelos gases corrosivos, como gás carbónico. Esta pode ser classificada segundo a natureza do processo, em corrosão química, ou simplesmente oxidação, quando não provoca a deterioração significativa das superfícies metálicas e corrosão eletroquímica que é a que efetivamente origina graves problemas para as estruturas, pois trata-se de um ataque de natureza eletroquímica, que ocorre em meio aquoso, como resultado de formação de uma pilha, com eletrólito e diferença de potencial entre troços da superfície metálica. A falta de proteção, também é um dos factores importantíssimos que conduzem à corrosão das partes metálicas que constituem o aparelho de apoio. Na escolha deste tipo de dispositivo numa ponte deve-se partir do princípio que é no processo de execução que deve ser adoptado o melhor método preventivo, uma vez que o ponto culminante para

que um AA metálico deixe de estar no seu perfeito funcionamento, é a não aplicação de produtos de protecção anti-corrosiva. Este método preventivo é também uma solução de correcção para as anomalias relativas à corrosão das peças metálicas dos AA. Os passos a seguir para a correcta resolução destas patologias são:

- Deve-se efectuar a limpeza e decapagem por jacto de areia;
- Aplicação de primário anti-corrosivo de zinco;
- Aplicação de duas camadas de revestimento com pintura epóxica de alta dureza;
- As superfícies deslizantes devem ser lubrificadas com graxa a base de silicone e as superfícies em contato com o betão devem receber a pintura apenas na sua periferia, respeitando a largura mínima de 50 mm.



Figura 62. Aparelho de Apoio Eixo Norte-Sul após aplicação de protecção anti-corrosiva

5.3.7. Reparação da base de assentamento do AA

As anomalias que afectam as bases de assentamentos dos aparelhos de apoio que reflectem a degradação destes elementos através da observação de fissuras, deformações ou até mesmo o esmagamento da base do AA, também conhecido por plinto. A reparação a adoptar nestes casos é influenciada pelo material de que é composta a base de assentamento. O material onde é evidente a existência de graves problemas deve ser repostado, ou seja, o que está danificado é substituído por argamassa adequada (de acordo

com o que foi referido no ponto 4.4.1 deste trabalho) e as fissuras devem ser seladas e injectadas com argamassa adequada de baixa retracção. Nos casos de estruturas metálicas a base de assentamento pode ser reparada utilizando reforços aparafusados, rebitados ou soldados. Os problemas em plintos que ocorrem por deficiente execução, como o seu incorrecto dimensionamento podem ser resolvidos através da correcção das dimensões da base de assentamento, respeitando-se que a dimensão mínima do plinto deve ser 5 centímetros superior à dimensão exterior das chapas superior e inferior do AA e as faces laterais do plinto devem possuir uma inclinação de 45%.

Quando a base de assentamento do apoio não se encontra totalmente nivelada, deve-se proceder ao seu nivelamento como medida correctiva com argamassas de retracção diminuta e fibroreforçadas ou argamassas epóxicas utilizadas na execução da base de assentamento que servem igualmente de nivelante.

5.3.8. Substituição total do AA

Nas situações em que não é possível efectuar quaisquer outras técnicas de manutenção e reabilitação, a única opção passa pela substituição total do aparelho de apoio. O aparelho antigo deve ser removido cuidadosamente para não causar danos nos restantes elementos da estrutura da OA que se encontram na periferia e é escolhido um aparelho de apoio novo e apropriado às características reais da situação actual, de acordo com os regulamentos em vigor, as acções a que vai ser sujeito, para além da questão económica que avalia os aparelhos de apoio pela sua durabilidade e relação entre a qualidade/custo. Os trabalhos necessários para a operação de substituição dos AA são mencionados com maior pormenor no capítulo 6 da presente dissertação.



Figura 63. Substituição de aparelho de apoio

Capítulo 6. Manutenção/Conservação e Reabilitação

6.1. Sistemas de Inspeção e Diagnóstico

O crescente progresso tem permitido o desenvolvimento das redes rodoviárias e ferroviárias de todo o mundo que como consequência origina um aumento da construção de Obras de Arte. O número cada vez maior de obras de arte, juntamente com o controlo dos custos e prazos para a sua realização, conduz ao descuido com os aspectos relativos à qualidade e durabilidade das estruturas, necessários para garantir que a estrutura tem um bom desempenho durante o seu período de vida útil expectável. As condições de estabilidade e durabilidade de uma ponte são alcançadas se for seguida uma política de qualidade em todas as fases do processo, desde a concepção até à utilização da estrutura. Noutros tempos pensava-se que as construções de pontes, durariam indefinidamente, actualmente, já está mais do que provado que tal não é verdade, pois para as pontes atingirem a vida útil para as quais foram projectadas, têm necessariamente que ser alvo de obras de conservação ou manutenção. Para que isso seja possível é fundamental a implementação de inspecções periódicas para identificar o estado de conservação da obra de arte e qual a gravidade e urgência de actuação [14].

A problemática que envolve as anomalias verificadas em Obras de Arte conduziu os engenheiros a diversos estudos de conservação ou manutenção em pontes. Segundo um estudo realizado pela ASCP⁴ os aparelhos de apoio são os componentes menos afectados pelas anomalias encontradas em OA, de acordo com os dados apresentados no gráfico abaixo resultado de uma análise qualitativa, que indica apenas a presença ou não de anomalias, sem influência da sua intensidade e extensão. Contudo a gravidade das anomalias é um factor que também deve ser tido em conta, e uma vez que, tal como já foi referido no presente trabalho, as anomalias presentes em AA podem pôr em causa a segurança e integridade de toda a estrutura da OA sendo o seu estudo muito importante.

⁴ Estudo sobre as causas comuns de anomalias em Obras de Arte de betão armado – 1º Congresso de Segurança e Conservação de Pontes ASCP, Lisboa – Julho 2009

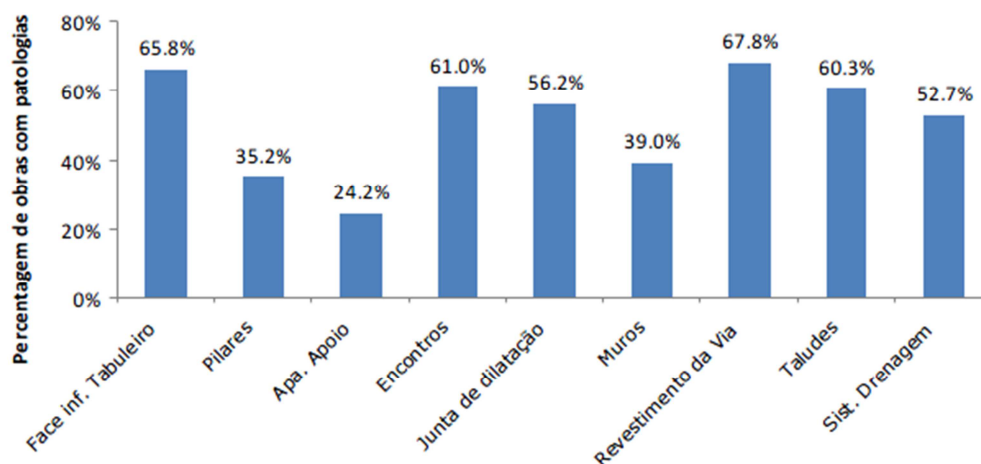


Figura 64. Distribuição das anomalias pelos componentes das OA [15]

O referido estudo considera que as três patologias registadas com maior incidência foram a corrosão/envelhecimento do equipamento, a sua deformação excessiva e acumulação de detritos e sujidade. O gráfico de barras apresentado em seguida demonstra o descrito anteriormente.

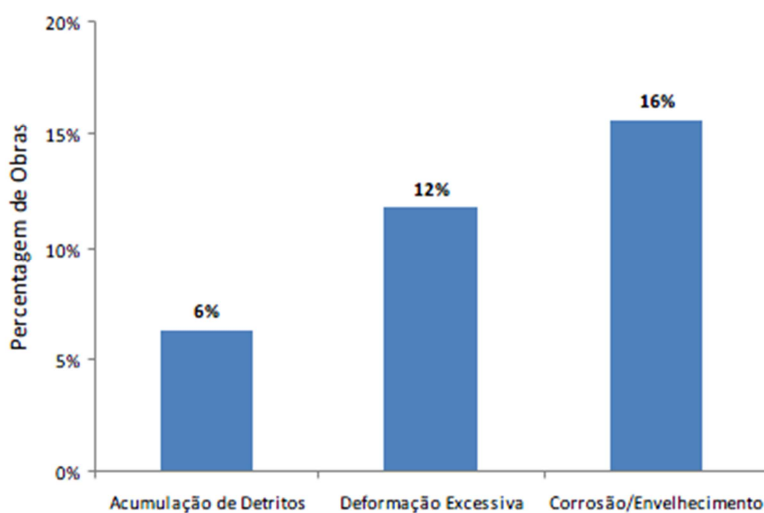


Figura 65. Patologias registadas nos aparelhos de apoio [15]

Sendo a corrosão/envelhecimento a patologia com um maior número de casos analisados, o estudo das causas que estão na sua origem é indispensável. As causas apontadas como prováveis para esta anomalia são os erros de execução, a acção accidental de fogueiras, as infiltrações e a falta de manutenção que é a possível causa para a corrosão/envelhecimento em 75% dos casos, como é ilustrado no gráfico circular seguinte.

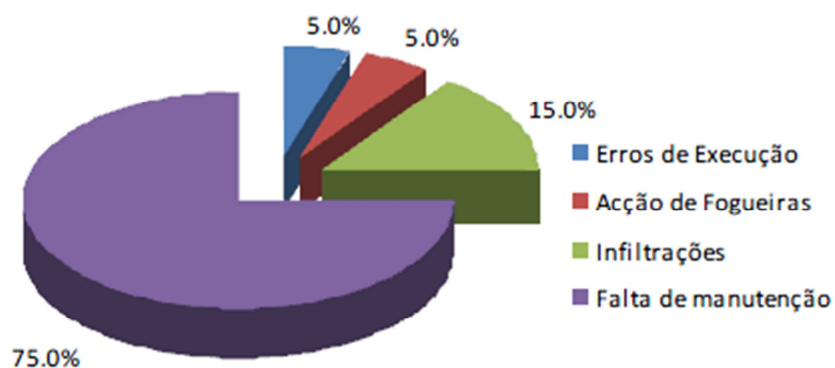


Figura 66. Causas da patologia “Corrosão/Envelhecimento” de AA [15]

O tempo de vida útil de um aparelho de apoio é inferior ao que é esperado para uma Obra de Arte, e por esse motivo é necessário efectuar uma adequada e eficaz gestão da manutenção e conservação de aparelhos de apoio. Este tema já é bastante discutido a nível internacional, particularmente no território europeu, tendo em conta que os aparelhos de apoio são elementos estruturais das OA que apresentam uma significativa percentagem dos custos de manutenção/conservação das Obras de Arte (5 a 7 %) [16]. Tratando-se de valores consideráveis para os custos de conservação ou manutenção dos aparelhos de apoio, a problemática em torno das anomalias em AA deve ser tida como um problema de segurança estrutural e um problema de gestão económica de exploração de Obras de Arte. Para atingir esse objectivo é de extrema importância o desenvolvimento e implementação de um sistema de inspecção e diagnóstico, onde são correlacionadas as anomalias e os diversos tipos de AA, tal como as causas prováveis para as patologias para que seja possível realizar um diagnóstico das medidas correctivas que podem ser aplicadas em cada caso particular.

O sistema de inspecção e diagnóstico de aparelhos de apoio em pontes rodoviárias, proposto por Luís Freire em 2008, que se crê ser pioneiro em Portugal, é composto por três módulos principais: base de dados, inspecção e decisão. A base de dados inclui o armazenamento e actualização de toda a informação relevante para o sistema acerca dos aparelhos de apoio. O conjunto de dados que constitui esta base de dados deve estar informatizado, para uma utilização mais prática e eficaz dos intervenientes no sistema de inspecção e diagnóstico. O módulo da inspecção é essencial para aferir se existe algum problema grave nos aparelhos de apoio que possa pôr em risco a estrutura da OA, prevenindo possíveis acontecimentos indesejáveis. Por último, mas igualmente importante, o módulo de decisão é responsável pela tomada de decisões acerca das

operações de manutenção e reparação ou reabilitação, ou até mesmo de substituição dum AA durante a sua vida útil. Para esse fim, aplica-se uma pontuação aos aparelhos de apoio que refletem a importância de intervenção em função de três parâmetros: a urgência de actuação para a estabilidade global da estrutura da OA; a importância para a vida útil do AA e o volume de tráfego afectado pela reparação da anomalia.

6.1.1. Regulamentação

Em concordância com a parte dez da norma europeia EN 1337 que especifica os requisitos a respeitar na inspecção e manutenção de AA, deve-se efectuar inspecções a estes elementos com a regularidade suficiente para evitar o aparecimento de anomalias nos mesmos. Das referidas inspecções, que podem ser principais ou regulares, deve resultar um relatório com o diagnóstico para cada situação, que descreve as acções a tomar. Na inspecção regular procede-se à aferição de determinadas características e propriedades nos dispositivos em estudo tais como a sua capacidade para efectuar os movimentos previstos em projecto, os seus defeitos visíveis como por exemplo as fissuras, o seu posicionamento incorrecto e os movimentos e deformações imprevistos que são observados. Também deve ser verificado o estado das bases de assentamento, das amarrações e fixações, tal como o estado de conservação do próprio apoio (a protecção contra a corrosão, as superfícies de deslizamento e os outros elementos constituintes do AA e os defeitos na ligação de peças constituintes). Por outro lado, a inspecção principal, efectuada com menor frequência que a anterior, tem como principal objectivo registar o estado de conservação do aparelho de apoio, incluindo toda a informação da inspecção regular mas com maior detalhe. É normalmente realizada após um ano de entrada em serviço da estrutura e é aconselhável que durante a sua realização a OA seja apenas afectada por cargas permanentes. Não sendo possível parar o tráfego durante a inspecção, deve-se prever e registar aproximadamente as cargas variáveis actuentes. De acordo com o anexo B da referida parte da norma aplicável, o relatório relativo às inspecções principais deve conter um formulário indicando os seguintes itens: Generalidades; Temperatura na data de inspecção; Localização do aparelho de apoio, tipo e fabricante do AA; número de identificação do fabricante, capa protectora, indicador e a sua posição; movimento do AA; folgas no AA; dispositivos de bloqueio ou guiamento; protecção anti-corrosiva, posição e conservação das chapas exteriores e das ancoragens; danos nas partes metálicas; estado de conservação dos elementos

estruturais adjacentes, resultado da inspecção e acções requeridas e ainda qual a inspecção seguinte a realizar. A normativa aplicável indica uma lista de equipamento que é necessário para que se possam efectuar as inspecções:

- Projecto, peças desenhadas, manuais e especificações técnicas;
- Andaimos e plataformas de acesso;
- Equipamento de iluminação;
- Espelho;
- Material de limpeza;
- Ferramentas para remoção das coberturas dos AA;
- Calibrador de folgas;
- Régua com cantos aguçados;
- Nível de bolha de ar;
- Quadrante;
- Compasso com nónio;
- Dispositivo para medir a espessura da camada de protecção anti-corrosiva;
- Medidor de fissuras;
- Binóculos e máquina fotográfica;
- Termómetro.

Relativamente às acções que podem ser consideradas como possíveis diagnósticos são enumerados os seguintes pontos:

- Manutenção do aparelho de apoio;
- Reparação da (s) anomalia (s);
- Reabilitação do aparelho de apoio;
- Substituição do AA;
- Realização de medições suplementares da capacidade de movimento;
- Realização de outros tipos de ensaios;
- Não implementar quaisquer acções (nas situações em que não é verificada nenhuma anomalia no apoio).

6.1.2. Técnicas de inspecção e diagnóstico

De acordo com o sistema classificativo proposto por Freire (2008), as técnicas de inspecção e diagnóstico em aparelhos de apoio podem ser divididas em seis categorias como demonstra o quadro que se segue:

Categoria Classificativa	Técnica de Inspeção e Diagnóstico
1	Observação Visual
2	Medição ou Verificação Geométrica
3	Medição das Reacções de Apoio
4	Dispositivos permanentes de Observação
5	Ensaios
6	Topografia

*Quadro 28. Lista classificativa de técnicas de inspecção e diagnóstico
(Fonte:Freire, 2008)*

A técnica mais utilizada, devido à sua simplicidade, é a observação visual que pode ser realizada pela observação directa sem o recurso a equipamentos, ou pode ser complementada com diversos equipamentos que contribuem de forma favorável para o processo observativo, tais como binóculos, máquinas fotográficas e espelhos [17]. Nalgumas situações é necessário a utilização de veículos especiais de inspecção destinados a facilitar o acesso aos aparelhos de apoio.

A segunda categoria classificativa diz respeito às medições dos deslocamentos e folgas dos AA com a finalidade de aferir se os valores obtidos na inspecção estão em concordância com os valores estimados em projecto. Alguns aparelhos dispõem de dispositivos de medição dos deslocamentos que permitem o registo dos mesmos apenas através de observação, como se pode observar na figura seguinte.



Figura 67. Escala de medição de deslocamentos de um AA

Nestas medições estão ainda incluídas a medição da abertura de eventuais fissuras nas bases de assentamento dos AA e o nivelamento das mesmas, para além da medição da camada de protecção anti-corrosiva. Os aparelhos de medição que podem ser utilizados são: a fita-métrica, calibrador de folgas, régua com cantos aguçados, quadrante, nível de bolha de ar, medidor de fissuras e dispositivo de medição da camada de protecção contra a corrosão do AA.



Figura 68. Medição da camada de protecção anti-corrosiva

A técnica de inspecção através da medição das reacções de apoio já é amplamente aplicável, a nível nacional, pelo LNEC, desde os anos 80. O principal objectivo desta medição é o acompanhamento, no período de vida útil do AA, dos efeitos da redistribuição de esforços pelos apoios. O processo de medição é um processo que requiere um grande rigor e precisão e deve ter em consideração os efeitos das variações de temperatura. Para isso aconselha-se leituras dos gradientes térmicos com um intervalo máximo de vinte e quatro horas. Actualmente, no espaço europeu as técnicas de medição das reacções de apoio são feitas através de duas soluções distintas: a técnica do duplo macaco plano e a técnica do macaco com pistão. Na primeira, trata-se da sobreposição de dois macacos planos, onde cada um desempenha uma função diferente, um está encarregue do levantamento do tabuleiro e o outro da medição das forças transmitidas. Este tem a vantagem de não introduzir imprecisões devido à própria deformação do macaco. Por outro lado, na técnica do macaco com pistão, são geralmente utilizados macacos com pistões ultra planos que possibilitam elevado rigor de manobra.

Considera-se que a implementação de dispositivos de medição permanente das forças transmitidas contribui favoravelmente para a gestão das Obras de Arte existentes com a detecção atempada de anomalias em aparelhos de apoio, garantindo o seu correcto funcionamento. Existem dois tipos de dispositivos aplicáveis: os dispositivos hidráulicos que medem a pressão de um fluido ou material visco-elástico e os dispositivos de medição das deformações. A medição da pressão pode ser feita com macacos hidráulicos integrados nos aparelhos de apoio. Os dispositivos para medir as deformações podem ser sensores de deformações colocados de forma estratégica nas zonas onde ocorrem as maiores deformações, ou podem ainda ser fibras ópticas que se baseiam na medição de parâmetros luminosos.

As técnicas de ensaio apenas são aplicadas em casos excepcionais, quando se pretende aferir a qualidade e características dos aparelhos de apoio, embora se trate de dispositivos certificados de fabricação normalizada. São exemplos disso, testes com recurso a uma chave dinamométrica para averiguar se as ligações aparafusadas possuem o nível de tensão de aperto adequado, ensaios laboratoriais de amostras recolhidas ou ensaios de carga para verificar qual o comportamento do AA perante as cargas de serviço.

O levantamento topográfico permite verificar a estabilidade dos apoios e o nivelamento topográfico possibilita a averiguação da geometria global da OA.

6.2. Obras de Manutenção (Caso Prático)

Tal como descrito anteriormente, a ausência ou insuficiente manutenção dos aparelhos de apoio é a principal causa do aparecimento de anomalias neste elementos estruturais. Por esse motivo, é conveniente a realização de obras de manutenção com a regularidade necessária, para garantir o correcto funcionamento dos aparelhos de apoio e consequentemente de toda a estrutura da Obra de Arte, assegurando a protecção dos AA contra eventuais patologias que possam surgir.

A aplicação de um sistema de protecção contra a corrosão nos AA é o tipo de acção de manutenção mais usual, e apresenta-se como um dos casos práticos alvo de estudo neste trabalho. A obra de reparação do sistema de protecção dos aparelhos de apoio do pilar P3 do viaduto sobre a Avenida Padre Cruz do IP7 (Eixo Norte-Sul) é o caso prático de estudo de uma obra de manutenção em AA apresentado neste trabalho. Não foi possível o acompanhamento de todos os trabalhos, apenas realizou-se uma visita à obra na fase final de medições e confirmação de valores exigidos. Contudo, o apoio de engenheiros envolvidos neste processo de manutenção e a documentação e registo fotográfico fornecidos mostrou-se essencial para a elaboração do referido estudo prático. As condições de conservação dos aparelhos de apoio, ilustradas na figura seguinte, não implicavam o seu deficiente funcionamento, embora transmitissem sinais de degradação da protecção anti-corrosiva.



Figura 69. *Aparelho de Apoio antes da sua reparação*

A acessibilidade aos aparelhos de apoio conseguiu-se através da montagem de andaimes, respeitando todas as condições essenciais de segurança para os trabalhadores.



Figura 70. Fase de montagem de andaimes

Tratando-se de aparelhos de apoio do tipo panela, é muito importante proteger os elementos constituintes no interior do AA. Com esse objectivo, colocaram-se esponjas nos espaços vazios entre elementos com a finalidade de impedir a entrada de detritos no interior do receptáculo, como se observa na figura seguinte.



Figura 71. Colocação de esponja para impedir a entrada de detritos

A reparação no sistema de protecção dos aparelhos de apoio seguiu determinados procedimentos essenciais para atingir os objectivos pretendidos. Uma vez que a protecção anti-corrosiva existente nos aparelhos de apoio não garantia a referida protecção, foi necessário proceder-se à decapegem do AA e ao desgorduramento do mesmo, com recurso a ferramentas manuais e mecânicas.



Figura 72. Aparelho de apoio após trabalhos de decapegem

Quando todas as superfícies do AA estão limpas, secas e isentas de óleos ou gorduras, estão reunidas todas as condições de aplicabilidade de um primário de protecção. Trata-se de um primário de epóxi, rico em zinco metálico.



Figura 73. Aparelho de apoio depois da aplicação do primário de protecção

O terceiro procedimento consiste na aplicação de uma camada intermédia de revestimento epóxico com elevado teor de sólidos (80%), do tipo Intergard 475.



Figura 74. AA com aplicação da camada de protecção intermédia

Por último, aplicou-se a pintura de acabamento de poliuretano acrílico, em três demãos cujos tempos de secagem entre demãos, para temperaturas entre os 15°C e os 40°C, correspondem a 10 horas e 3 horas, respectivamente.



Figura 75. Aspecto final do Aparelho de apoio após manutenção

O valor mínimo exigido de 150 a 200 microns, para espessura da camada de protecção anticorrosiva verificou-se através de um micrómetro, confirmando-se valores muito superiores aos mínimos.

6.3. Obras de Reparação/Reabilitação (Caso Prático)

O segundo caso prático analisado consistiu numa obra de reabilitação/reparação de alguns aparelhos de apoio do tipo panela, que constituem o viaduto de Valadares, na A33. Por motivos de deficiente instalação, parte dos AA apresentavam a chapa superior

desnivelada. A figura que se segue é representativa do deficiente desnivelamento verificado nos aparelhos de apoio do referido viaduto. Este desnível é comprovado através de um nível de bolha.



Figura 76. Verificação do desnível nos AA

Com base nas peças desenhadas apresentadas nos anexos 6 e 7, a reparação dos aparelhos de apoio foi efectuada através de um processo faseado. Apresentam-se de seguida, as principais fases consideradas no procedimento de reabilitação dos AA.

1) Levantamento da estrutura

Para elevar a estrutura, recorreu-se à utilização de macacos hidráulicos que devem estar posicionados sobre uma superfície de betão devidamente regularizada com grout⁵ ou resina. A acessibilidade aos aparelhos de apoio é conseguida por meio de andaimes. Depois de se montar os macacos com chapas de aço resistentes nas extremidades é feita a transferência de carga do aparelho de apoio para os macacos, não esquecendo efectuar o aperto da porca de segurança dos mesmos. A estrutura é elevada em aproximadamente 5 mm.

2) Remoção da chapa superior

3) Demolição parcial do plinto superior e corte de chumbadores

Durante todo o processo de demolição é indispensável a protecção do interior do AA.

⁵ Argamassa sem retracção, de alta resistência à base de cimento polímero, isento de cloretos e não metálico.



Figura 77. Montagem de andaimes num dos alinhamentos

4) Colocação da chapa superior

Antes da colocação da chapa superior do AA, pode também aproveitar-se para efectuar alguns trabalhos de manutenção destes elementos estruturais, tais como a lubrificação dos alvéolos das folhas de PTFE, limpeza das chapas de inox e lubrificação das fixações. Na colocação da chapa superior é muito importante o nivelamento da mesma.



Figura 78. AA após colocação da chapa superior

5) Selagem e injeção do plinto superior

Deve-se prever a colocação de um rolhão no perno, antes de se executar a injeção, por forma a prevenir a entrada de resina para os chumbadores. Na selagem utilizou-se uma cola epoxi estrutural (Articola) e para a injeção ou grouteamento usou-se um ligante líquido à base de resinas epóxi designado por Multipox, recorrendo a 4 tubos de purga e

uma de injeção para cada AA. Durante a injeção é importante efectuar e verificar o nivelamento do plinto superior.

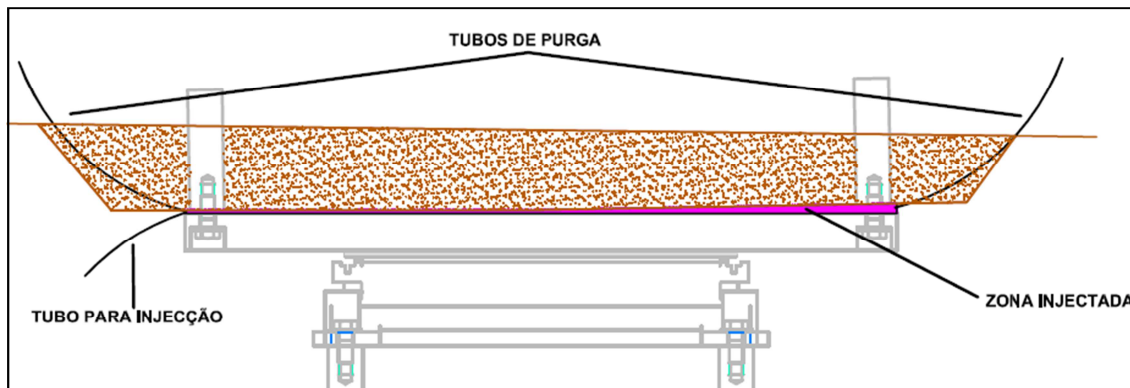


Figura 79. Selagem e injeção do plinto superior (Anexo 7)



Figura 80. Injeção do plinto superior do AA



Figura 81. Verificação do nivelamento nos AA após injeção

6) Transferência de carga dos macacos para os aparelhos de apoio

Efectua-se o desaperto das porcas de segurança dos macacos hidráulicos para a posterior transferência de carga.

7) Retirada dos macacos e das chapas

Depois de retirar os macacos e as respectivas chapas de aço resistentes, procedeu-se à rectificação da pintura dos AA, nas zonas que ficaram danificadas durante as operações.

6.3.1 Levantamento dos aparelhos de apoio

O procedimento de levantamento dos alinhamentos dos pilares A1.1, A1.3 e A2.3 do viaduto de Valadares integrante da Subconcessão Baixo Tejo-IC32 é realizado de forma faseada e isoladamente para cada alinhamento demonstrado na figura seguinte.

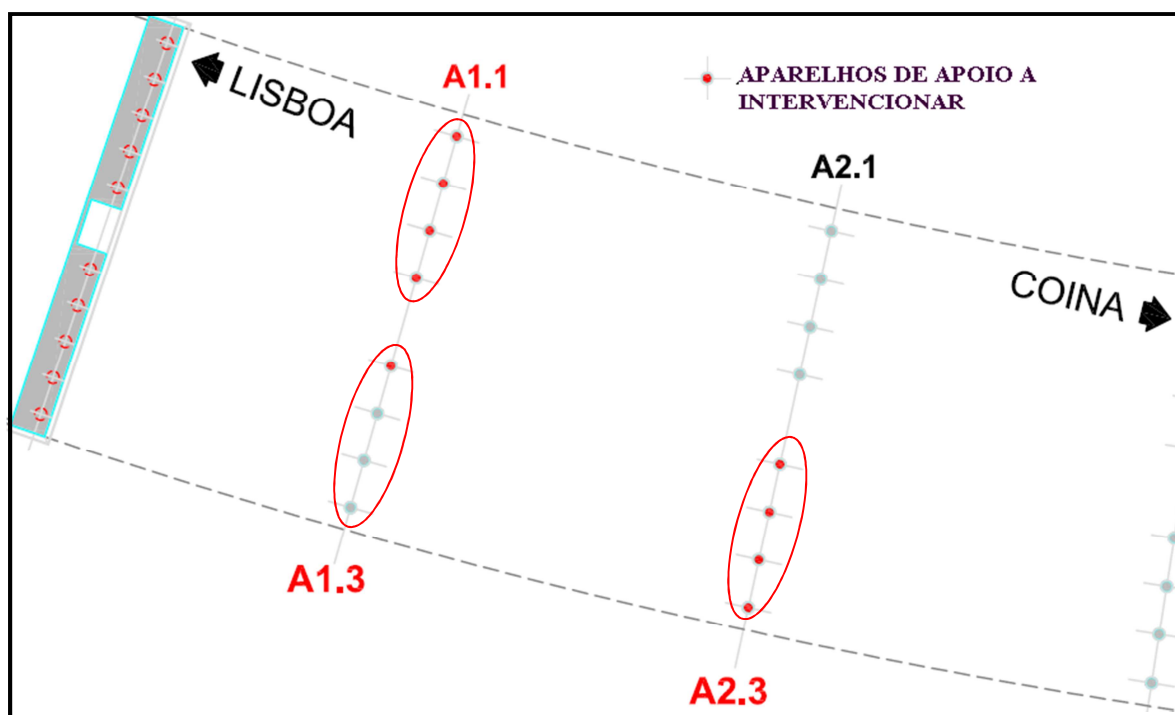


Figura 82. Localização, em planta, dos AA a reparar

Para efectuar um controle da altura de levantamento durante a elevação do tabuleiro, deve-se fazer a marcação dos “pontos zero” nas vigas com auxílio de régua metálicas fixas ao elemento fixo (capitel), ou seja, a marca de referência no elemento móvel.



Figura 83. Marca de referência para controlar a altura de nivelamento

Por forma a evitar os efeitos transversais desfavoráveis deve-se efectuar o levantamento uniforme de todo o tabuleiro e até uma altura máxima de 5 mm, nunca permitindo desníveis superiores a 2 mm entre vigas extremas do mesmo alinhamento, prevenindo esforços transversais de flexão e/ou torção nas vigas. Os alinhamentos são compostos por quatro vigas apoiadas, considerando-se um total de oito macacos hidráulicos (dois por cada AA), uns com capacidade para suportar até 200 ton e outros até 260 toneladas. Esta capacidade teve em consideração as cargas máximas admissíveis pelos AA existentes, de 240 KN, de maneira a que as forças de levantamento não ultrapassem 60% da capacidade do sistema hidráulico ($\frac{240 \text{ KN}}{2 \times 200 \text{ KN}} \times 100 = 60 \%$). Considera-se um único circuito hidráulico sincronizado com as leituras nas marcas de referência de controlo de elevação para garantir a anteriormente referida elevação uniforme. O esquema hidráulico é composto por uma bomba de tensão, um manómetro, mangueira flexível e válvulas para cada par de macacos disposto em cada aparelho de apoio. Os dois macacos por AA são colocados um de cada lado e são ligados através de distribuidores (flautas).

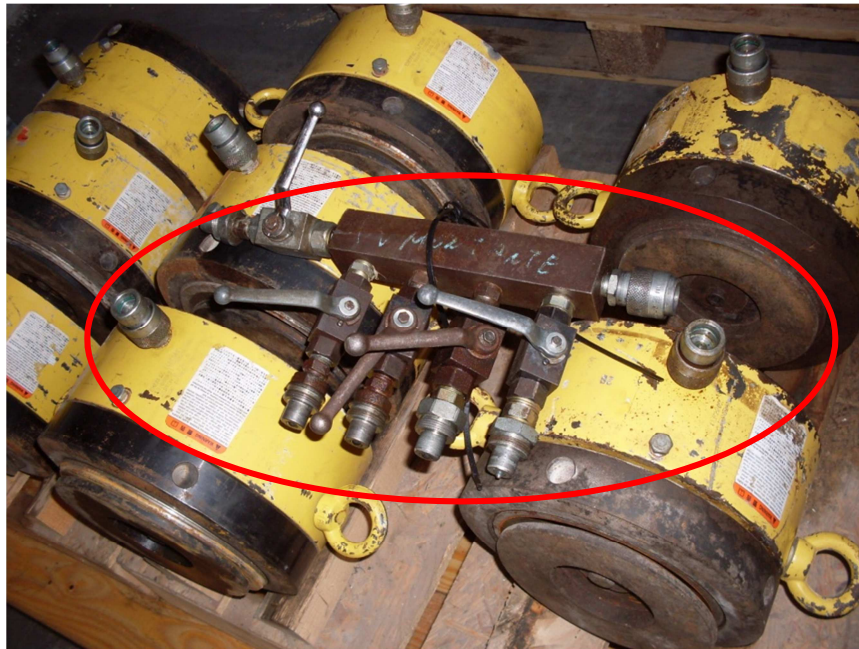


Figura 84. Exemplo de uma Flauta

Na extremidade dos macacos foram colocadas chapas de aço com uma superfície de contacto com o betão, superior à dos macacos, para atingir dois objectivos: realizar a repartição de tensões, pois se as tensões se concentram numa área muito pequena poderia provocar o esmagamento do betão nessa zona, e ainda para perfazer altura da base das carlingas. Para a obra de reabilitação em estudo foram utilizadas chapas resistentes, de aço S275, superior e inferior, com 20 mm de espessura. Utilizaram-se oito macacos do tipo ZERK 684 com capacidade para 200 ton, com um diâmetro de 235 mm e uma altura (fechado) de 160 mm e oito macacos do tipo CLP 2502 com capacidade de 260 ton, diâmetro de 275 mm e uma altura (fechado) de 159 mm.

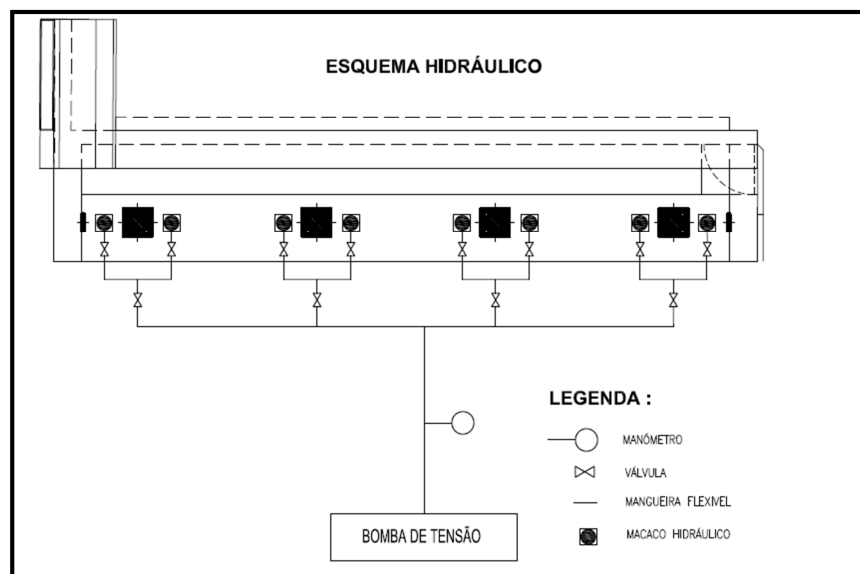


Figura 85. Esquema do sistema hidráulico (ver anexo 8)

6.3.2 Registos de Inspeção e Ensaio

A elevação do tabuleiro é uma operação de grande complexidade e por isso exige a realização de registos de inspeção e ensaios (ver anexo 9), para a verificação de conformidade ou não de todas as fases de execução. Neste sentido, deve-se verificar se:

- As superfícies de betão, onde serão colocados os macacos, estão devidamente regularizadas;
- Os macacos hidráulicos e bombas de tensionamento estão em condições de utilização;
- Os dispositivos de controlo de elevação estão em quantidade suficiente e estão localizados correctamente;
- Todos os macacos dispõem de dispositivos de travamento (anel de segurança);
- As mangueiras flexíveis (para efectuar a ligação macaco-bomba de tensão) encontram-se em perfeitas condições de utilização;
- A pressão máxima (da bomba de óleo do circuito hidráulico) é excedida ou seja, se é superior a 700 bar;
- A elevação do tabuleiro é feita de forma uniforme;
- A transferência de carga dos macacos para os aparelhos de apoio ocorreu uniformemente.

6.4. Substituição dos Aparelhos de Apoio (Caso Prático)

A substituição dos aparelhos de apoio é uma operação de grande complexidade e deve ser realizada com todos os cuidados necessários para evitar qualquer dano na estrutura. São diversos os aspectos que devem ser alvo de especial atenção neste procedimento, pelo que, tal como já foi mencionado em capítulos anteriores desta dissertação, estes devem ser previstos em projecto, através de um plano de substituição. Este plano deve conter informação acerca da localização dos macacos hidráulicos para o levantamento do tabuleiro, as forças a aplicar, os deslocamentos necessários e as eventuais restrições de tráfego. Os macacos devem ser aplicados somente nos locais previstos no projecto, devendo-se respeitar sempre as cargas permitidas e o limite de distanciamento. O objectivo da elaboração de um plano de substituição visa prever os possíveis problemas que possam surgir no decorrer desta tarefa, com a finalidade

principal de garantir que a substituição dos aparelhos de apoio seja realizada de forma eficaz e no menor espaço de tempo possível.

O terceiro caso prático, objecto de estudo neste trabalho, consistiu numa operação de substituição dos aparelhos de apoio na Ponte sobre o Rio Ave na linha B (Estádio do Dragão – Póvoa do Varzim). Esta ponte localizada na Azorara, em Vila do Conde, é composta por quatro pilares, dois deles encontram-se submersos. Os encontros, esquerdo e direito, possuem seis AA cada um, e os pilares doze AA cada, perfazendo um total de 60 aparelhos de apoio, sendo metade do tipo fixo e outra parte do tipo unidireccional. Todos os AA apresentavam visíveis sinais de degradação, possivelmente devido a falta de manutenção, mas essencialmente devido à sua idade, de aproximadamente 30 anos.



Figura 86. Aparelhos de apoio removidos da ponte

Os novos aparelhos de apoio são de iguais dimensões e da mesma tipologia isto é são também 30 AA do tipo panela fixos e 30 unidireccionais (ver desenhos no anexo 10).

A obra alvo de estudo, teve a duração de 60 dias e os procedimentos de execução respeitaram as indicações de projecto. Consideram-se, portanto, de forma resumida, as seguintes fases para a operação de substituição dos AA:

- 1) Elevação do tabuleiro (realizada faseadamente);
- 2) Remoção dos aparelhos de apoio existentes;
- 3) Tratamento das superfícies;
- 4) Instalação dos novos AA;
- 5) Colocação de cofragem inferior e selagem da chapa superior;
- 6) Groutamento do plinto inferior;
- 7) Injecção da interface superior;

- 8) Transferência de carga dos macacos para os aparelhos de apoio;
- 9) Retirada dos macacos e todo o circuito hidráulico.

A acessibilidade aos aparelhos de apoio foi conseguida de duas formas distintas, mas em ambas recorrendo a andaimes. Nos encontros e nos pilares P1 e P4, utilizaram-se andaimes ao solo. Por outro lado, o acesso aos pilares que se encontram submersos foi feito através de andaimes suspensos.



Figura 87. Andaimes suspensos



Figura 88. Realização de trabalhos no pilar submerso

Na preparação da zona de instalação dos aparelhos de apoio efectuou-se a picagem do betão com recurso a martelos pneumáticos e rebarbadoras, para posterior tratamento das superfícies por forma a que estas garantam uma boa aderência ao grout, aplicado no plinto inferior do AA e à resina na face superior. Nos locais de instalação

dos macacos usados para a elevação do tabuleiro teve que se prever igualmente a regularização das superfícies de apoio.

6.4.1 Transporte dos AA e macacos hidráulicos

Nos casos onde se utilizaram andaimes ao solo, o transporte dos AA e macacos para os encontros, esquerdo e direito e pilares P1 e P4, foi realizado através de guincho eléctrico ligeiro, fixo ao capitel, fazendo-se passar o cabo de aço por roldanas.

Nas zonas onde são aplicáveis andaimes suspensos (pilares P2 e P3), o transporte foi efectuado pelo passeio da ponte com carrinho de mão até à plataforma e descem, com recurso a corda e roldana suspensa, até à estrutura do andaime. A elevação do AA do andaime para a mesa sob o tabuleiro é feita manualmente por três trabalhadores. No caso dos macacos foi necessário recorrer a alavancas para a sua remoção.

6.4.2 Equipamentos e Materiais aplicados

Durante as várias fases de operação de substituição dos AA, recorreu-se à utilização de diversos equipamentos:

- Martelos pneumáticos e rebarbadora ou rectificadora para a preparação da zona de instalação dos AA;
- Gerador;
- Compressor;
- Ferramentas manuais de apoio a trabalhos de cofragem e betonagem;
- Equipamento de injeção de resinas;
- Equipamentos para elevação do tabuleiro: 4 macacos hidráulicos (200 V 40), com capacidade de carga de 200 ton e capacidade de elevação de 40 mm.



Figura 89. Remoção de AA com recurso a rebarbadora



Figura 90. Remoção de Aparelho de Apoio existente

Em relação aos materiais aplicados nesta obra de reabilitação de AA, utilizou-se: para a selagem da chapa superior do AA, uma cola epoxi estrutural (Articola); para a injeção do plinto superior usou-se um ligante à base de resinas epóxi designado por Multipox, recorrendo a 4 tubos de purga e um de injeção, e para o groutamento do plinto inferior do AA foi aplicado o produto Pagel V40.



Figura 91. Injeção do plinto superior do AA

6.4.3 Execução de plintos, selagem e injeção da chapa superior

Após a colocação dos AA no local de instalação, devidamente nivelados e calçados, aplica-se a cofragem, em madeira, do plinto inferior, para posterior betonagem do mesmo por processos manuais, recorrendo ao uso de grout. A cofragem foi cuidadosamente vibrada com martelo para expulsar o ar entre as chapas dos AA e o elemento betonado (plinto). A selagem da chapa superior com Articola ganha presa em

24 horas, e de seguida é feita a injeção de resina (Multipox) por uma purga de injeção, terminando este processo quando sair resina pelas outras purgas.

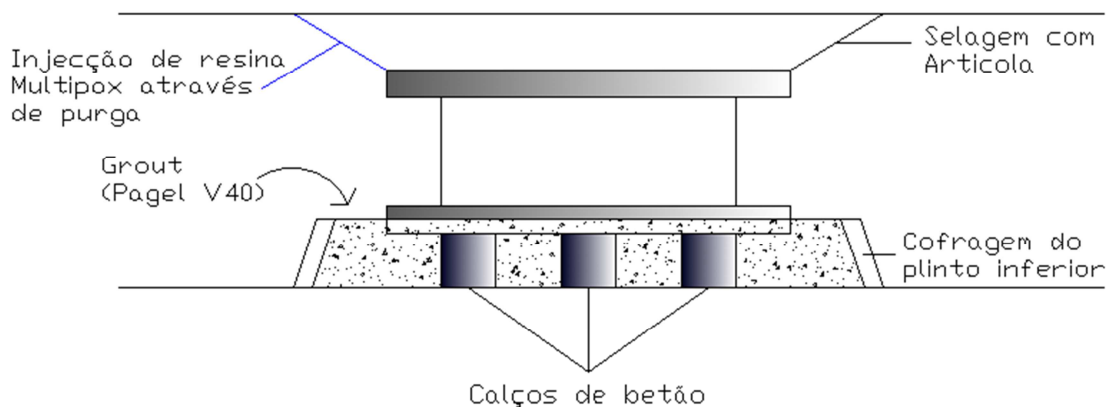


Figura 92. Esquema representativo da execução de plintos e selagem e injeção da chapa superior

O grout utilizado no plinto inferior ganha presa 24 horas após a sua aplicação e terminado este processo de endurecimento da argamassa, estão reunidas as condições necessárias para a transferência de carga dos macacos para os aparelhos de apoio, que é conseguida através do abaixamento do tabuleiro.



Figura 93. Novos aparelhos de apoio

6.4.4 Registos de Monitorização do levantamento do tabuleiro

O procedimento de levantamento do tabuleiro para a substituição dos aparelhos de apoio na Ponte sobre o Rio Ave – Linha da Póvoa, requereu a elaboração de registos de inspeção e ensaios (ver anexo 11), para verificar de conformidade ou não conformidade de cada uma das fases de execução. A informação que deve conter estes registos é: o elemento a elevar (Encontro esquerdo ou direito, ou um dos pilares); a data e hora e a temperatura para a operação de levantamento do tabuleiro e para a transferência de carga dos macacos para os aparelhos de apoio; e o tipo e quantidade de macacos a utilizar na referida operação. Deve-se ainda referir a conformidade para as seguintes situações:

- Regularização de superfícies;
- Chapas de apoio para os macacos;
- Condições de utilização dos macacos e bombas de tensionamento;
- Calibração dos equipamentos de tensionamento;
- Dispositivos de controlo de elevação;
- Condições de utilização das mangueiras flexíveis;
- Pressão nas bombas de tensionamento (monitorização feita através de manómetro);
- Elevação uniforme do tabuleiro;
- Calçamentos dos macacos (anel de segurança);
- Transferência de carga uniforme;
- Altura total de elevação inferior a 5 mm.



Figura 94. Manómetro

Capítulo 7. Conclusão

7.1 Conclusões Gerais

O estudo realizado nesta dissertação permitiu verificar a importância da aplicação de aparelhos de apoio em Obras de Arte, essencialmente em construções mais modernas e sujeitas a maiores esforços. Considera-se imprescindível a análise dos esforços e deslocamentos aplicados nos AA por forma a garantir que os mesmos são adequados ao sistema estrutural da ponte e são instalados correctamente.

Actualmente, os aparelhos de apoio existentes apresentam variadíssimas tipologias consoante os materiais que os constituem e as suas características de movimento. Concluiu-se com este trabalho, que os aparelhos de apoio mais utilizados, tanto a nível nacional como internacional são os AA do tipo panela e os AA do tipo Elastoméricos. Do ponto de vista económico, os AA que apresentam um custo inicial mais reduzido são as articulações de betão e os aparelhos de apoio elastoméricos. Contudo, o estudo realizado mostra que os AA de betão sofrem graves problemas de fissuração devido ao facto deste elemento estar integrado na própria estrutura da OA. Por outro lado, os AA de neoprene não apresentam, usualmente, grandes problemas patológicos, porém se forem mal dimensionados e posicionados, podem causar tantos problemas quanto os outros aparelhos de apoio.

A escolha “óptima”, isto é, a selecção do tipo de AA mais adequado, nomeadamente, em fase de projecto, considera-se uma medida preventiva para possíveis problemas de excesso de tensões e acréscimo de cargas, apresentando igualmente um papel activo na prevenção de anomalias nos AA, uma vez que uma das causas que as originam é a escolha inadequada da tipologia a adoptar em cada situação.

O período de vida útil dos aparelhos de apoio é directamente influenciado pelas possíveis patologias nestes elementos estruturais. Pode-se concluir com este trabalho que os AA que apresentam uma maior susceptibilidade para o aparecimento de anomalias são os AA metálicos e os que possuem um maior número de elementos constituintes, tal como os AA de rolo ou rolete, os AA guiados e, principalmente, os AA do tipo panela. A durabilidade nestes tipos de aparelhos de apoio está portanto dependente das adequadas intervenções periódicas de conservação/manutenção.

Como referido no primeiro capítulo da presente dissertação, os principais objectivos deste trabalho são o conhecimento das diversas tipologias de AA a aplicar em Obras de Arte e as suas características em relação à sua durabilidade, custo, instalação, funcionamento e manutenção. Estes objectivos foram cumpridos, com o auxílio da bibliografia e regulamentação referente ao tema, capaz de fundamentar este estudo. Considero ainda que o estudo realizado permitiu desenvolver os meus conhecimentos acerca de OA, em particular, sobre os diversificados AA usados neste tipo de estruturas, que poderão ser muito úteis de futuro, nomeadamente, a nível profissional.

O objectivo de completar o estudo teórico com casos práticos também foi alcançado, embora não tenha sido possível o acompanhamento directo com as obras consideradas. Contudo, os conhecimentos transmitidos pela experiência de profissionais especializados nesta área e toda a documentação facultada mostrou-se essencial para fundamentar o estudo prático e completar a dissertação. A análise dos casos práticos de obras de manutenção e reabilitação apresentados no trabalho, possibilitou que fossem formuladas algumas conclusões a respeito das anomalias presentes em aparelhos de apoio e das medidas preventivas e correctivas que podem ser tomadas para eliminar esses problemas.

Todos os casos práticos apresentados neste trabalho são relativos a aparelhos de apoio do tipo PO, podendo-se concluir que, embora sejam os AA mais utilizados e mais recentes, são também os mais propícios ao aparecimento de anomalias.

A obra de reparação dos AA do viaduto de Valadares permitiu concluir que as patologias causadas por defeitos de projecto e/ou deficiente instalação originam gastos elevados e desnecessários e devem ser evitadas. Durante o processo de montagem do AA é essencial a verificação do nivelamento dos vários elementos a instalar.

Em relação à substituição dos aparelhos de apoio, esta deve ser sempre prevista em projecto, devendo considerar-se um plano de substituição com toda a informação necessária acerca da localização e tipo de equipamento de elevação a utilizar, sendo igualmente importante referir os meios de acesso aos aparelhos de apoio e o espaço disponível para efectuar trabalhos de manutenção e/ou reparação nestes elementos estruturais. Contudo, uma vez que se trata de uma operação complexa e dispendiosa, deve-se impedir essa situação, ou seja, efectuando um controlo e inspecção rigorosos aos AA é possível a tomada atempada de medidas correctivas para as anomalias que possam surgir, e, desta forma, os AA permanecem com todas as condições de funcionamento durante o seu período de vida útil, não necessitando ser substituídos.

7.2 Desenvolvimentos Futuros

Ao nível da tipologia de aparelhos de apoio em Obras de Arte, apesar do seu desenvolvimento já bastante consolidado, pensa-se ser possível a sua evolução para uma nova geração. Em retrospectão, tornou-se claro que as gerações existentes de aparelhos de apoio na indústria são originadas pelo crescimento económico. A pré-condição para os aparelhos metálicos foi a crescente procura de ferrovias e, de forma similar, pode-se ainda considerar que a impressionante extensão das estradas rodoviárias depois da Segunda Guerra Mundial foi um factor crucial para o desenvolvimento de apoios com materiais sintéticos.

Possivelmente, o aparecimento de um novo meio de transporte possa desencadear a necessidade de uma nova geração de aparelhos de apoio. Mas esta nova fase para estes elementos estruturais presentes em Obras de Arte pode ainda ser originada por variadíssimos factores, tais como o surgimento de novos materiais com características mais satisfatórias e de melhor qualidade, ou talvez possam ser considerados movimentos de rotação com amplitudes superiores às existentes.

Relativamente às anomalias presentes em aparelhos de apoio, a implementação de um sistema de inspecção e diagnóstico apropriado a estes elementos estruturais, será um bom ponto de partida para a adequada gestão de Obras de Arte e conseqüentemente redução do número de patologias verificadas. A solução ideal seria complementar os programas informáticos existentes de gestão de OA com um novo sistema de gestão relacionado com as inspecções efectuadas periodicamente aos AA.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Wetzka, Volker; “Bridge Bearings – a Historical Survey” - From the German by Barthold Pelzer, Berlin;
- [2] Eggert, Helmut; Wolfgang, Kauschke; ”Structural Bearings”. Emst & Sonh, Berlin, 2002;
- [3] Folhas de Apoio da Unidade Curricular “Pontes e Viadutos”, ISEL, 2004;
- [4] Folhas de Apoio da Unidade Curricular “Betão Estrutural III”, ISEL, 2008;
- [5] Freire, L.M.Ribeiro; “Sistema de inspeção e diagnóstico de aparelhos de apoio em pontes rodoviárias” – Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Construção;
- [6] Machado, R. Navalho; Sartorti, A. Lenz; “Pontes: Patologias dos aparelhos de apoio” – VI Congreso Internacional sobre patologia y Recuperación de Estructuras. Córdoba, Argentina, 2010;
- [7] Costa, Vanessa; “Desempenho e Reabilitação de Pontes Rodoviárias: Aplicação a Casos de Estudo” – Tese de Mestrado, Minho, 2009;
- [8] Rahman, Shahzadi; “Bearings for Bridges”;
- [9] Mageba; Catálogos de Aparelhos de Apoio;
- [10] Freyssinet; Consulta de diversos catálogos de aparelhos de apoio;
- [11] Maurer Söhne; Catálogo Aparelhos de Apoio de Tracção;
- [12] Kumar, Shiv; Bansal, Ghansham; Vaidya, S.M.; Agnihotri; “Bridge Bearing”, Março 2006;
- [13] Marioni, Agostino, “The European standard EN 1337 on structural bearings” - Sixth World Congress on Joints, Bearings and Seismic Systems for Concrete Structures. Canada, 2006;
- [14] Brito, Jorge; “Desenvolvimento de um sistema de gestão de Obras de Arte em betão” – Tese de Doutoramento. IST, Lisboa, 1992;

[15] Santos, João; Varum, Humberto; Costa, Aníbal; Ribeiro, Romana; “Causas comuns das anomalias em obras de arte de betão armado” – 1º Congresso de Segurança e Conservação de Pontes, ASCP, Lisboa, 2009;

[16] Sétra, “Information sur appareils d’appui”; 2005;

[17] Lima, A.J.Marques; “Juntas de dilatação em pontes rodoviárias” – Desenvolvimento de um sistema de gestão. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Construção. IST, Lisboa, 2006.

Webgrafia

- http://www.lnec.pt/qpe/marcacao/mandatos/mandato_104.pdf, 2012
- www.eoat.be;
- www.freyssinet.com;
- www.mageba.ch;
- www.maurer-soehne.de.

Normas

- EN 1337: Structural Bearings;
- EN 1337-1: General Design Rules, 2000;
- EN 1337-2: Sliding Bearings, 2004;
- EN 1337-3: Elastomeric bearings, 2005;
- EN 1337-4: Roller bearings, 2004;
- EN 1337-5: Pot-bearings, 2005;
- EN 1337-6: Rocker bearings, 2004;
- EN 1337-7: Spherical and cylindrical bearings, 2004;
- EN 1337-8: Guide and restrain bearings;
- EN 1337-9: Protection;
- EN 1337-10: Inspection and maintenance, 2003;
- EN 1337-11: Transport, storage and installation, 1997;
- EN 15129: Anti-seismic devices, 2009;
- BS 5400 – Parte IX
- EN 1993-2, Anexo E
- RSA – Regulamento de Segurança e Acções.

ANEXOS

Índice

ANEXO 1. TABELA 1, EN 1337-1.....	2
ANEXO 2. TABELA 1.2, BS-5400.....	7
ANEXO 3. TABELA 1.3, BS-5400.....	9
ANEXO 4. TABELA 3, EN 1337-3.....	11
ANEXO 5. TABELAS B1 E B2, EN 1337-7.....	13
ANEXO 6. PEÇAS DESENHADAS - PROCEDIMENTO PARA REPARAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO EM TRÊS ALINHAMENTOS DE PILARES	16
ANEXO 7. PEÇAS DESENHADAS - FASEAMENTO DE REPARAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO	18
ANEXO 8. PEÇAS DESENHADAS - LEVANTAMENTO DE TABULEIRO.....	20
ANEXO 9. REGISTOS E MONITORIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO DO TABULEIRO DO VIADUTO DE VALADARES (CASO PRÁTICO DE OBRA DE REABILITAÇÃO – NIVELAMENTO DOS APARELHOS DE APOIO).....	22
ANEXO 10. PEÇAS DESENHADAS: PROJECTO DE APARELHOS DE APOIO PARA A OBRA DE REABILITAÇÃO DA PONTE SOBRE O RIO AVE (CASO PRÁTICO DE SUBSTITUIÇÃO DE APARELHOS DE APOIO).....	25
ANEXO 11. REGISTOS E MONITORIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO DO TABULEIRO DA PONTE SOBRE O RIO AVE (CASO PRÁTICO DE SUBSTITUIÇÃO DE APARELHOS DE APOIO)	28

Anexo 1.Tabela 1, EN 1337-1

Table 1: Most common types of bearings

1		2	3	4		5	6			7	8	9	10	11	12	13		14	
Relevant parts of the standard		No.	Symbol in the plan view	Symbol in direction		Kind of bearing	Relative movements						Reactions						
2	3	4	5	6	7		8	displacements			rotation			forces		mo- ment			
				x	y		v_x in x-direction	v_y in y-direction	v_z in z-direction	α_x about x-axis	α_y about y-axis	α_z about z-axis							
	X																V_x	V_y	N
	X																¹⁾ V_x	V_y	N
X	X																¹⁾	V_y	N
X	X																		N
X	X																	V_y	N
	X																¹⁾ V_x	V_y	N
X	X																	V_y	N
X	X																		N

(continued)

Table 1 (continued)

1								2	3	4		5	6						7	8	9	10	11	12	13			14
Relevant parts of the standard								No.	Symbol in the plan view	Symbol in direction		Kind of bearing	Relative movements						Reactions			moment						
2	3	4	5	6	7	8	x			y	displacements			rotation			forces											
										v_x in x-direction	v_y in y-direction	v_z in z-direction	α_x about x-axis	α_y about y-axis	α_z about z-axis	V_x	V_y	N										
			X					2.1				Pot bearing	none	none	very small	deforming	deforming				V_x	V_y	N					
X			X					2.2				Pot bearing with unidirectional movable sliding part	sliding															
X			X					2.3				Pot bearing with multidirectional movable sliding part		sliding												N		
				X				3.1				Spherical bearing with RS beyond the rotating part	none	none	almost none	sliding	sliding	sliding				V_x	V_y	N				
				X				3.2				Spherical bearing with rotating part likewise as RS										V_x	V_y	N				
X				X				3.3				Spherical bearing with unidirectional movable sliding part (ext. guidance)	sliding													V_y	N	
X				X				3.4				Spherical bearing with unidirectional movable sliding part (int. guidance)														V_y	N	
X				X				3.5				Spherical bearing with multidirectional movable sliding part		sliding												N		

(continued)

Table 1 (continued)

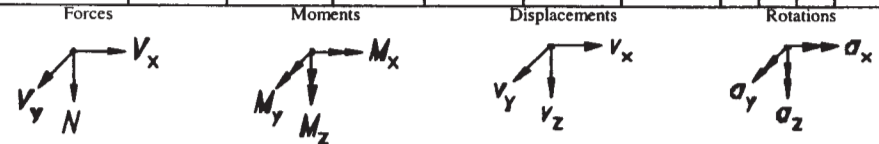
1								2	3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13			14
Relevant parts of the standard								No.	Symbol in the plan view	Symbol in direction		Kind of bearing	Relative movements						Reactions				
2	3	4	5	6	7	8	x	y	displacements				rotation			forces		mo- ment					
									v_x in x-direction	v_y in y-direction	v_z in z-direction	α_x about x-axis	α_y about y-axis	α_z about z-axis									
				x			4.1				Steel point rocker bearing	none	none	almost none	rocking	rocking	sliding ¹⁾	V_x	V_y	N			
x				x			4.2				Steel point rocker bearing with unidirectional movable sliding part	sliding								V_y	N		
x				x			4.3					Steel point rocker bearing with multidirectional movable sliding part	sliding	sliding								N	
				x			5.1				Steel linear rocker bearing	none	none		none ³⁾		none	V_x	V_y	N	M_x		
x				x			5.2				Steel linear rocker bearing with unidirectional movable sliding part	sliding								V_y	N	M_x	
x				x			5.3					Steel linear rocker bearing with multidirectional movable sliding part		sliding			sliding			N	M_x		
		x					6.1					Single roller bearing	rolling	none			none ¹⁾	V_y	N	M_x			
x		x					6.2					Single roller bearing with sliding part movable in the other direction		sliding					N	M_x			

(continued)

Table 1 (concluded)

1								2	3	4		5	6			7	8	9	10	11	12	13		14
Relevant parts of the standard								No.	Symbol in the plan view	Symbol in direction		Kind of bearing	Relative movements						Reactions					
2	3	4	5	6	7	8	x			y	displacements			rotation			forces		moment					
x						x		7.1				Fixed cylindrical bearing	none	none	almost none	none ³⁾	sliding	none	V_x	V_y	N	M_x		
x						x		7.2				Guided cylindrical bearing movable in y direction		sliding					V_x	N	M_x			
x						x		7.3				Guided cylindrical bearing movable in x direction	sliding	none					V_y	N	M_x			
x						x		7.4				Free cylindrical bearing movable in x and y direction		sliding			sliding		N	M_x				
						x		8.1				Guide bearing with restraints for two axes = thrust bearing	none	none	sliding	sliding or deforming	sliding or deforming	sliding or deforming	V_x	V_y				
						x		8.2				Guide bearing with restraints for one axis	sliding					none	V_y					

- 1) For individual types of bearings α_z may have strict tolerances, special design will be necessary if so required. For normal design purposes "none" means no movement other than that due to manufacturing tolerances and deformation.
- 2) Whether or not v_z is of importance to be checked in individual cases.
- 3) Combination with a sliding bearing results in unfavourable stresses in the PTFE.
- 4) Device to transfer the forces V_x or V_y .



NOTE: In practice x is the main direction of movement for bridges (see ENV 1992-2 and ENV 1993-2) and z the direction of the forces due to vertical loads.

Anexo 2.Tabela 1.2, BS-5400

TABLE 1.2 FUNCTIONS PERFORMED BY DIFFERENT TYPES OF BRIDGE BEARINGS

Type of bearing	Translation permitted		Rotation permitted			Loading resisted		
	Longitudinal	Transverse	Longitudinal ¹	Transverse ²	Plan	Vertical	Longitudinal	Transverse
Roller								
Single cylindrical	✓	X	✓	X	X	✓	X	S
Multiple cylindrical	✓	X	X	X	X	✓	X	S
Non-cylindrical	✓	X	✓	X	X	✓	X	S
Rocker								
Linear	X	X	✓	X	X	✓	✓	S
Point	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Knuckle								
Pin	X	X	✓	X	X	✓	✓	S
Leaf	X	X	✓	X	X	✓	✓	✓
Cylindrical	X	S	✓	X	X	✓	✓	S
Spherical	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Plane Sliding	✓	✓	X	X	X	✓	✓	S
Elastomeric								
Unreinforced	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
laminated	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pot	X	X	✓	✓	S	✓	✓	✓
Guide								
Longitudinal	✓	X	✓	S	X	X	X	✓
Transverse	X	✓	S	✓	X	X	✓	X

Key : ✓ suitable
 X not suitable
 S Special consideration required

Note : 1. Rotation about transverse axis.
 2. Rotation about longitudinal axis.

Anexo 3.Tabela 1.3, BS-5400

TABLE 1.3 GUIDELINES FOR SELECTION OF BRIDGE BEARINGS

SN	Type of bearing	Vertical load recommended range (KN)	Movement capacity "One Way" (mm)	Rotation in radians	Seismic performance	Horizontal* force on supports (% of superstructure dead load)	Maintenance requirement	Bearing height approx. range (mm)	Typical application			
									Straight	Curved	Steel	Conc.
1	Steel roller	600 to 2660	100	0.19	Poor	3	Maximum	360 to 660	✓	-	✓	-
2	Steel Sliding	200 to 1330	25	0.08	Poor	15	Maximum	50 to 100	✓	-	✓	-
3	Pot	200 to 17800	No limit	0.04	Good	3 to 5	Minimum	60 to 180	✓	✓	✓	✓
4	Disc	400 to 17800	No limit	0.04	Good	3 to 5	Minimum	60 to 180	✓	✓	✓	✓
5	Spherical	800 to 26700	No limit		Good	5 to 10	Minimum	125 to 250	✓	✓	✓	✓
6	Plain Elastomeric	100 to 450	10	Negligible	Good	3 to 12	None	10 to 209	✓	✓	-	✓
7	Laminated elastomeric	300 to 2200	60	0.025	Good	3 to 12	None	10 to 20	✓	✓	-	✓

Anexo 4.Tabela 3, EN 1337-3

Table 3 — Standard sizes for bearings type B

Dimensions a x b (mm) or D	THICKNESS in mm						Number of layers n	
	Unloaded bearing		Elastomer (total ^a)		Elastomer layers	Reinforcing plates	min.	max.
	min.	max.	min.	max.				
100 x 150	30	41	16	24	8	3	2	3
100 x 200	30	41	16	24	8	3	2	3
150 x 200	30	52	16	32	8	3	2	4
φ 200	30	52	16	32	8	3	2	4
150 x 250	30	52	16	32	8	3	2	4
150 x 300	30	52	16	32	8	3	2	4
φ 250	30	52	16	32	8	3	2	4
200 x 250	41	74	24	48	8	3	3	6
200 x 300	41	74	24	48	8	3	3	6
200 x 350	41	74	24	48	8	3	3	6
φ 300	41	74	24	48	8	3	3	6
200 x 400	41	74	24	48	8	3	3	6
250 x 300	41	85	24	56	8	3	3	7
φ 350	41	85	24	56	8	3	3	7
250 x 400	41	85	24	56	8	3	3	7
300 x 400	57	105	36	72	12	4	3	6
φ 400	57	105	36	72	12	4	3	6
300 x 500	57	105	36	72	12	4	3	6
φ 450	57	105	36	72	12	4	3	6
300 x 600	57	105	36	72	12	4	3	6
350 x 450	57	121	36	84	12	4	3	7
φ 500	57	121	36	84	12	4	3	7
400 x 500	73	137	48	96	12	4	4	8
φ 550	73	137	48	96	12	4	4	8
400 x 600	73	137	48	96	12	4	4	8
450 x 600	73	153	48	108	12	4	4	9
φ 600	73	153	48	108	12	4	4	9
500 x 600	73	169	48	120	12	4	4	10
φ 650	73	169	48	120	12	4	4	10
600 x 600	94	199	64	144	16	5	4	9
φ 700	94	199	64	144	16	5	4	9
600 x 700	94	199	64	144	16	5	4	9
φ 750	94	199	64	144	16	5	4	9
700 x 700	94	220	64	160	16	5	4	10
φ 800	94	220	64	160	16	5	4	10
700 x 800	94	220	64	160	16	5	4	10
φ 850	94	220	64	160	16	5	4	10
800 x 800	110	285	80	220	20	5	4	10
φ 900	110	285	80	220	20	5	4	10
900 x 900	110	285	80	220	20	5	4	11

^a Total thickness without 2,5 mm top and bottom cover

Anexo 5. Tabelas B1 e B2, EN 1337-7

Table B.1 - Coefficient λ for spherical bearings

$e/L \backslash \theta$	30°	25°	20°	10°
0,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,01	0,982	0,981	0,980	0,979
0,02	0,962	0,961	0,960	0,958
0,03	0,942	0,940	0,938	0,936
0,04	0,922	0,919	0,916	0,913
0,05	0,901	0,898	0,894	0,890
0,06	0,880	0,876	0,872	0,867
0,07	0,858	0,853	0,849	0,844
0,08	0,836	0,831	0,826	0,820
0,09	0,814	0,808	0,803	0,796
0,10	0,792	0,786	0,780	0,773
0,11	0,770	0,763	0,757	0,749
0,12	0,747	0,740	0,733	0,724
0,13	0,725	0,717	0,710	0,700
0,14	0,702	0,693	0,686	0,676
0,15	0,680	0,670	0,663	0,653
0,16	0,657	0,647	0,639	0,628
0,17	0,635	0,624	0,616	0,604
0,18	0,612	0,601	0,592	0,581
0,19	0,590	0,578	0,569	0,557
0,20	0,567	0,556	0,546	0,533
0,21	0,545	0,533	0,523	0,510
0,22	0,523	0,511	0,500	
0,23	0,501			
0,24				
0,25				

NOTE Intermediate values may be obtained by linear interpolation.

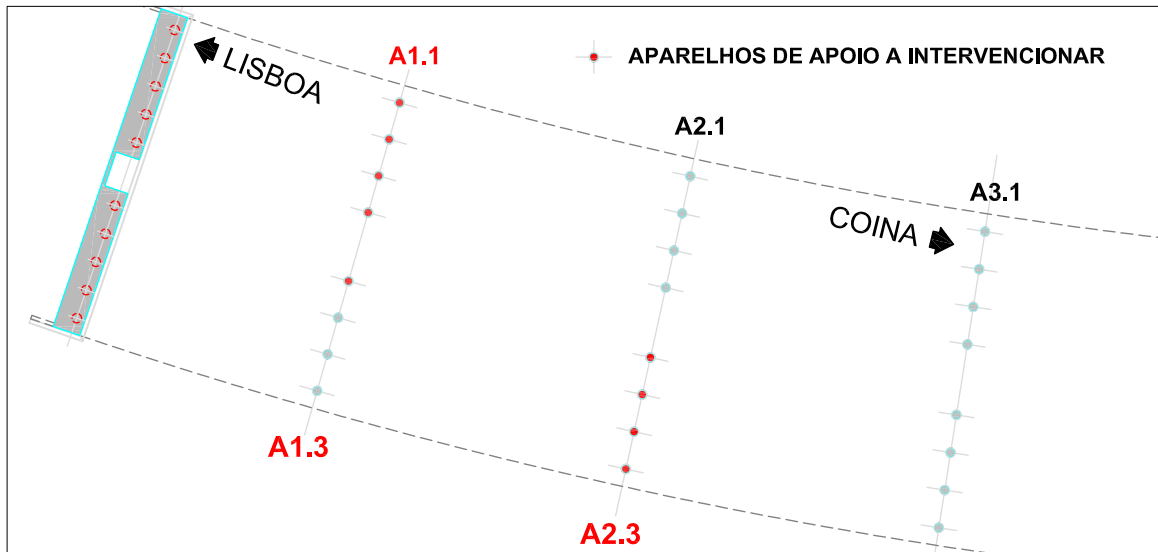
Table B.2 - Coefficient λ for cylindrical bearings

θ e/L	37,5°	30°	20°	10°
0,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,01	0,984	0,983	0,981	0,980
0,02	0,968	0,965	0,962	0,961
0,03	0,951	0,947	0,943	0,941
0,04	0,934	0,929	0,924	0,921
0,05	0,917	0,911	0,905	0,901
0,06	0,900	0,893	0,886	0,881
0,07	0,882	0,874	0,866	0,862
0,08	0,864	0,855	0,847	0,842
0,09	0,846	0,837	0,827	0,822
0,10	0,828	0,818	0,808	0,802
0,11	0,809	0,799	0,788	0,782
0,12	0,790	0,779	0,768	0,762
0,13	0,771	0,760	0,749	0,742
0,14	0,752	0,740	0,729	0,722
0,15	0,733	0,721	0,709	0,702
0,16	0,713	0,701	0,689	0,682
0,17	0,693	0,681	0,669	0,662
0,18	0,673	0,661	0,649	0,642
0,19	0,653	0,641	0,629	0,622
0,20	0,633	0,621	0,609	0,602
0,21	0,612	0,600	0,589	0,582
0,22	0,592	0,580	0,569	0,562
0,23	0,571	0,559	0,548	0,542
0,24	0,550	0,539	0,528	0,522
0,25	0,529	0,518	0,508	0,502

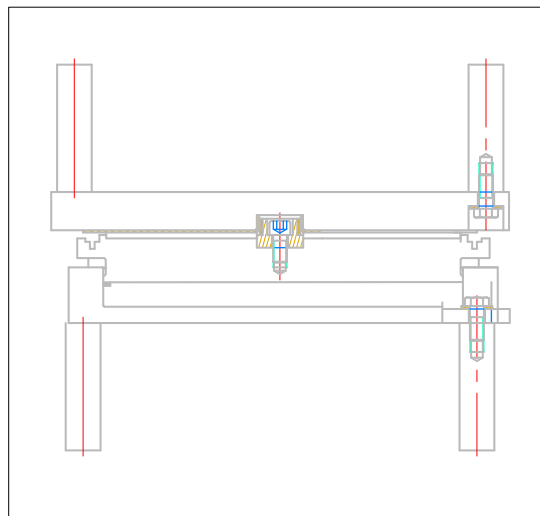
NOTE Intermediate values may be obtained by linear interpolation.

Anexo 6. Peças desenhadas - Procedimento para reparação dos aparelhos de apoio em três alinhamentos de pilares

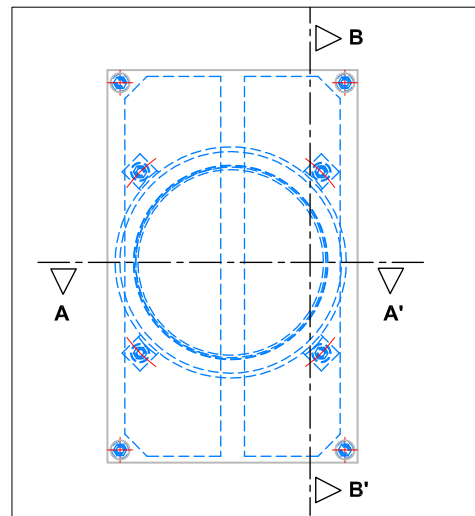
PROCEDIMENTO DE REPARAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO NOS PILARES A1.1 A1.3 E A2.3



PLANTA DO VIADUTO COM A LOCALIZAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO A INTERVENICIONAR



CORTE AA'



PLANTA TIPO

NOTA:

- As chapas superiores do A1.1 e A2.3 serão desmontadas em duas fases, por forma a salvaguardar o travamento transversal durante as operações;
- As esponhas "tapa pós" dos pratos inferiores dos aparelhos de apoio serão substituídas;
- Os períodos de cura dos materiais devem ser respeitados de acordo com as fichas técnicas;

DESCRIÇÃO DAS FASES

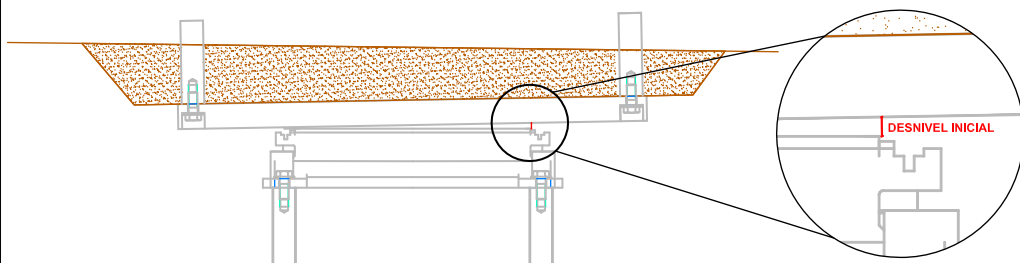
- FASE 1 – Situação existente
Chapa superior desnivelada
- FASE 2 – Levantamento da estrutura
Levantamento da estrutura de 5 mm
- FASE 3 – Remoção da chapa superior
- FASE 4 – Demolição de plinto e corte de chumbadores
O corpo inferior do apoio deverá estar protegido durante a operação de demolição
- FASE 5 – Colocação da chapa superior
Colocar vaselina nos alvéolos do Teflon;
Limpeza da chapa de inox;
Lubrificação das fixações.
- FASE 6 – Selagem e injeção da chapa superior
A selagem é realizada com SIKADUR 31 FC, e a injeção com MULTIPOX.
Colocação de 4 tubos de purga, e um de injeção
- FASE 7 – Transferência de carga

A	Janeiro 2013			
VERSÃO	DATA			
EMPREITADA:	SUBCONCESSÃO DO BAIXO TEJO		CLIENTE:	
	VIADUTO DE VALADARES			
DESIGNAÇÃO:	VERIFICADO POR:	ESCALAS		
PROCEDIMENTO PARA NIVELAMENTO DAS CHAPAS SUPERIORES DOS APARELHOS DE APOIO EM 3 ALINHAMENTOS DE PILARES - A1.1 / A1.3 / A2.3	João Cavaco	S/E		
PREPARAÇÃO:	DESENHADO POR:	DES Nº:		
VERSÃO PROVISÓRIA	David Matias	2/3		

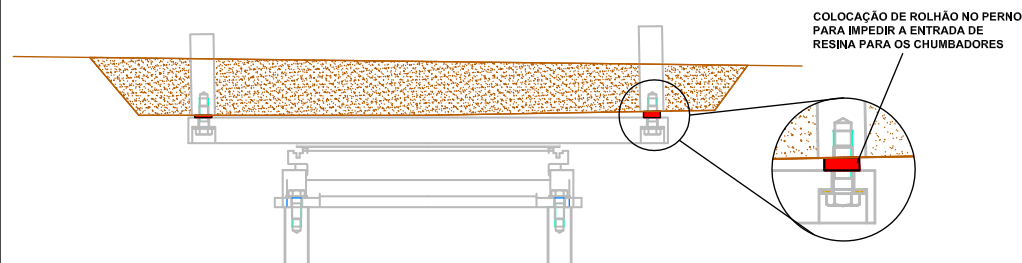
**Anexo 7. Peças desenhadas - Faseamento de reparação dos
aparelhos de apoio**

FASEAMENTO DE REPARAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO ATRAVÉS DO CORTE BB'

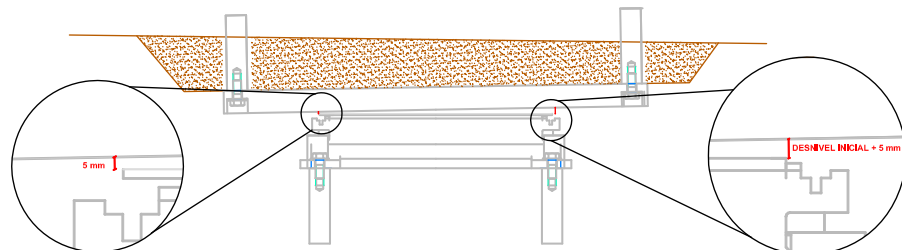
FASE 1 - Situação existente (desnívelamento)



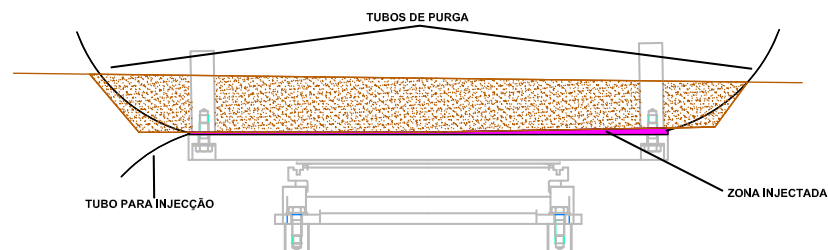
FASE 5 - Colocação de chapa superior



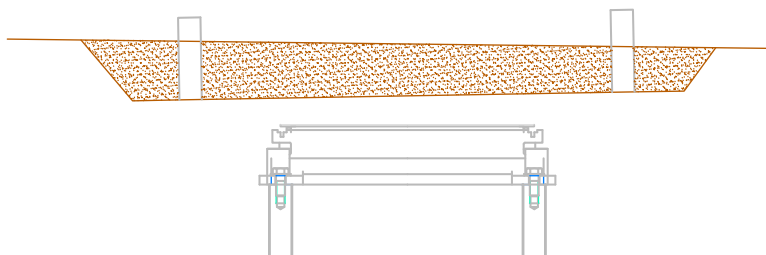
FASE 2 - Levantamento da estrutura ~ 5 mm



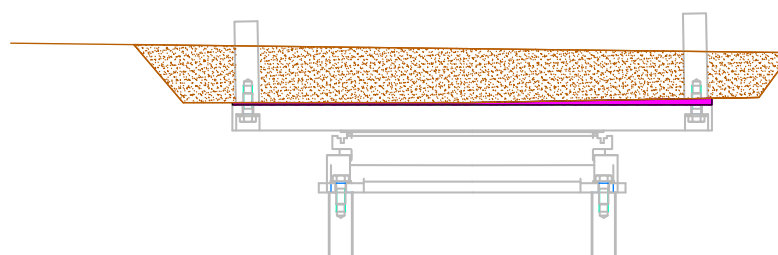
FASE 6 - Selagem e injeção da chapa superior



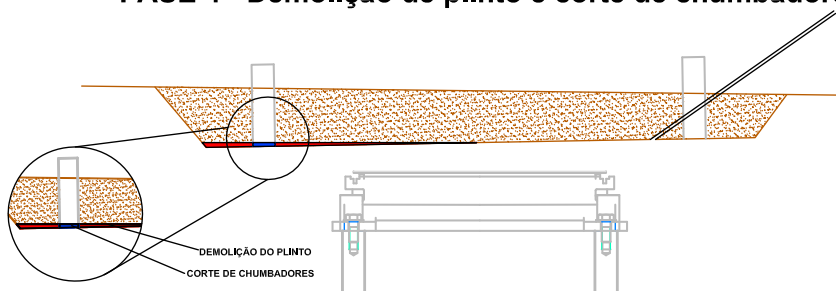
FASE 3 - Remoção da chapa superior



FASE 7 - Transferência de carga



FASE 4 - Demolição de plinto e corte de chumbadores

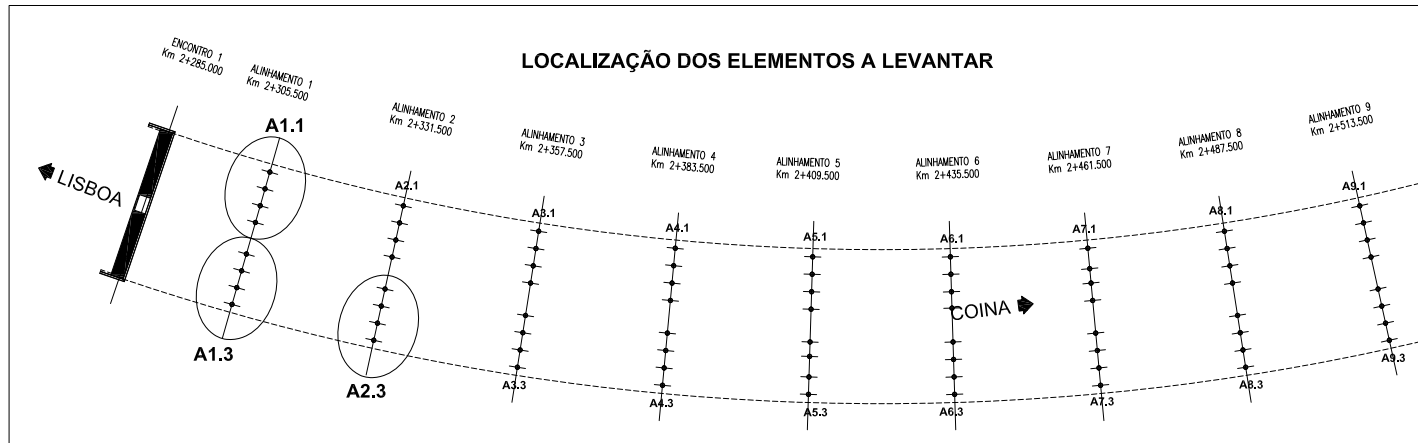


A	Janeiro 2013			
VERSÃO	DATA			
EMPREITADA:	SUBCONCESSÃO DO BAIXO TEJO VIADUTO DE VALADARES		CLIENTE:	
DESIGNAÇÃO:	FASEAMENTO ESQUEMÁTICO DO PROCESSO DE NIVELAMENTO DAS CHAPAS SUPERIORES DOS APARELHOS DE APOIO EM 3 ALINHAMENTOS DE PILARES - A1.1 / A1.3 / A2.3		VERIFICADO POR:	ESCALAS
PREPARAÇÃO:	VERSÃO PROVISÓRIA		João Cavaco	S/E
		DESENHADO POR:	DES Nº:	
		David Matias	3/3	



Anexo 8. Peças desenhadas - Levantamento de Tabuleiro

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO EM 3 ALINHAMENTOS DE PILARES: A1.1, A1.3 E A2.3



SEQUÊNCIA DOS TRABALHOS:

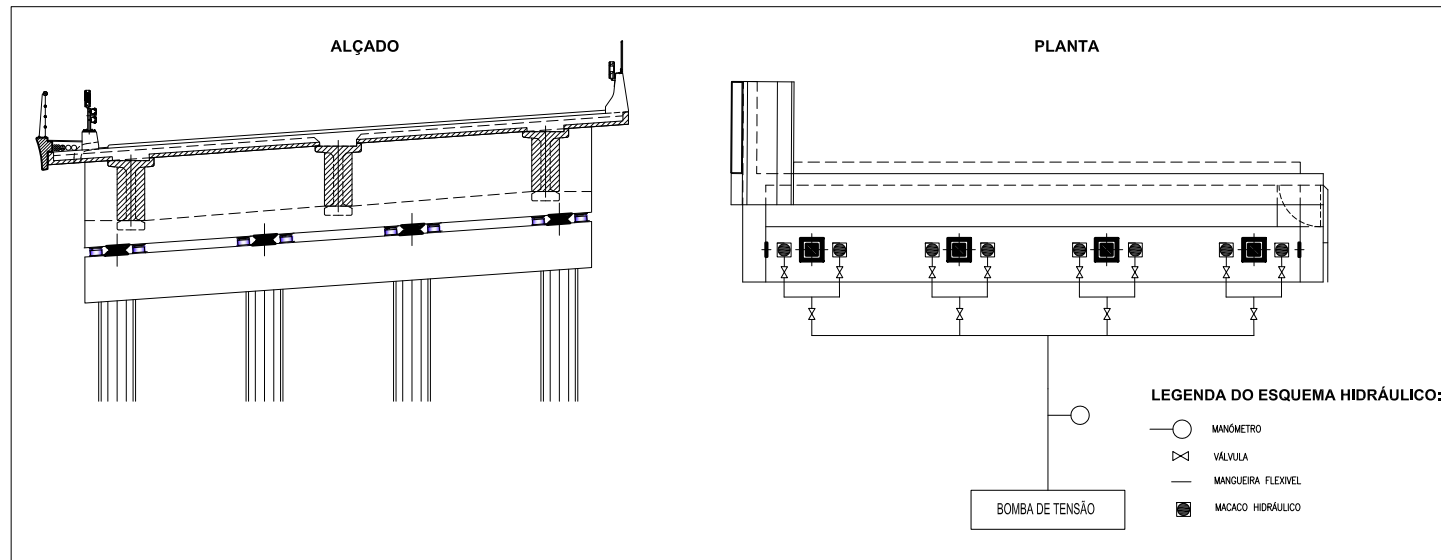
- 1- Regularização das superfícies de betão na zona de apoio dos macacos
- 2- Montagem das chapas metálicas e dos macacos
- 3- Transferência de carga para os macacos (pode usar-se uma alimentação independente para cada macaco)
- 4- Aperto da porca de segurança dos macacos hidráulicos
- 5- Demolição do plinto superior
- 6- Nivelamento e groutamento do plinto superior
- 7- Transferência de carga dos macacos para os aparelhos de apoio
- 8- Retirada dos macacos e das chapas

NOTA:

- É obrigatória a utilização das chapas resistentes superior e inferior de 20 mm de espessura. Eventuais chapas de enchimento podem ser substituídas por blocos metálicos.
- O faseamento de levantamento é isolado para o A1.1/A1.3/A2.3

MATERIAIS:

Chapas de aço — S275JR



MACACO HIDRÁULICO	FORÇA (ton)	QUANTIDADE	DIÂMETRO (mm)	ALTURA FECHADO (mm)
ZERK 684	200	8	235	160
CLP 2502	260	8	275	159

A	Outubro/2012				
VERSÃO	DATA				
EMPREITADA: SUBCONCESSÃO DO BAIXO TEJO VIADUTO DE VALADARES			CLIENTE:		
DESIGNAÇÃO: LEVANTAMENTO DO TABULEIRO EM 3 ALINHAMENTOS DE PILARES - A1.1 / A1.3 / A2.3		VERIFICADO POR: João Cavaco	ESCALAS S/E		
PREPARAÇÃO: VERSÃO PROVISÓRIA		DESENHADO POR: David Matias	DES Nº: 1		

Anexo 9. Registos e monitorização do levantamento do tabuleiro do viaduto de Valadares (caso prático de obra de reabilitação – Nivelamento dos aparelhos de apoio)

REGISTO DE INSPECÇÃO E ENSAIO

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

EMPREITADA: VIADUTO DE VALADARES (SUBCONCESSÃO DO BAIXO TEJO/IC32 - PALHAIS - COINA)

MACACOS A UTILIZAR	QUANTIDADE (un)
ZERK684	8

ALINHAMENTO A LEVANTAR	

OPERAÇÃO DE LEVANTAMENTO		
INICIO	DATA / HORA	
	TEMPERATURA (°C)	
TÉRMINO	DATA / HORA	
	TEMPERATURA (°C)	



CONFORME



NÃO CONFORME

- 1) **REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES**

AS SUPERFÍCIES ONDE SERÃO APLICADOS OS MACACOS HIDRÁULICOS ESTÃO DEVIDAMENTE REGULARIZADAS?

SIM

NÃO
- 2) **CHAPAS DE APOIO**

ESTÃO A SER UTILIZADAS CHAPAS DE APOIO RESISTENTES PARA DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS TRANSMITIDAS PELOS MACACOS?

SIM

NÃO
- 3) **MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE TENSIONAMENTO**

OS MEIOS TÉCNICOS DA FREYSSINET (MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE ÓLEO) ENCONTRAM-SE EM CONDIÇÕES DE SEREM UTILIZADOS?

SIM

NÃO
- 4) **CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

OS EQUIPAMENTOS DE TENSIONAMENTO ESTÃO DEVIDAMENTE CALIBRADOS?

SIM

NÃO
- 5) **DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO**

OS DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO DO TABULEIRO ESTÃO LOCALIZADOS CORRECTAMENTE E EM QUANTIDADE SUFICIENTE?

SIM

NÃO
- 6) **ANEL DE SEGURANÇA DOS MACACOS**

TODOS OS MACACOS DISPÕEM DE DISPOSITIVO DE TRAVAMENTO (ANEL DE SEGURANÇA) ?

SIM

NÃO

REGISTO DE INSPEÇÃO E ENSAIO

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

7)	MANGUEIRAS FLEXIVEIS	AS MANGUEIRAS FLEXIVEIS QUE FAZEM A LIGAÇÃO ENTRE O MACACO E A BOMBA DE TENSÃO ENCONTRAM-SE EM PERFEITAS CONDIÇÕES?	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/>	✓
			<input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>	✗
8)	PRESSÕES NAS BOMBAS DE TENSIONAMENTO	A PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO FOI EXCEDIDA (>630 Bar) ?	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/>	✗
		Bar	<input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>	✓
9)	ELEVAÇÃO DO TABULEIRO	A ELEVAÇÃO DO TABULEIRO OCORREU UNIFORMEMENTE ?	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/>	✓
			<input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>	✗
10)	TRANSFERÊNCIA DE CARGA	A TRANSFERÊNCIA DE CARGA DOS MACACOS PARA OS APARELHOS DE APOIO OCORRE UNIFORMEMENTE?	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/>	✓
			<input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>	✗

OBSERVAÇÕES:

FREYSSINET - TERRA ARMADA, S.A.: _____

DATA: _____

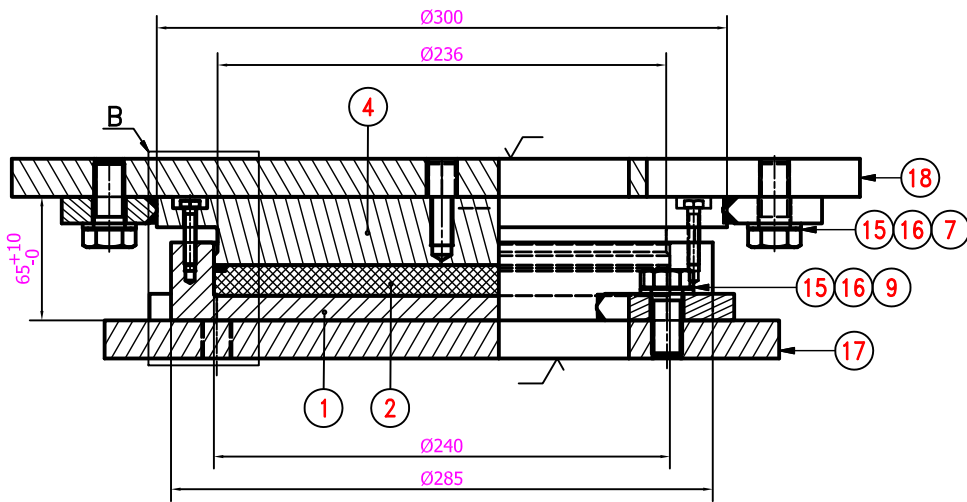
EMPREITEIRO GERAL: _____

DATA: _____

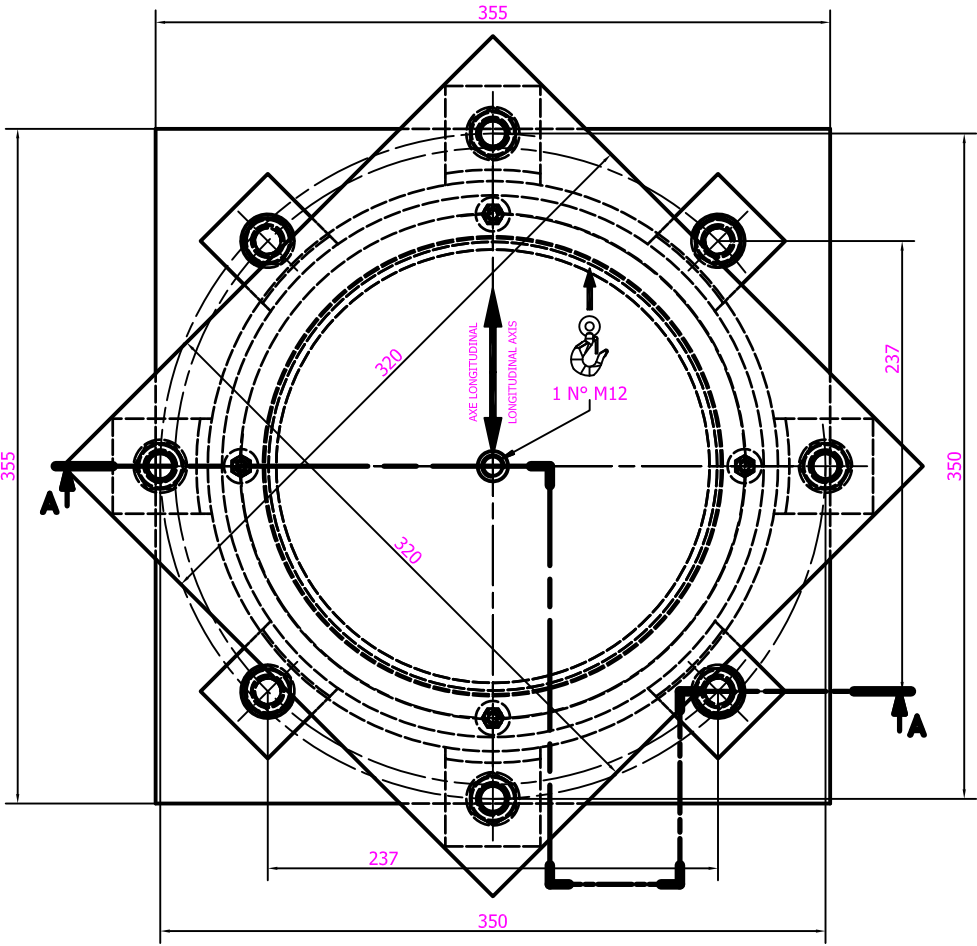
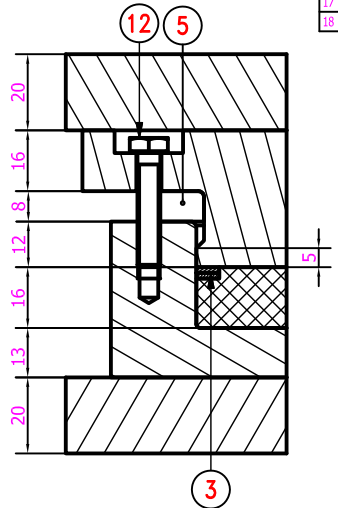
ENTIDADE FISCALIZADORA: _____

DATA: _____

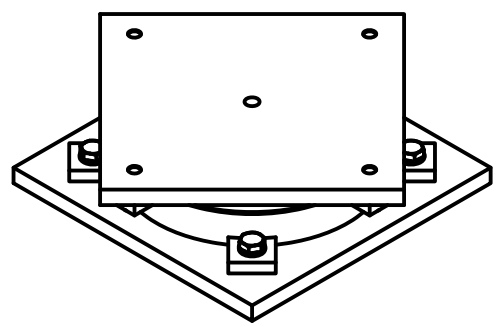
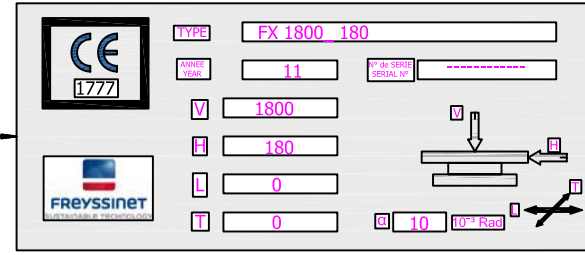
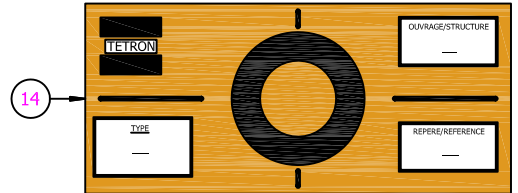
Anexo 10. Peças desenhadas: Projecto de Aparelhos de Apoio para a obra de reabilitação da Ponte sobre o Rio Ave (caso prático de substituição de Aparelhos de Apoio)



DETAIL B (1:1)



REP	QTE	Désignation	Portugal	Dimensions	Matière	Normes
1	1	Pot	Pot	Ø 285 x43	S 355 JO	EN 10.025
2	1	Disque élastomère	DISCO ELASTOMÉRICO	Ø 240 x 16	NR 50 Shore A	EN 1.337-5
3	2	Joint anti-extrusion	JUNTA ANTI-EXTRUSÃO	6 x 1.5	CU Zn 37	EN 12.163
4	1	Piston	PISTÃO	Ø 300 x 36	S 335 JO	EN 10.025
5	1	Joint mousse	JUNTA DE ESPUMA	15x15	Compriband	F.P.C
7	4	Patte piston	FIXAÇÕES PISTÃO	50 x 50 x 14	S 335 JO	EN 10.025
9	4	Patte de pot	FIXAÇÕES POT	50 x 50 x 14	S 355 JO	EN 10.025
12	4	Vis H (fixafons provisosfos)	PARAFUSOS H	M6 x 30	CU Zn 37	ISO 4017
13	1	Étiquette repérage		85x30	AS 13	F.P.C
14	1	Étiquette positionnement		175x100	PVC	F.P.C
15	8	Vis H	PARAFUSOS H	M16 x 40	Cl 10.9 Galva	ISO 4017
16	8	Rondelle plates	ANILHAS	M16 U	Grade A	ISO 7091
17	1	Platine inferieure		355 x 355 x 20	S 355 JO	EN 10.025
18	1	Platine superieure		320 x 320 x 20	S 355 JO	EN 10.025

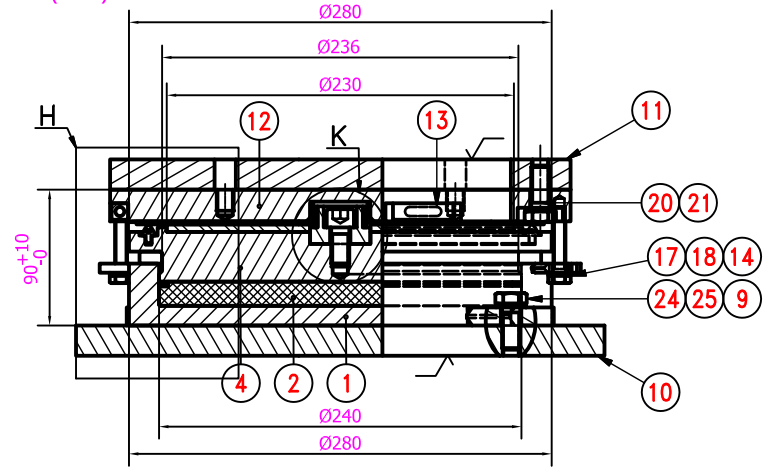


QTE = 30

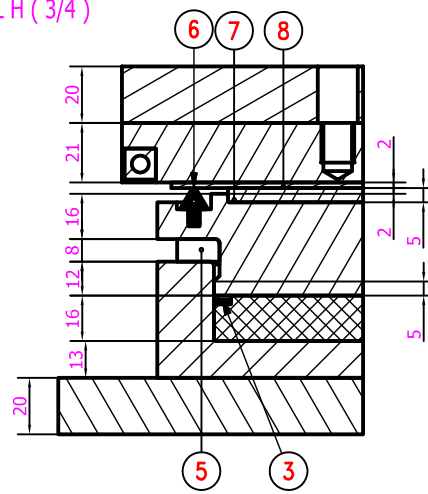
TABLE	
Element soudé	a =
Patte Inf.	4
Patte sup.	4

A		29/03/2012	MNU	OBT	PRZ	PREMIERE DIFFUSION / FIRST ISSUE	
INDICE	REV.	DATE	DESSINE	VERIFIE	STATUT	MODIFICATIONS	
DESIGN	EURONORM EN 1337-2 & 5		MATERIE / MATERIAL		S355 JO EN 10025	FICHE DE PROTECTION / PROTECTION NOTICE	C4A NV 695
AFFAIRE / PROJECT		PONTE SOBRE O RIO AVE METRO DO PORTO				POIDS / MASS	
PRODUITS		DESIGNATION DOSSIER / FILE DESIGNATION				N° Cde / Ref. Order	
DESIGNATION ARTICLE / REF. DESIGNATION		ENSEMBLE / ASSEMBLY				APOPO	
DISTRIBUTEUR / DISTRIBUTOR		APPUI FIXE / FIXED BEARING				A	
PORTUGAL		AS15129		ECHELLE / SCALE		1/2	

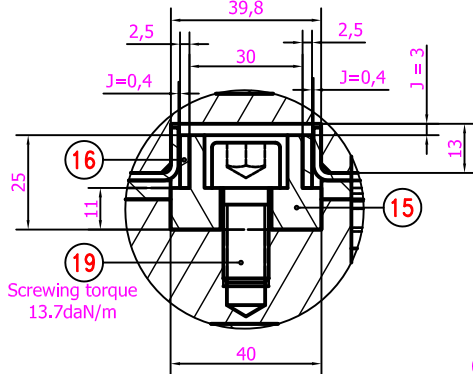
G-G (2:5)



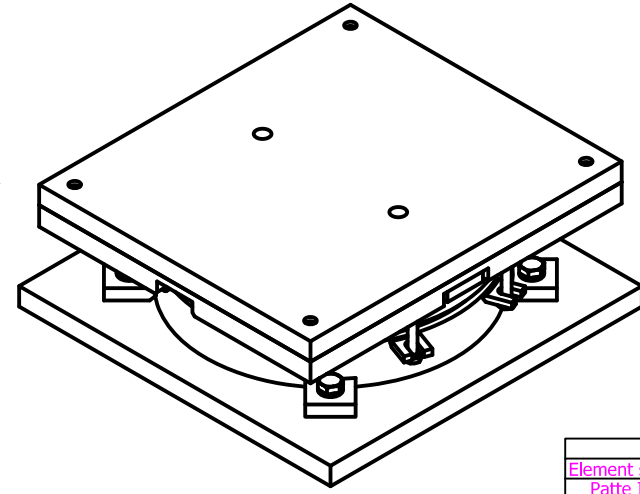
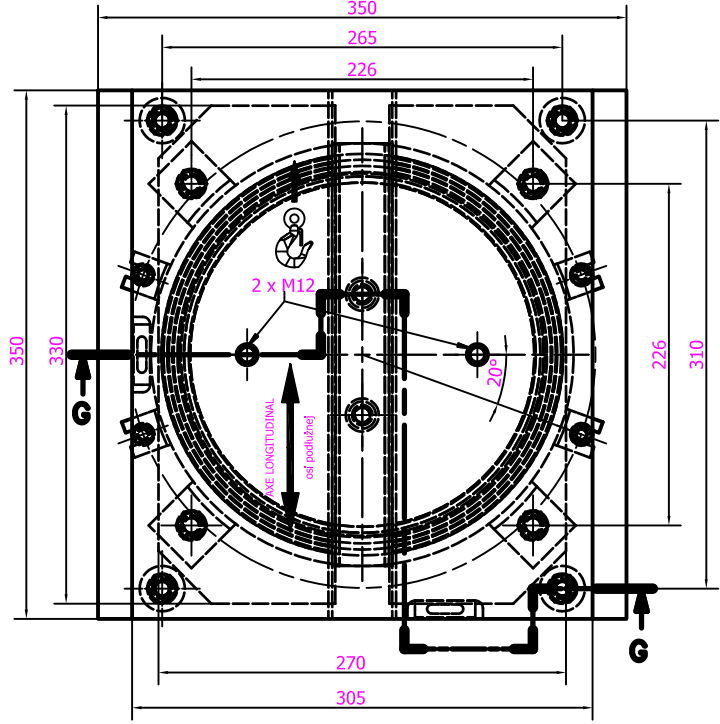
DETAIL H (3/4)



DETAIL K (1:1)



QTY = 30



REP	QTE	Désignation	Portugal	Dimensions	Matière	Normes
1	1	Pot	POT	Ø 280 x 41	S 355 JO	EN 10.025
2	1	Disque Elastomère	DISCO ELASTOMÉRICO	Ø 240 x 16	Naturel 50 Shores A	EN 1.337-5
3	2	Joint anti-extrusion	JUNTA ANTI-EXTRUSÃO	6x1,5	Laiton	EN 1.337-5
4	1	Piston	PISTÃO	Ø 280 x 36	S 335 JO	EN 10.025
5	1	Joint mousse	JUNTA DE ESPUMA	15x15	E.P.D.M	F.P.C
6	1	Joint racleur	JUNTA ANTI-POEIRAS	10 x 10	E.P.D.M	F.P.C
7	1	Disque PTFE	PTFE	Ø 230 x 5	Polytétrafluoréthylène pur sans matériau recyclé ni charge	EN 1.337-2
8	2	Toile inox	PLACA DE INOX	330 x 270 x 2	316 L	EN 10.088
9	4	Patte du pot	FIXAÇÕES POT	40x40x12	S 355 JO	EN 10.025
10	1	Platine inférieur		350x350x10	S355JO	EN 10.025
11	1	Platine supérieur		350x305x10	S355JO	EN 10.025
12	1	Plaque de Glissement	PLACA DE DESLIZAMENTO	350 x 305 x 21	S 355 JO	EN 10.025
13	2	Niveau à bulle L 35	NÍVEL DE BOLHA			F.P.C
14	4	Patte (fixations provisoires)	FIXAÇÕES PROVISÓRIAS	25 x 25 x 6	S355JO	EN 10.025
15	1	Guide	GUIA	280x40x25	S355JO	EN 10.025
16	2	Metal DU	METAL DU	280x14x2,48	CM1	EN 1.337,5
17	4	Vis H (fixations provisoires)	PARAFUSOS H	M8x45	Cl 8.8	ISO 4017
18	4	Rondelle (fixations provisoires)	ANILHAS	M8 U	Grade A	ISO 7092
19	2	Vis cylindrique à six pans creux	PARAFUSOS CHC	M12x25	Cl 12,9 Galva	ISO 4762
20	4	Vis H	PARAFUSOS H	M12x30	Cl 10,9 Galva	ISO 4017
21	4	Rondelle plates	ANILHAS	M12 U	Grade A Galva	ISO 7091
22	1	Étiquette de repérage		85x30	AS13	F.P.C
23	1	Étiquette de positionnement		175x100	PVC	F.P.C
24	4	Vis H	PARAFUSOS H	M12x30	Cl 10,9 Galva	ISO 4017
25	4	Rondelle plates	ANILHAS	M12 U	Grade A Galva	ISO 7091
/	/	Graisse de protection		/	Silicone	EN 1.337,5
/	/	Graisse de lubrification		/	Silicone	EN 1.337,2

TYPE: **GG 1300_67_40**

ANNEE TRAVAIL: **2012**

INDEX: **V 1610**

INDEX: **H 67**

INDEX: **L 40**

INDEX: **T 0**

INDEX	REV.	DATE	DESSINE DRAWING	VERIFIE CHECKED	STATUT STATUS	MODIFICATIONS
A		30/03/2012	SCJ	ORT	PRZ	PREMIERE DIFFUSION / FIRST ISSUE
DESIGN: EURONORM EN 1337-2&5 MATIERE / MATERIAL: S355 JO EN 10025 FICHE DE PROTECTION / PROTECTION NOTICE: C4A NV 695 POIDS / MASS: 85 Kg						

AFFAIRE / PROJECT: **PONTE SOBRE O RIO AVE METRO DO PORTO**

PRODUITS: **TETRON**

DESIGNATION DOSSIER / FILE DESIGNATION: **APPUIS TETRON CD APPUIS GG 1300_67_40 CD SERIES TETRON BEARINGS**

DESIGNATION ARTICLE / REF. DESIGNATION: **ENSEMBLE / ASSEMBLY APPUI GLISSANT GUIDE / CENTRAL SLIDING GUIDED BEARING**

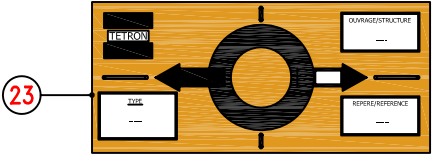
DISTRIBUTEUR / DISTRIBUTOR: **PORTUGAL**

SOUS-DIVISION / SUB-DIVISION: **AS15130**

FORMAT / SIZE: **A2**

ÉCHELLE / SCALE: **2/5**

IND. REV. **A**



Element soudé	a =
Patte Inf.	4
Fixation prov.	3

Anexo 11. Registos e Monitorização do levantamento do tabuleiro da ponte sobre o rio Ave (caso prático de substituição de Aparelhos de Apoio)

REGISTO E MONITORIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

EMPREITADA: TRABALHOS DE MANUTENÇÃO NA PONTE SOBRE O RIO AVE - LINHA DA PÓVOA

ASSINALAR (X)	ELEMENTO
X	ENCONTRO VILA DO CONDE
	P1
	P2
	P3
	P4
	ENCONTRO PÓVOA

OPERAÇÃO		
LEVANTAMENTO	DATA / HORA	03/09/2012 09H30
	TEMPERATURA (°C)	19°
TRANSFERÊNCIA DE CARGA	DATA / HORA	14/09/2012 09H30
	TEMPERATURA (°C)	18°

✓ CONFORME

✗ NÃO CONFORME

MACACOS A UTILIZAR	QUANTIDADE (un)
200 V 40	4

- 1) **REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES**

AS SUPERFÍCIES ONDE SERÃO APLICADOS OS MACACOS HIDRÁULICOS ESTÃO DEVIDAMENTE REGULARIZADAS?

MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓

NÃO ✗
- 2) **CHAPAS DE APOIO**

ESTÃO A SER UTILIZADAS CHAPAS DE APOIO RESISTENTES PARA DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS TRANSMITIDAS PELOS MACACOS?

MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓

NÃO ✗
- 3) **MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE TENSIONAMENTO**

OS MEIOS TÉCNICOS DA FREYSSINET (MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE OLEO) ENCONTRAM-SE EM CONDIÇÕES DE SEREM UTILIZADOS?

MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓

NÃO ✗
- 4) **CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

OS EQUIPAMENTOS DE TENSIONAMENTO ESTÃO DEVIDAMENTE CALIBRADOS?

MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓

NÃO ✗
- 5) **DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO**

OS DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO DO TABULEIRO ESTÃO LOCALIZADOS CORRECTAMENTE E EM QUANTIDADE SUFICIENTE?

MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA

SIM ✓

NÃO ✗

REGISTO DE INSPECÇÃO E ENSAIO

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

6)	MANGUEIRAS FLEXIVEIS	<p>AS MANGUEIRAS FLEXIVEIS QUE FAZEM A LIGAÇÃO ENTRE O MACACO E A BOMBA DE TENSÃO ENCONTRAM-SE EM PERFEITAS CONDIÇÕES?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">MONITORIZAÇÃO VISUAL</p>	<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>
7)	PRESSÕES NAS BOMBAS DE TENSIONAMENTO	<p>a) A PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DOS ENCONTROS FOI EXCEDIDA? 315 Bar</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE MANÓMETROS</p>	<p>SIM <input type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>✗</p> <p>✓</p>
		<p>b) A PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DOS PILARES FOI EXCEDIDA? Bar</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE MANÓMETROS</p>	<p>SIM <input type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✗</p> <p>✓</p>
8)	ELEVAÇÃO DO TABULEIRO	<p>A ELEVAÇÃO DO TABULEIRO OCORRE UNIFORMEMENTE ?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>	<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>
9)	CALÇAMENTO DOS MACACOS	<p>TODOS OS MACACOS DISPÕEM DE DISPOSITIVO DE CALÇAMENTO (ANEL DE SEGURANÇA) ?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">MONITORIZAÇÃO VISUAL</p>	<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>
10)	TRANSFERÊNCIA DE CARGA	<p>A TRANSFERÊNCIA DE CARGA DOS MACACOS PARA OS APARELHOS DE APOIO OCORRE UNIFORMEMENTE?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>	<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>
11)	ALTURA TOTAL DE LEVANTAMENTO	<p>A ALTURA TOTAL DE LEVANTAMENTO É INFERIOR A 5 mm? 50 mm</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>	<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>

OBSERVAÇÕES:

FREYSSINET - TERRA ARMADA, S.A.:

[Assinatura]

DATA:

14/09/2012

ENTIDADE FISCALIZADORA:

DATA:

REGISTO E MONITORIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO


LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

EMPREITADA: TRABALHOS DE MANUTENÇÃO NA PONTE SOBRE O RIO AVE - LINHA DA PÓVOA

ASSINALAR (X)	ELEMENTO
	ENCONTRO VILA DO CONDE
X	P1
	P2
	P3
	P4
	ENCONTRO PUERTO

OPERAÇÃO		
LEVANTAMENTO	DATA / HORA	05/09/2012 01H30
	TEMPERATURA (°C)	18°
TRANSFERÊNCIA DE CARGA	DATA / HORA	25/09/2012 01H30
	TEMPERATURA (°C)	19°


 CONFORME


 NÃO CONFORME

MACACOS A UTILIZAR	QUANTIDADE (un)
200 V 40	8

1) **REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES**


AS SUPERFÍCIES ONDE SERÃO APLICADOS OS MACACOS HIDRÁULICOS ESTÃO DEVIDAMENTE REGULARIZADAS?
MONITORIZAÇÃO VISUAL


SIM 

NÃO 

2) **CHAPAS DE APOIO**


ESTÃO A SER UTILIZADAS CHAPAS DE APOIO RESISTENTES PARA DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS TRANSMITIDAS PELOS MACACOS?
MONITORIZAÇÃO VISUAL


SIM 

NÃO 

3) **MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE TENSIONAMENTO**


OS MEIOS TÉCNICOS DA FREYSSINET (MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE ÓLEO) ENCONTRAM-SE EM CONDIÇÕES DE SEREM UTILIZADOS?
MONITORIZAÇÃO VISUAL


SIM 

NÃO 

4) **CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**


OS EQUIPAMENTOS DE TENSIONAMENTO ESTÃO DEVIDAMENTE CALIBRADOS?
MONITORIZAÇÃO VISUAL


SIM 

NÃO 

5) **DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO**

OS DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO DO TABULEIRO ESTÃO LOCALIZADOS CORRECTAMENTE E EM QUANTIDADE SUFICIENTE?
MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA

SIM 

NÃO 

REGISTO DE INSPECÇÃO E ENSAIO

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

6)	MANGUEIRAS FLEXIVEIS	<p>AS MANGUEIRAS FLEXIVEIS QUE FAZEM A LIGAÇÃO ENTRE O MACACO E A BOMBA DE TENSÃO ENCONTRAM-SE EM PERFEITAS CONDIÇÕES?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO VISUAL</p>	SIM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
			NÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7)	PRESSÕES NAS BOMBAS DE TENSIONAMENTO	<p>a) A PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DOS ENCONTROS FOI EXCEDIDA?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE MANÓMETROS</p>	Bar	SIM	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
				NÃO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
		<p>b) A PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DOS PILARES FOI EXCEDIDA?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE MANÓMETROS</p>	380 Bar	SIM	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
				NÃO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8)	ELEVAÇÃO DO TABULEIRO	<p>A ELEVAÇÃO DO TABULEIRO OCORRE UNIFORMEMENTE ?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>		SIM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				NÃO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9)	CALÇAMENTO DOS MACACOS	<p>TODOS OS MACACOS DISPÕEM DE DISPOSITIVO DE CALÇAMENTO (ANEL DE SEGURANÇA) ?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO VISUAL</p>		SIM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				NÃO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10)	TRANSFERÊNCIA DE CARGA	<p>A TRANSFERÊNCIA DE CARGA DOS MACACOS PARA OS APARELHOS DE APOIO OCORRE UNIFORMEMENTE?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>		SIM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				NÃO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11)	ALTURA TOTAL DE LEVANTAMENTO	<p>A ALTURA TOTAL DE LEVANTAMENTO É INFERIOR A 5 mm?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>	5,0 mm	SIM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				NÃO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

OBSERVAÇÕES:

FREYSSINET - TERRA ARMADA, S.A.:

T. A. V. Maria

DATA:

25/09/2012

ENTIDADE FISCALIZADORA:

DATA:

REGISTO E MONITORIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

EMPREITADA: TRABALHOS DE MANUTENÇÃO NA PONTE SOBRE O RIO AVE - LINHA DA PÓVOA

ASSINALAR (X)	ELEMENTO
	ENCONTRO VILA DO COELHO
	P1
X	P2
	P3
	P4
	ENCONTRO PORTO

OPERAÇÃO		
LEVANTAMENTO	DATA / HORA	14/09/2012 01H30
	TEMPERATURA (°C)	15°
TRANSFERÊNCIA DE CARGA	DATA / HORA	26/09/2012 01H30
	TEMPERATURA (°C)	17°

✓ CONFORME

✗ NÃO CONFORME

MACACOS A UTILIZAR	QUANTIDADE (un)
200 v 40	8

1) **REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES**

AS SUPERFÍCIES ONDE SERÃO APLICADOS OS MACACOS HIDRÁULICOS ESTÃO DEVIDAMENTE REGULARIZADAS?
MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓
NÃO ✗

2) **CHAPAS DE APOIO**

ESTÃO A SER UTILIZADAS CHAPAS DE APOIO RESISTENTES PARA DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS TRANSMITIDAS PELOS MACACOS?
MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓
NÃO ✗

3) **MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE TENSIONAMENTO**

OS MEIOS TÉCNICOS DA FREYSSINET (MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE ÓLEO) ENCONTRAM-SE EM CONDIÇÕES DE SEREM UTILIZADOS?
MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓
NÃO ✗

4) **CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

OS EQUIPAMENTOS DE TENSIONAMENTO ESTÃO DEVIDAMENTE CALIBRADOS?
MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓
NÃO ✗

5) **DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO**

OS DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO DO TABULEIRO ESTÃO LOCALIZADOS CORRECTAMENTE E EM QUANTIDADE SUFICIENTE?
MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA

SIM ✓
NÃO ✗

REGISTO DE INSPECÇÃO E ENSAIO

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

6)	MANGUEIRAS FLEXIVEIS	<p>AS MANGUEIRAS FLEXIVEIS QUE FAZEM A LIGAÇÃO ENTRE O MACACO E A BOMBA DE TENSÃO ENCONTRAM-SE EM PERFEITAS CONDIÇÕES?</p> <p style="background-color: #e0f0ff; text-align: center;">MONITORIZAÇÃO VISUAL</p>	SIM	<input checked="" type="checkbox"/>	✓	
			NÃO	<input type="checkbox"/>	✗	
7)	PRESSÕES NAS BOMBAS DE TENSIONAMENTO	<p>a) A PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DOS ENCONTROS FOI EXCEDIDA?</p> <p style="background-color: #e0f0ff; text-align: center;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE MANÓMETROS</p>	Bar	SIM	<input type="checkbox"/>	✗
				NÃO	<input type="checkbox"/>	✓
		<p>b) A PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DOS PILARES FOI EXCEDIDA?</p> <p style="background-color: #e0f0ff; text-align: center;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE MANÓMETROS</p>	360 Bar	SIM	<input type="checkbox"/>	✗
				NÃO	<input checked="" type="checkbox"/>	✓
8)	ELEVAÇÃO DO TABULEIRO	<p>A ELEVAÇÃO DO TABULEIRO OCORRE UNIFORMEMENTE ?</p> <p style="background-color: #e0f0ff; text-align: center;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>		SIM	<input checked="" type="checkbox"/>	✓
				NÃO	<input type="checkbox"/>	✗
9)	CALÇAMENTO DOS MACACOS	<p>TODOS OS MACACOS DISPÕEM DE DISPOSITIVO DE CALÇAMENTO (ANEL DE SEGURANÇA) ?</p> <p style="background-color: #e0f0ff; text-align: center;">MONITORIZAÇÃO VISUAL</p>		SIM	<input checked="" type="checkbox"/>	✓
				NÃO	<input type="checkbox"/>	✗
10)	TRANSFERÊNCIA DE CARGA	<p>A TRANSFERÊNCIA DE CARGA DOS MACACOS PARA OS APARELHOS DE APOIO OCORRE UNIFORMEMENTE?</p> <p style="background-color: #e0f0ff; text-align: center;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>		SIM	<input checked="" type="checkbox"/>	✓
				NÃO	<input type="checkbox"/>	✗
11)	ALTURA TOTAL DE LEVANTAMENTO	<p>A ALTURA TOTAL DE LEVANTAMENTO É INFERIOR A 5 mm?</p> <p style="background-color: #e0f0ff; text-align: center;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>	5,0 mm	SIM	<input checked="" type="checkbox"/>	✓
				NÃO	<input type="checkbox"/>	✗

OBSERVAÇÕES:

FREYSSINET - TERRA ARMADA, S.A.:

David Nader

DATA:

26/09/2012

ENTIDADE FISCALIZADORA:

DATA:

REGISTO E MONITORIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

EMPREITADA: TRABALHOS DE MANUTENÇÃO NA PONTE SOBRE O RIO AVE - LINHA DA PÓVOA

ASSINALAR (X)	ELEMENTO
	ENCANTO VILA DO COMDE
	P1
	P2
	P3
	P4
X	SECUREIRO PORTO

OPERAÇÃO		
LEVANTAMENTO	DATA / HORA	18/09/2012 01H30
	TEMPERATURA (°C)	16°
TRANSFERÊNCIA DE CARGA	DATA / HORA	28/09/2012 01H30
	TEMPERATURA (°C)	13°

✓ CONFORME

✗ NÃO CONFORME

MACACOS A UTILIZAR	QUANTIDADE (un)
80 VR 55	10

1) **REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES**

AS SUPERFÍCIES ONDE SERÃO APLICADOS OS MACACOS HIDRÁULICOS ESTÃO DEVIDAMENTE REGULARIZADAS?

MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM



NÃO



2) **CHAPAS DE APOIO**

ESTÃO A SER UTILIZADAS CHAPAS DE APOIO RESISTENTES PARA DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS TRANSMITIDAS PELOS MACACOS?

MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM



NÃO



3) **MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE TENSIONAMENTO**

OS MEIOS TÉCNICOS DA FREYSSINET (MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE ÓLEO) ENCONTRAM-SE EM CONDIÇÕES DE SEREM UTILIZADOS?

MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM



NÃO



4) **CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

OS EQUIPAMENTOS DE TENSIONAMENTO ESTÃO DEVIDAMENTE CALIBRADOS?

MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM



NÃO



5) **DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO**

OS DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO DO TABULEIRO ESTÃO LOCALIZADOS CORRECTAMENTE E EM QUANTIDADE SUFICIENTE?

MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA

SIM



NÃO



REGISTO DE INSPECÇÃO E ENSAIO

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

6)	MANGUEIRAS FLEXIVEIS	<p>AS MANGUEIRAS FLEXIVEIS QUE FAZEM A LIGAÇÃO ENTRE O MACACO E A BOMBA DE TENSÃO ENCONTRAM-SE EM PERFEITAS CONDIÇÕES?</p> <p style="text-align: center; background-color: #add8e6;">MONITORIZAÇÃO VISUAL</p>	<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>
7)	PRESSÕES NAS BOMBAS DE TENSIONAMENTO	<p>a) A PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DOS ENCONTROS FOI EXCEDIDA? 510 Bar</p> <p style="text-align: center; background-color: #add8e6;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE MANÓMETROS</p>	<p>SIM <input type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>✗</p> <p>✓</p>
		<p>b) A PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DOS PILARES FOI EXCEDIDA? Bar</p> <p style="text-align: center; background-color: #add8e6;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE MANÓMETROS</p>	<p>SIM <input type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>✗</p> <p>✓</p>
8)	ELEVAÇÃO DO TABULEIRO	<p>A ELEVAÇÃO DO TABULEIRO OCORRE UNIFORMEMENTE ?</p> <p style="text-align: center; background-color: #add8e6;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>	<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>
9)	CALÇAMENTO DOS MACACOS	<p>TODOS OS MACACOS DISPÕEM DE DISPOSITIVO DE CALÇAMENTO (ANEL DE SEGURANÇA) ?</p> <p style="text-align: center; background-color: #add8e6;">MONITORIZAÇÃO VISUAL</p>	<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>
10)	TRANSFERÊNCIA DE CARGA	<p>A TRANSFERÊNCIA DE CARGA DOS MACACOS PARA OS APARELHOS DE APOIO OCORRE UNIFORMEMENTE?</p> <p style="text-align: center; background-color: #add8e6;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>	<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>
11)	ALTURA TOTAL DE LEVANTAMENTO	<p>A ALTURA TOTAL DE LEVANTAMENTO É INFERIOR A 5 mm? 5,0 mm</p> <p style="text-align: center; background-color: #add8e6;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>	<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>

OBSERVAÇÕES:

FREYSSINET - TERRA ARMADA, S.A.:

Denis M...

DATA:

28/09/2012

ENTIDADE FISCALIZADORA:

DATA:

REGISTO E MONITORIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

EMPREITADA: TRABALHOS DE MANUTENÇÃO NA PONTE SOBRE O RIO AVE - LINHA DA PÓVOA

ASSINALAR (X)	ELEMENTO
	ENCURTADO VILA DO COELHO
	P1
	P2
	P3
X	P4
	ENCONTRO PÓVOA

OPERAÇÃO		
LEVANTAMENTO	DATA / HORA	26/09/2012 01H30
	TEMPERATURA (°C)	14°
TRANSFERÊNCIA DE CARGA	DATA / HORA	10/10/2012 01H30
	TEMPERATURA (°C)	13°

✓ CONFORME
 ✗ NÃO CONFORME

MACACOS A UTILIZAR	QUANTIDADE (un)
200 V 40	8

1) **REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES**

AS SUPERFÍCIES ONDE SERÃO APLICADOS OS MACACOS HIDRÁULICOS ESTÃO DEVIDAMENTE REGULARIZADAS?
 MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓
 NÃO ✗

2) **CHAPAS DE APOIO**

ESTÃO A SER UTILIZADAS CHAPAS DE APOIO RESISTENTES PARA DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS TRANSMITIDAS PELOS MACACOS?
 MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓
 NÃO ✗

3) **MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE TENSIONAMENTO**

OS MEIOS TÉCNICOS DA FREYSSINET (MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE ÓLEO) ENCONTRAM-SE EM CONDIÇÕES DE SEREM UTILIZADOS?
 MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓
 NÃO ✗

4) **CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

OS EQUIPAMENTOS DE TENSIONAMENTO ESTÃO DEVIDAMENTE CALIBRADOS?
 MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓
 NÃO ✗

5) **DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO**

OS DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO DO TABULEIRO ESTÃO LOCALIZADOS CORRECTAMENTE E EM QUANTIDADE SUFICIENTE?
 MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA

SIM ✓
 NÃO ✗

REGISTO DE INSPECÇÃO E ENSAIO

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

6)	MANGUEIRAS FLEXÍVEIS	AS MANGUEIRAS FLEXÍVEIS QUE FAZEM A LIGAÇÃO ENTRE O MACACO E A BOMBA DE TENSÃO ENCONTRAM-SE EM PERFEITAS CONDIÇÕES? MONITORIZAÇÃO VISUAL		SIM <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	✓ ✗
7)	PRESSÕES NAS BOMBAS DE TENSIONAMENTO	a) A PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DOS ENCONTROS FOI EXCEDIDA? MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE MANÓMETROS	Bar	SIM <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	NÃO <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	✗ ✓
		b) A PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DOS PILARES FOI EXCEDIDA? MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE MANÓMETROS	370 Bar	SIM <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	NÃO <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	✗ ✓
8)	ELEVAÇÃO DO TABULEIRO	A ELEVAÇÃO DO TABULEIRO OCORRE UNIFORMEMENTE ? MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA		SIM <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	✓ ✗
9)	CALÇAMENTO DOS MACACOS	TODOS OS MACACOS DISPÕEM DE DISPOSITIVO DE CALÇAMENTO (ANEL DE SEGURANÇA) ? MONITORIZAÇÃO VISUAL		SIM <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	✓ ✗
10)	TRANSFERÊNCIA DE CARGA	A TRANSFERÊNCIA DE CARGA DOS MACACOS PARA OS APARELHOS DE APOIO OCORRE UNIFORMEMENTE? MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA		SIM <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	✓ ✗
11)	ALTURA TOTAL DE LEVANTAMENTO	A ALTURA TOTAL DE LEVANTAMENTO É INFERIOR A 5 mm? MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA	50 mm	SIM <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	NÃO <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	✓ ✗

OBSERVAÇÕES:

FREYSSINET - TERRA ARMADA, S.A.: David Manj

DATA: 10/10/2012

ENTIDADE FISCALIZADORA: _____

DATA: _____

REGISTO E MONITORIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

EMPREITADA: TRABALHOS DE MANUTENÇÃO NA PONTE SOBRE O RIO AVE - LINHA DA PÓVOA

ASSINALAR (X)	ELEMENTO
	ENCONTRO VILA DO CONDE
	P1
	P2
X	P3
	P4
	ENCONTRO PORTO

OPERAÇÃO		
LEVANTAMENTO	DATA / HORA	12/10/2012 102H00
	TEMPERATURA (°C)	14°
TRANSFERÊNCIA DE CARGA	DATA / HORA	22/10/2012 102H30
	TEMPERATURA (°C)	12°

✓ CONFORME

✗ NÃO CONFORME

MACACOS A UTILIZAR	QUANTIDADE (un)
200 V 40	8

1) **REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES**

AS SUPERFÍCIES ONDE SERÃO APLICADOS OS MACACOS HIDRÁULICOS ESTÃO DEVIDAMENTE REGULARIZADAS?
MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓
NÃO ✗

2) **CHAPAS DE APOIO**

ESTÃO A SER UTILIZADAS CHAPAS DE APOIO RESISTENTES PARA DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS TRANSMITIDAS PELOS MACACOS?
MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓
NÃO ✗

3) **MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE TENSIONAMENTO**

OS MEIOS TÉCNICOS DA FREYSSINET (MACACOS HIDRÁULICOS E BOMBAS DE ÓLEO) ENCONTRAM-SE EM CONDIÇÕES DE SEREM UTILIZADOS?
MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓
NÃO ✗

4) **CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

OS EQUIPAMENTOS DE TENSIONAMENTO ESTÃO DEVIDAMENTE CALIBRADOS?
MONITORIZAÇÃO VISUAL

SIM ✓
NÃO ✗

5) **DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO**

OS DISPOSITIVOS DE CONTROLO DE ELEVAÇÃO DO TABULEIRO ESTÃO LOCALIZADOS CORRECTAMENTE E EM QUANTIDADE SUFICIENTE?
MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA

SIM ✓
NÃO ✗

REGISTO DE INSPECÇÃO E ENSAIO

LEVANTAMENTO DE TABULEIRO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

6)	MANGUEIRAS FLEXÍVEIS	<p>AS MANGUEIRAS FLEXÍVEIS QUE FAZEM A LIGAÇÃO ENTRE O MACACO E A BOMBA DE TENSÃO ENCONTRAM-SE EM PERFEITAS CONDIÇÕES?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO VISUAL</p>	<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>	
7)	PRESSÕES NAS BOMBAS DE TENSIONAMENTO	<p>a) A PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DOS ENCONTROS FOI EXCEDIDA?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE MANÓMETROS</p>	Bar	<p>SIM <input type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✗</p> <p>✓</p>
		<p>b) A PRESSÃO MÁXIMA NA BOMBA DE ÓLEO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DOS PILARES FOI EXCEDIDA?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE MANÓMETROS</p>	350 Bar	<p>SIM <input type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>✗</p> <p>✓</p>
8)	ELEVAÇÃO DO TABULEIRO	<p>A ELEVAÇÃO DO TABULEIRO OCORRE UNIFORMEMENTE ?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>		<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>
9)	CALÇAMENTO DOS MACACOS	<p>TODOS OS MACACOS DISPÕEM DE DISPOSITIVO DE CALÇAMENTO (ANEL DE SEGURANÇA) ?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO VISUAL</p>		<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>
10)	TRANSFERÊNCIA DE CARGA	<p>A TRANSFERÊNCIA DE CARGA DOS MACACOS PARA OS APARELHOS DE APOIO OCORRE UNIFORMEMENTE?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>		<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>
11)	ALTURA TOTAL DE LEVANTAMENTO	<p>A ALTURA TOTAL DE LEVANTAMENTO É INFERIOR A 5 mm?</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0f0ff;">MONITORIZAÇÃO ATRAVÉS DE FITA MÉTRICA</p>	5,0 mm	<p>SIM <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NÃO <input type="checkbox"/></p>	<p>✓</p> <p>✗</p>

OBSERVAÇÕES: