



João Pedro de Oliveira Graça

INSPEÇÃO DE UM CONJUNTO DE PONTES CONTRIBUIÇÃO PARA O SISTEMA DE GESTÃO MUNICIPAL

INSPECTION OF A SET OF BRIDGES
CONTRIBUTION TO A MUNICIPAL MANAGEMENT SYSTEM

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Reabilitação de Edifícios no Ramo de Reabilitação Estrutural orientada pela Professora Doutora Cristina Margarida Rodrigues Costa e pelo Professor Doutor Anísio Alberto Martinho de Andrade

Coimbra, 10 de outubro de 2017



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

João Pedro de Oliveira Graça

INSPEÇÃO DE UM CONJUNTO DE PONTES

CONTRIBUIÇÃO PARA O SISTEMA DE GESTÃO MUNICIPAL

INSPECTION OF A SET OF BRIDGES

CONTRIBUTION TO A MUNICIPAL MANAGEMENT SYSTEM

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Reabilitação de Edifícios no Ramo de Reabilitação Estrutural orientada pela Professora Doutora Cristina Margarida Rodrigues Costa e pelo Professor Doutor Anísio Alberto Martinho de Andrade

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor.
O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer
responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões
que possa conter.

Coimbra, 10 de outubro de 2017

RESUMO

Nesta dissertação apresenta-se um estudo do inventário das pontes sob responsabilidade do Município de Ourém bem como da inspeção e classificação do estado de conservação dos elementos de um conjunto de pontes municipais tendo em vista dar um contributo para a melhoria do sistema de gestão municipal destas estruturas.

A gestão de pontes ao nível dos municípios e todas as tarefas que esse processo envolve são ainda pouco discutidos em Portugal apesar de estas entidades serem responsáveis por um vasto conjunto de obras para gerir que existem desde longa data, de outras mais recentes, bem como de outras obras cuja gestão nos últimos anos tem ficado a cargo dos municípios por via da desclassificação de algumas estradas e da passagem da sua responsabilidade para os municípios.

Na presente dissertação é desenvolvido um conjunto de trabalhos de base que visam criar condições para que o processo de gestão de pontes e a tomada de decisão no tocante às intervenções a realizar seja mais fácil. Um desses trabalhos é a atualização do inventário municipal de pontes e a sua inserção num sistema de informação geográfica, com um conjunto de informação relevante em relação a cada ponte, tornando todas as tarefas subsequentes mais fáceis de realizar. Outro trabalho desenvolvido nesta dissertação é a utilização de uma metodologia de inspeção e classificação, já testada e em uso nos Estados Unidos da América, tendo em vista a inspeção e classificação do estado de conservação de pontes, ao nível dos seus elementos.

No final são apresentados e comentados os resultados relativos à inspeção de um conjunto de dezasseis pontes municipais inspecionadas no âmbito da presente dissertação.

Palavras-chave: pontes, inventário, inspeção, defeitos, estado de conservação.

ABSTRACT

This dissertation presents a study of the inventory of existing bridges under Ourém municipality responsibility as well as the inspection and classification of its state of conservation of a group of municipal bridges, with the aim of contribute to the improvement of the municipal management system of these structures.

The bridges management at municipalities level and all the tasks that this process involves are still less discussed in Portugal although these entities are responsible for a wide group of bridges that already exist for a long time, as well as others more recent whose management have recently passed to the municipalities management by the declassification of some roads and the transference of responsibilities to the municipalities.

In this dissertation, a set of basic works is developed with the aim to create conditions so that the management process and decisions related to bridge interventions could be easier. One of these works is to update the municipal bridges inventory and its insertion into a geographic information system, with a relevant set of information related to each bridge, making all subsequent tasks easier to perform. Another work developed in this dissertation is the use of an inspection and classification methodology, already tested and in use in the United States of America, with the aim of the inspection and classification of the condition state of bridges by its elements.

At the end are presented the results related to the inspection of a group of sixteen municipal bridges.

Keywords: bridges, inventory, inspection, defects, condition state.

AGRADECIMENTOS

Estou muito grato à Professora Cristina Costa e ao Professor Anísio Andrade por terem orientado esta dissertação, pela forma rigorosa e paciente com que leram e corrigiram o trabalho, pela análise crítica, pelas sugestões pertinentes, pelo tempo despendido, pela paciência. Agradeço em particular à Professora Cristina Costa, pelas muitas reuniões ao longo deste percurso, pelas discussões que foram suscitadas e que confluíram sempre na clarificação das dúvidas, agradeço todo o apoio e toda a ajuda.

Agradeço ao Município de Ourém, a oportunidade de realizar este trabalho.

À Divisão de Obras Municipais pelas condições que tive para a sua realização.

À Divisão de Gestão do Território, pela colaboração.

À minha colega de trabalho Eng.^a Eugénia Lopes, da Divisão de Gestão do Território, agradeço o seu trabalho de tratamento da informação geográfica relativa ao inventário.

Ao meu colega de trabalho Eng.^o José Paulo Vieira, da Divisão de Obras Municipais, agradeço por me ter acompanhado e ajudado na inspeção de algumas pontes.

Ao meu colega de trabalho Eng.^o José Manuel Lopes, da Divisão de Gestão do Território, agradeço os elementos fornecidos e os esclarecimentos acerca da rede viária.

Agradeço a todos os meus colegas de trabalho que, de alguma forma, me ajudaram com informações, com o esclarecimento de dúvidas, com envio de documentação, ou que, simplesmente me incentivaram.

À minha família, agradeço a compreensão, o apoio, o incentivo e a ajuda. Agradeço em especial, à minha mãe e ao meu pai todo o apoio e a educação que recebi.

À minha esposa Elsa, agradeço o amor com que me acompanhou e apoiou, o incentivo, a ajuda e a compreensão nos momentos mais difíceis e desesperantes.

À minha querida filha Camila, que nasceu no início deste percurso, agradeço a motivação e dedico esta dissertação.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Gestão de obras de arte nos municípios.....	2
1.3	Motivação	4
1.4	Objetivos da dissertação	4
1.5	Organização da tese	5
2	PONTES EM BETÃO ARMADO E PRÉ ESFORÇADO	7
2.1	Conceitos gerais	7
2.2	Tipologia estrutural das pontes em betão armado e pré-esforçado.....	7
2.2.1	Elementos estruturais constituintes das pontes.....	7
2.2.1.1	Fundações.....	7
2.2.1.2	Encontros.....	9
2.2.1.3	Pilares	11
2.2.1.4	Superestrutura.....	12
2.2.2	Elementos não estruturais mais comuns.....	15
2.2.2.1	Aparelhos de apoio.....	15
2.2.2.2	Juntas de dilatação.....	16
2.2.2.3	Sistemas de drenagem	17
2.2.2.4	Guarda corpos	17
2.2.2.5	Outros elementos não estruturais	18
2.3	Danos frequentes em pontes de betão armado	19
2.3.1	Defeitos de durabilidade do betão e pré-esforçado	19
2.3.2	Danos estruturais de betão.....	22
2.3.3	Danos relacionadas com a erosão do leito dos rios	23
2.3.4	Danos funcionais	26
2.4	Considerações finais	28
3	INSPEÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE PONTES MUNICIPAIS.....	30
3.1	Conceitos elementares sobre inspeção de pontes.....	30
3.1.1	Inventário.....	30
3.1.2	Inspeção visual de rotina	32
3.1.3	Inspeção principal ou inspeção detalhada	33

3.1.4	Inspeção especial ou avaliação estrutural.....	34
3.1.5	Inspeção subaquática	35
3.2	Metodologia americana de avaliação ao nível dos elementos, National Bridge Elements (NBEs) e Bridge Management Elements (BMEs).....	35
3.2.1	Considerações gerais	35
3.2.2	Componentes básicos e elementos constituintes	36
3.2.3	Identificação medição e localização dos elementos e das anomalias.....	38
3.3	Classificação do estado de conservação de pontes	41
3.3.1	Considerações prévias	41
3.3.2	Metodologia proposta pelo Bridge Inspector`s Reference Manual.....	41
3.4	Considerações finais	44
4	O PARQUE DE PONTES NO MUNICÍPIO DE OURÉM.....	45
4.1	Breve caracterização morfológica do município	45
4.2	Caracterização do sistema viário municipal	49
4.3	Procedimento de apoio à gestão do parque de pontes.....	50
4.3.1	Tratamento SIG dos dados relativos à localização das pontes	50
4.3.2	A rede de pontes da responsabilidade do município de Ourém	53
4.3.3	Tipologia, materiais, idade, distribuição geográfica.....	55
4.4	Considerações finais	60
5	ESTUDO DE UM CONJUNTO DE PONTES.....	62
5.1	Considerações iniciais.....	62
5.1.1	Critérios de seleção das pontes inspeccionadas	62
5.2	Descrição geral das pontes inspeccionadas	64
5.3	Inspeção da ponte 155.....	65
5.3.1	Descrição geral da ponte.....	65
5.3.2	Descrição das anomalias e classificação do estado de conservação dos elementos.....	69
5.4	Análise dos resultados das pontes inspeccionadas	79
5.5	Medidas propostas	83
5.6	Análise crítica	84
6	CONCLUSÃO	86
	Bibliografia.....	89
	Anexo A1.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Resultado de inquérito aos municípios sobre existência de inventário das pontes (Sousa, 2016).	3
Figura 1.2 - Resultado de inquérito aos municípios sobre realização de operações de manutenção regulares (Sousa, 2016).	3
Figura 2.1 - Componentes básicos de uma ponte (FHWA, 2012a).	7
Figura 2.2 - Estacas moldadas de betão armado (Reis, 1999).	9
Figura 2.3 - Representação esquemática em perspetiva dos encontros (Reis, 1999).	10
Figura 2.4 - Encontros com muros de avenida ou muros ala, em planta (Reis, 1999)... 11	
Figura 2.5 - Encontros em betão (Reis, 1999).	11
Figura 2.6 - Secção transversal de pilares.	12
Figura 2.7 - Ponte em laje maciça (Reis, 1999).	13
Figura 2.8 - Laje nervurada executada com cofragem de PVC (Reis, 1999).	13
Figura 2.9 - Ponte em laje vigada de betão armado (Reis, 1999).	14
Figura 2.10 - Ponte em laje vigada com vigas pré-fabricadas (Reis, 1999).	14
Figura 2.11 - Ponte em caixão (Reis, 1999).	14
Figura 2.12 - Esquema das três funções dos aparelhos de apoio, adaptado de (FHWA, 2012a).	15
Figura 2.13 - Pormenor tipo de guarda e passeio, guarda rodas, drenagem (Reis, 1999).	18
Figura 2.14 - Vista de topo e vista lateral da erosão e da infraescavação, adaptado de (FHWA, 2012a).	26
Figura 3.1 - Forma correta de quantificar a extensão da anomalia (Ortiz, 2017).	40
Figura 3.2 - Forma incorreta de quantificar a extensão da anomalia (Ortiz, 2017).	40
Figura 3.3 - Forma correta e incorreta da descrição da anomalia (Ortiz, 2017).	41
Figura 4.1 - Enquadramento do concelho de Ourém (Pulquério, 2015).	45
Figura 4.2 - Enquadramento das freguesias do concelho de Ourém (Pulquério, 2015). 46	
Figura 4.3 - Classes de altitude e rede hidrográfica (M.Ourém, 2012).	47
Figura 4.4 - Hipsometria (M.Ourém, 2012).	48
Figura 4.5 - Perfis do relevo (M.Ourém, 2012).	48
Figura 4.6 - Distribuição da rede viária do município de Ourém (M.Ourém, 2017).	49
Figura 4.7 - Ficha de identificação de ponte.	52
Figura 4.8 - Planta de localização das pontes sob responsabilidade do Município de Ourém.	54

Figura 4.9 - Tipologia e material do tabuleiro das pontes do inventário.....	55
Figura 4.10 - Tipologia e material da superestrutura.....	56
Figura 4.11 - Ano de construção das pontes do inventário.	57
Figura 4.12 - Distribuição das pontes em função do vão.	58
Figura 4.13 - Pontes que foram objeto de intervenção em data conhecida.	59
Figura 4.14 - Pontes com valor patrimonial.	60
Figura 5.1 - Nível muito baixo do caudal.....	63
Figura 5.2 - Planta de localização (carta militar) e vista geral da ponte 155.....	65
Figura 5.3 - Capa do projeto da ponte com código de identificação (M. Públicas, 1951).	65
Figura 5.4 - Elementos descritivos do projeto (M. Públicas, 1951).	66
Figura 5.5 - Peças desenhadas do projeto (M. Públicas, 1951).	67
Figura 5.6 - Alçados e corte parcial (M. Públicas, 1951).	67
Figura 5.7 - Pormenor das armaduras das vigas longitudinais (M. Públicas, 1951).	68
Figura 5.8 - Vista geral da ponte 155.	68
Figura 5.10 - Anomalias na face inferior da laje de tabuleiro: destacamento do betão..	72
Figura 5.11 - Anomalias na face inferior da laje de tabuleiro: destacamento do betão, armadura exposta e diminuição da secção de armadura.	72
Figura 5.12 - Elementos do projeto relativos às chapas para negativos de drenagem do tabuleiro (M. Públicas, 1951).	73
Figura 5.13 - Anomalias do sistema de drenagem na laje de tabuleiro.	73
Figura 5.14 - Esquema de campo de registo de anomalias nas guardas, vista superior em planta.	74
Figura 5.15 - Esquemas de campo de registo de anomalias, alçados de jusante e montante.	75
Figura 5.16 - Anomalias da guarda.	75
Figura 5.17 - Esquema de campo de registo de anomalias nos elementos da superestrutura, vista da face inferior do tabuleiro.	76
Figura 5.18 - Anomalias na viga longitudinal lado montante.	76
Figura 5.19 - Esquemas de campo de registo de anomalias nos encontros e leito.	77
Figura 5.20 - Estado de conservação de fundações de encontros e de pilares face à erosão do leito (Caltrans, 2016).	78
Figura 5.21 - Anomalias no encontro sul.	78

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Vários tipos de aparelhos de apoio, adaptado de (FHWA, 2012a).	16
Quadro 2.2 - Relação entre processos de degradação e defeitos, adaptado de (Duratinet, 2012).	20
Quadro 2.3 - Descrição resumida dos defeitos no betão, adaptado de (Duratinet, 2012).	21
Quadro 2.4 - Descrição resumida dos defeitos associados ao funcionamento estrutural, adaptado de (Duratinet, 2012).	23
Quadro 2.5 - Descrição dos diferentes tipos de erosão, adaptado de (FHWA, 2012a) e de (FHWA, 2012b).	24
Quadro 2.6 - Descrição resumida dos principais defeitos nos aparelhos de apoio, adaptado de (FHWA, 2012a).	27
Quadro 2.7 - Descrição resumida dos principais defeitos nas juntas de dilatação, nos órgãos de drenagem e nas guardas, adaptado de (FHWA, 2012a).	28
Quadro 3.1 - Elementos referentes ao tabuleiro (FHWA, 2012a).	36
Quadro 3.2 - Elementos referentes ao tabuleiro, juntas de dilatação e laje de transição (FHWA, 2012a).	37
Quadro 3.3 - Elementos referentes à superestrutura (FHWA, 2012a).	37
Quadro 3.4 - Elementos referentes à infraestrutura (FHWA, 2012a).	37
Quadro 3.5 - Elementos relativos aos sistemas de proteção (FHWA, 2012a).	38
Quadro 3.6 - Exemplificação da medição dos elementos do tabuleiro, superestrutura, subestrutura, juntas de dilatação e lajes de transição (FHWA, 2012a).	39
Quadro 3.7 - Exemplo da medição das guardas e aparelhos de apoio (FHWA, 2012a).	39
Quadro 3.8 - Classificação de anomalias e estado de conservação dos encontros (Caltrans, 2016).	42
Quadro 3.9 - Ficha de inspeção dos elementos (FHWA, 2014).	43
Quadro 4.1 - Lugares servidos pela rede viária municipal (M.Ourém, 2017).	50
Quadro 4.2 – Código das pontes relativamente à tipologia e material do tabuleiro.	56
Quadro 4.3 – Código das pontes relativamente à tipologia e material da superestrutura.	57
Quadro 4.4 – Código das pontes relativamente ao ano de construção.	58
Quadro 4.5 – Código das pontes relativamente ao comprimento do vão.	58
Quadro 4.6 – Pontes cuja responsabilidade de gestão é repartida com concelhos vizinhos.	59
Quadro 5.1 - Resumo das pontes estudadas e datas de inspeção.	64

Quadro 5.2 - Quantificação dos elementos das pontes inspecionadas.	64
Quadro 5.3 - Medição dos elementos da ponte 155.	69
Quadro 5.4 - Ficha resumo das anomalias da ponte 155.	70
Quadro 5.5 - Estado de conservação dos elementos das pontes inspecionadas e percentagens do elemento danificado onde o EC é mau (3) ou grave (4).	80
Quadro 5.6 - Código das pontes com EC mínimo de bom (1) e EC razoável (2) numa parte ou na totalidade dos seus elementos.	81
Quadro 5.7 - Código das pontes com EC mau (3) e EC grave (4) numa parte ou na totalidade dos seus elementos.	81
Quadro 5.8 - Código das Pontes com EC mau (3) e EC grave (4) numa parte ou na totalidade dos seus elementos estruturais.	82
Quadro 5.9 - Percentagem do elemento com EC mau (3) e EC grave (4).	82
Quadro 5.10 - Código das pontes com EC mau (3) e EC grave (4) numa parte ou na totalidade dos seus elementos não estruturais.	83
Quadro 5.11 - Ações viáveis, adaptado de (FHWA, 2012a).	84

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

O tempo de vida útil estimado para uma ponte deve ser de 100 anos conforme mencionado no Eurocódigo 0 – Bases para o projeto de estruturas (IPQ, 2009), presumindo-se que durante esse período a estrutura não necessite de intervenções profundas. No entanto, para que a estrutura possa atingir essa durabilidade é necessário implementar ações de inspeção e manutenção durante o período de vida útil.

A duração da vida útil das pontes depende de diversos fatores. A deterioração dos materiais constituintes, as anomalias de funcionamento do sistema estrutural e as deficiências nas condições de serviço são determinantes, em particular para a diminuição dos níveis de qualidade e segurança. Em geral considera-se que a vida útil de uma ponte termina quando os benefícios obtidos da exploração são ultrapassados pelos custos funcionais e de manutenção (Branco, 2001).

No panorama atual, as entidades públicas e privadas responsáveis pela manutenção de pontes em Portugal, como a Infraestruturas de Portugal, a Brisa e restantes entidades responsáveis por autoestradas, apresentam já uma cultura de inspeção e manutenção de pontes que estão sob a sua jurisdição, dispendo para tal de sistemas de gestão de pontes. Presume-se assim que as pontes pertencentes às vias nacionais, as pontes pertencentes à rede de autoestradas e as pontes ferroviárias são objeto de inspeções e manutenções periódicas efetuadas no âmbito dos referidos sistemas de gestão.

Nos últimos anos as inspeções têm revelado um nível elevado de deterioração no parque de pontes em todo o mundo e as áreas de manutenção e reparação têm crescido de importância. Por outro lado, o número de veículos pesados em circulação tem registado um aumento significativo. Esta situação sucede particularmente em estradas secundárias onde existem infraestruturas antigas, mas também em vias locais que têm atraído um volume elevado de veículos que ultrapassa em muito a capacidade para a qual muitas pontes foram dimensionadas (Harding, Parke, & Ryall, 1990).

Ao nível local dos municípios portugueses, de uma forma geral, verifica-se a existência de uma vasta rede de vias municipais, que estão dotadas de pontes, mas relativamente às quais não é feita uma gestão que implique a realização de inspeções para avaliação do estado de conservação e de segurança de uma forma sistemática e regular e com procedimento uniformizados.

Existe assim um vazio nesta matéria e uma necessidade que devem ser colmatados. A perda de funcionalidade de uma determinada ponte e a interrupção do serviço por ela desempenhado, devido a anomalias ou falta de segurança, acarretam enormes prejuízos

económicos e constrangimentos sociais que devem ser evitados, ou minimizados, pelas entidades responsáveis pela manutenção de pontes, das quais os municípios também fazem parte.

É, pois, necessário implementar ao nível municipal uma cultura de gestão de pontes, assente em procedimentos uniformizados. O primeiro passo para a futura realização de todas as atividades de gestão de pontes corresponde à organização de inventários sobre as pontes, que permitam a sua atualização constante (Cruz, 2006a). Outro procedimento é a realização de inspeções visuais de rotina, de forma regular, para classificação do estado de conservação das pontes.

1.2 Gestão de obras de arte nos municípios

Desde a década de 80 do século passado, fruto das verbas disponibilizadas pela integração na Comunidade Económica Europeia, executou-se um ambicioso conjunto de infraestruturas viárias. Estas infraestruturas estão dotadas, de uma maneira geral, com obras de arte projetadas e construídas de acordo com a atual legislação (RSA e REBAP). Porém, a rede de estradas nacionais que servia o país até à referida década de 80 encontra-se ainda em serviço, tendo sido edificada ao longo de décadas pela então Junta Autónoma de Estradas. Esta rede integra pontes em alvenaria, em aço e em betão armado e pré-esforçado. Em particular, as obras de arte em betão abrangem todas as épocas desde que se iniciou o uso deste material estrutural até aos dias de hoje. Assim, encontram-se pontes calculadas de acordo com o regulamento de 1918 (Regulamento para o emprego do Beton Armado), pontes projetadas de acordo com o regulamento de 1935 (Regulamento de Betão Armado), de acordo com o prescrito no Regulamento de Estruturas de Betão Armado de 1967 e no Regulamento de Solicitações de Edifícios e Pontes de 1961, até às obras que foram concebidas com a regulamentação atualmente em vigor. Do exposto, constata-se que as obras de arte integradas no plano rodoviário 2000 se encontram numa fase inicial de vida útil, são essencialmente em betão armado pré-esforçado e foram executadas de acordo com a legislação atualmente em vigor (Cardoso, 2009).

Relativamente a este parque de obras de arte, de uma forma geral bastará executar as inspeções visuais com uma periodicidade trienal para acompanhar de uma forma eficaz o seu comportamento do ponto de vista da segurança e da durabilidade. Porém, nas obras de arte integradas em estradas nacionais, algumas já desclassificadas e outras ainda que se pretendem desclassificar, a realidade é bem diferente, sendo necessário ter presente a especificidade destas obras bem como o seu enquadramento administrativo para se poder proceder a um acompanhamento eficaz. Neste caso há que notar que o parque de pontes é muito heterogéneo no que se refere à idade, tipologia ou condição e que os procedimentos implementados ao nível municipal para a gestão das infraestruturas não estão uniformizados (Cardoso, 2009).

De acordo com (Sousa, 2016), num inquérito realizado aos municípios portugueses, 64% dos 73 municípios, que responderam a esse inquérito e tutelam obras de arte, afirmaram não ter qualquer registo das estruturas sob sua tutela, Figura 1.1.

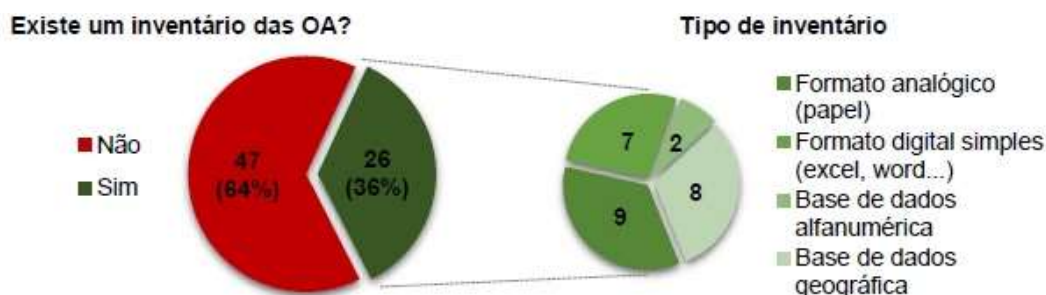


Figura 1.1 - Resultado de inquérito aos municípios sobre existência de inventário das pontes (Sousa, 2016).

Segundo a mesma autora a inspeção e a manutenção também não são práticas comuns para a maioria dos municípios que responderam ao inquérito. Assim, 73%, reconhece que não efetua inspeções regulares às suas pontes, Figura 1.2, 22% realiza inspeções regulares e 5% realiza inspeções em alguns casos, por exemplo, a pedido das juntas de freguesia, quando é identificada uma necessidade específica, ou quando se trata de uma ponte mais importante. Relativamente à manutenção, 64% dos municípios que responderam ao inquérito afirmam não efetuar uma manutenção regular às suas pontes, Figura 1.2, 19% afirma que efetua manutenção regular e 17% afirma que efetua manutenção em alguns casos, por exemplo, às pontes mais significativas, a pedido das juntas de freguesia, ou quando são identificadas necessidades de ações de conservação.

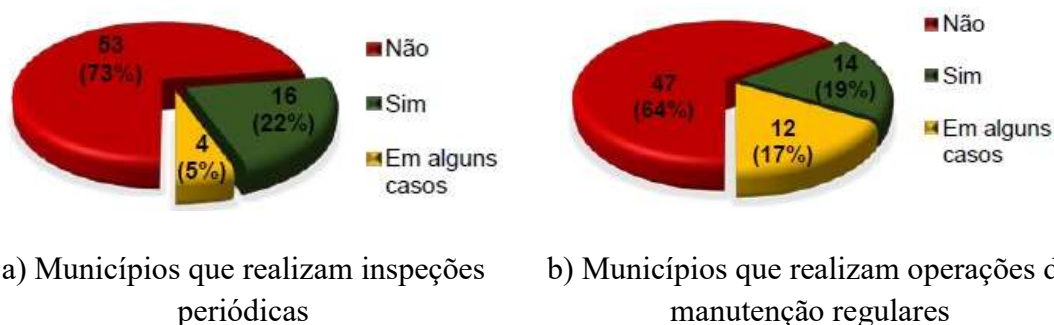


Figura 1.2 - Resultado de inquérito aos municípios sobre realização de operações de manutenção regulares (Sousa, 2016).

Do exposto pelo primeiro autor verifica-se que existe um conjunto vasto de pontes municipais, algumas das quais pertencentes a estradas nacionais que foram, entretanto, desclassificadas e que no momento atual estão sob a jurisdição dos municípios e que, ao nível local, os procedimentos relativos à gestão das pontes não estão uniformizados.

Do exposto pela segunda autora verifica-se que existe um conjunto importante de municípios que não dispõe de qualquer registo sobre as obras que tutelam, ou seja, não dispõe de inventário sobre as suas pontes e que a inspeção e a manutenção não são práticas comuns.

1.3 Motivação

A ausência de um inventário devidamente atualizado sobre as pontes existentes no Município de Ourém contendo informação sobre as características principais dessas obras em suporte informático de fácil atualização, assim como a necessidade de implementar processos uniformizados de inspeção e classificação do estado de conservação dessas pontes, em particular para aquelas que estão sob responsabilidade do município de Ourém, constituem a principal motivação para a presente dissertação.

O trabalho inclui uma pesquisa bibliográfica sobre processos de gestão de pontes existentes, procurando recolher informação essencial para dar seguimento às tarefas seguintes, nomeadamente a atualização dos dados relativos ao inventário de pontes efetuado em 2001 (Graça, 2001) e a inspeção de um conjunto de pontes pertencente a esse cadastro para identificação das anomalias existentes. A partir dos dados recolhidos é depois determinada a condição de cada ponte através da atribuição de um nível de conservação aos seus elementos, seguindo para o efeito o sistema de classificação americano.

Contudo é necessário conhecer a tipologia e o funcionamento das pontes, bem como as suas anomalias mais comuns, incluindo a identificação dessas anomalias nas observações realizadas *in situ* e a sua relação com os processos de degradação com vista ao reconhecimento de situações críticas tendo por base a aplicação de metodologias atuais de classificação do estado de conservação.

Pretende-se assim contribuir para o processo de gestão de pontes a nível municipal através da implementação de metodologias que permitam manter atualizado o inventário das obras existentes, em particular no que se refere à informação recolhida em inspeções de rotina. No final pretende-se que as anomalias sejam detetadas atempadamente de forma a permitir a definição de estratégias de intervenção adequadas para manter o parque de pontes municipal em bom estado de conservação e evitar acidentes.

1.4 Objetivos da dissertação

Um dos objetivos da presente dissertação consiste na atualização e organização do inventário das pontes do Município de Ourém realizado em 2001. Para o efeito, no contexto da presente dissertação, pretende-se efetuar o levantamento e a pesquisa de

dados das pontes intervencionadas desde 2001 bem como das novas pontes construídas no concelho cuja gestão pertence ao Município de Ourém.

No seguimento dessa tarefa o objetivo consiste em efetuar a inserção dos dados do inventário num sistema de informação geográfica (SIG) de modo a constituir um conjunto de informação fácil de gerir. No âmbito dessa ferramenta, pretende-se que cada ponte tenha um código a que corresponde uma ficha de identificação com dados que permitam localizar, identificar e descrever a ponte através das suas características gerais. Esses dados devem poder ser atualizados à medida que se vão desenvolvendo ações relativas a cada ponte, por exemplo datas das inspeções, imposição de limitação de carga sobre a ponte, intervenções de reparação, reforço, ampliação e reconstrução. Neste inventário deve ainda ser permitido anexar informação específica para cada ponte, por exemplo relatórios de inspeção, projetos recentes, projetos mais antigos digitalizados, fichas técnicas de materiais.

Uma vez definidos os instrumentos e a informação acima referidos, outro objetivo consiste em proceder à inspeção e classificação dos elementos de um conjunto de dezasseis pontes com recurso a uma adequada metodologia de inspeção e classificação. A execução destas tarefas pressupõe o conhecimento dos componentes básicos das pontes assim como o conhecimento ao nível da identificação dos processos de deterioração e dos defeitos mais comuns que afetam as pontes de betão armado e pré-esforçado sendo por isso nesta dissertação dedicada atenção ao conhecimento sobre estes tópicos.

Com a informação recolhida, depois de analisada e classificada sob a forma de estado de conservação dos elementos das pontes, espera-se contribuir para apoiar a tomada de decisão inerente à gestão de um parque de pontes. Em particular pretende-se que a presente dissertação possa dar um contributo para a definição de adequados planos de manutenção e intervenções futuras nas pontes visando assim garantir adequados níveis de segurança e funcionalidade. Pese embora a informação relativa ao estado de conservação seja determinante para definir níveis adequados de segurança e funcionalidade das pontes, outros aspetos não abordados nesta dissertação também são determinantes para a tomada de decisão como, os custos, o ambiente e a política.

1.5 Organização da tese

Para além do presente capítulo no qual é feita uma introdução geral ao tema, a presente dissertação é organizada em mais cinco capítulos contendo, resumidamente, os seguintes conteúdos.

O segundo capítulo da dissertação foca os aspetos básicos sobre a tipologia das pontes de betão armado e pré-esforçado, os processos de degradação e os defeitos mais frequentes neste tipo de obras.

No terceiro capítulo são abordados assuntos de natureza teórica relacionados com a temática das inspeções, começado por referir a importância do inventário num sistema de gestão de pontes. No mesmo capítulo apresenta-se a metodologia seguida com vista à realização das inspeções nas pontes assim como a metodologia adotada para classificação do seu estado de conservação.

No quarto capítulo é feita uma breve caracterização morfológica e da rede viária do município de Ourém. É apresentado o inventário atualizado relativo ao parque de pontes municipal assim como o trabalho realizado para atingir esse fim. É também feita uma abordagem estatística relativa aos materiais constituintes das pontes, a sua tipologia estrutural, a idade, a dimensão do vão e as intervenções efetuadas ao longo do tempo.

No quinto capítulo é estudado em pormenor um conjunto de dezasseis pontes relativamente às quais foi feita uma campanha de inspeções. Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos, nomeadamente o relato dos danos verificados nas pontes inspecionadas assim como a classificação do estado de conservação dos seus elementos.

Por último, o sexto capítulo está destinado à apresentação de algumas conclusões sobre o trabalho realizado e dos trabalhos futuros.

O trabalho inclui ainda a lista de referências bibliográficas e anexos.

2 PONTES EM BETÃO ARMADO E PRÉ ESFORÇADO

2.1 Conceitos gerais

Neste capítulo apresentam-se, de uma forma geral e resumida, os componentes principais, estruturais e não estruturais, das pontes correntes de betão armado e pré-esforçado, bem como as suas funções. Adota-se como base de trabalho a tipologia padrão de uma ponte americana, como definido no “Bridge Inspector’s Reference Manual” (BIRM) de dezembro de 2012, da Federal Highway Administration (FHWA, 2012a). O mesmo manual refere que a maior parte das pontes pode ser dividida em três componentes básicos: tabuleiro, superestrutura e infraestrutura, conforme ilustra a Figura 2.1.

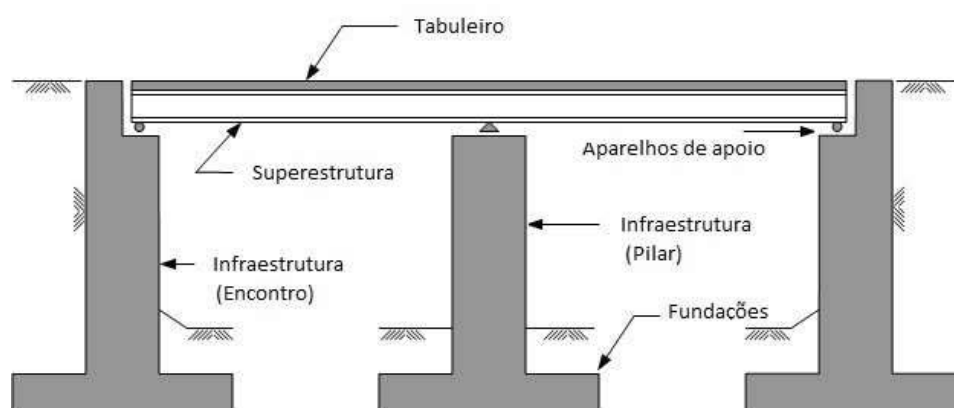


Figura 2.1 - Componentes básicos de uma ponte (FHWA, 2012a).

Aborda-se também neste capítulo a temática das anomalias mais comuns neste tipo de pontes, nomeadamente aquelas que têm a ver com a degradação dos materiais, as que têm a ver com o funcionamento da estrutura, e as anomalias funcionais, em particular ao nível dos elementos não estruturais da ponte e que em parte decorrem da falta de manutenção.

2.2 Tipologia estrutural das pontes em betão armado e pré-esforçado

2.2.1 Elementos estruturais constituintes das pontes

2.2.1.1 Fundações

As fundações de pilares e encontros de pontes podem ser de três tipos, fundações superficiais ou diretas, fundações profundas ou indiretas e fundações especiais.

Nas fundações superficiais, as cargas são transmitidas através da face inferior da fundação enquanto nas fundações profundas a carga é, em geral, absorvida pela resistência do solo à penetração da extremidade do elemento, mas também pelo efeito do atrito lateral do solo.

A distinção entre fundação superficial e fundação profunda tem a ver com relação h/b , sendo b a dimensão em planta da sapata ou da estaca e h a profundidade da cota de fundação ou altura da estaca. O valor da relação é de ordem inferior a 5 nas fundações superficiais e superior a 10 nas fundações profundas.

Nas fundações especiais estão incluídas as fundações em caixão, fundações com associação de poços e estacas e fundações do tipo “radier” ou laje de fundação, realizadas em seco com recurso a ensecadeiras (Reis, 1999).

Fundações superficiais

As sapatas são o tipo de fundação direta mais utilizada em pilares e encontros de pontes correntes.

De um modo geral, as fundações superficiais podem ser realizadas em betão armado e podem ser constituídas por sapatas ou por blocos, sendo que estes têm uma altura superior às sapatas e dispensam armadura principal, necessitando, contudo, de uma armadura construtiva junto da face inferior.

A definição da cota de fundação de pilares de pontes é um problema complexo, atendendo aos problemas de erosão das fundações e de infraescavação provocados pelo efeito hidrodinâmico da corrente. Esta situação é particularmente gravosa para pontes com fundações pouco profundas, como é o caso de muitas pontes antigas. Na secção 2.3.3 apresenta-se uma exposição mais desenvolvida sobre a problemática da erosão do leito dos rios e as suas consequências para as pontes.

Fundações profundas

Quando, por razões geotécnicas, é necessário ultrapassar 4 ou 5 metros de profundidade na cota de uma fundação, a realização de fundações diretas é desaconselhada por motivos de segurança e por motivos económicos, sendo preferível a realização de fundações profundas, as quais podem ter a forma de estacas, pegões (poços de fundação), ou barretas.

A diferença entre estaca e pegão ou poço assenta na dimensão da secção transversal e no processo construtivo. Enquanto uma estaca não ultrapassa cerca de 1m de diâmetro ou seja $0,80\text{m}^2$ de secção transversal, nos pegões a área da secção não é inferior a 1m^2 . As barretas por sua vez são executadas por meio de escavação em que a entivação é substituída por suspensões de bentonite.

Quanto ao processo de execução e aos materiais utilizados, as estacas podem ser cravadas no solo, como é o caso das estacas metálicas, das estacas de madeira e das estacas de betão armado pré-fabricadas, ou moldadas, como é caso das estacas de betão armado executadas *in situ* (Figura 2.2).

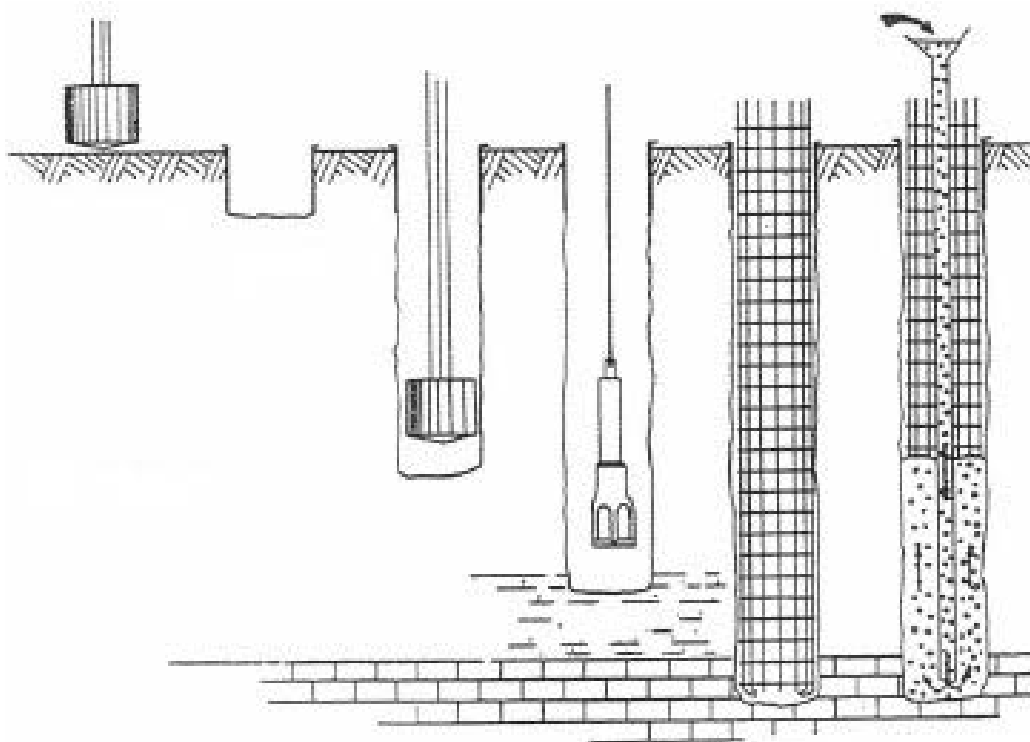


Figura 2.2 - Estacas moldadas de betão armado (Reis, 1999).

As fundações por pegões são, por norma, constituídas por elementos de secção circular ou quadrada, de dimensão superior a 1m^2 . Esta solução está limitada a pequenas profundidades. Os anéis exteriores de betão armado pré-fabricado, vulgarmente designados por manilhas, servem de contenção do solo lateral, permitindo a escavação do núcleo, e são posteriormente cheios de betão.

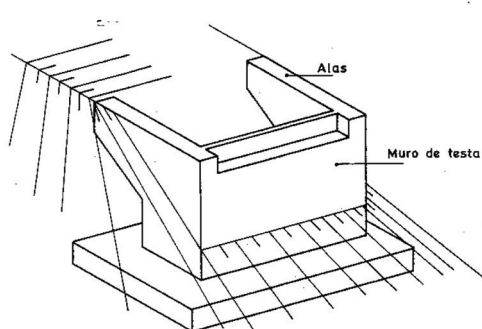
As fundações por barretas assentam na técnica de execução das paredes moldadas. Este tipo de fundação, devido à sua versatilidade, pode ser utilizado em substituição das fundações por pegões (Reis, 1999).

2.2.1.2 Encontros

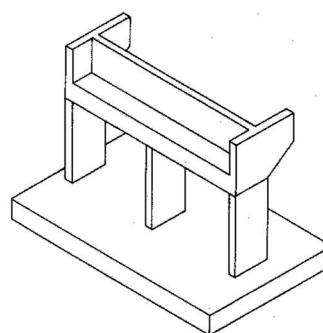
Segundo Reis (1999) as principais funções dos encontros são as seguintes:

- i. Suportar as cargas verticais e horizontais transmitidas pela superestrutura, conduzindo-as ao solo de fundação;
- ii. Estabelecer a transição com a via de comunicação por intermédio de um aterro;
- iii. Suportar os impulsos de terras transmitidos pelo solo adjacente ou por eles contido e evitar a erosão do aterro;
- iv. Permitir as dilatações, assentamentos de apoio ou outras deformações da superestrutura, sem que isso implique riscos para o funcionamento da ponte;
- v. Acomodar os aparelhos de apoio nas extremidades da superestrutura, permitindo o acesso para a sua manutenção.

A solução de encontro a adotar para uma determinada ponte depende das condições topográficas e geotécnicas do local e também do tipo de superestrutura. No entanto, podem distinguir-se os seguintes tipos de encontros: encontros aparentes (Figura 2.3 a) e encontros perdidos (Figura 2.3 b). Nos primeiros existe um muro de testa totalmente aparente e dois muros laterais, os quais podem ser perpendiculares ou inclinados relativamente ao muro de testa designando-se no primeiro caso por muros avenida e no segundo por muros ala (Figura 2.4).



a) Encontro aparente



b) Encontro perdido

Figura 2.3 - Representação esquemática em perspectiva dos encontros (Reis, 1999).

A inclinação muros de ala permite uma melhor integração do encontro no terrapleno, devendo estudar-se a sua dimensão em função do aterro a suportar. A inclinação dos muros ala em relação ao muro de testa pode variar entre 90° e 0° , Figura 2.4. As dimensões dos muros laterais, ala ou avenida, variam consoante as condições topográficas e geotécnicas, podendo ser suprimidos. A Figura 2.5 mostra vários tipos de encontros.

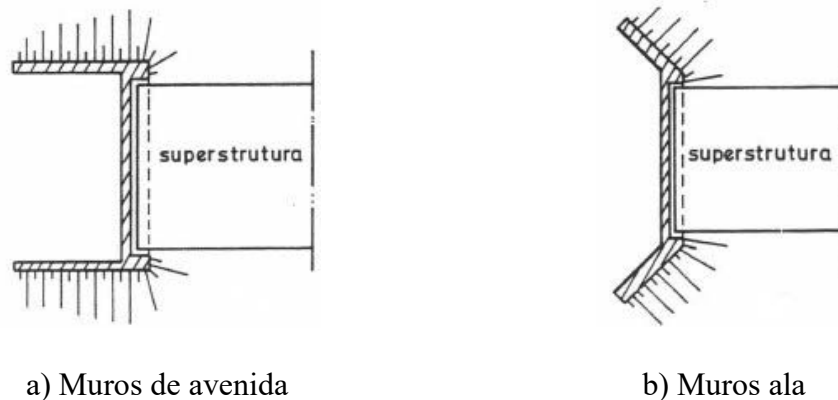


Figura 2.4 - Encontros com muros de avenida ou muros ala, em planta (Reis, 1999).

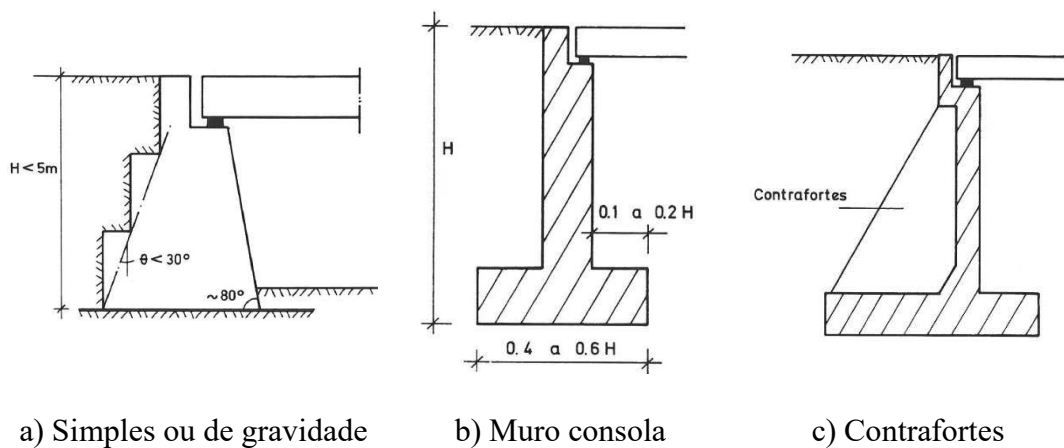


Figura 2.5 - Encontros em betão (Reis, 1999).

2.2.1.3 Pilares

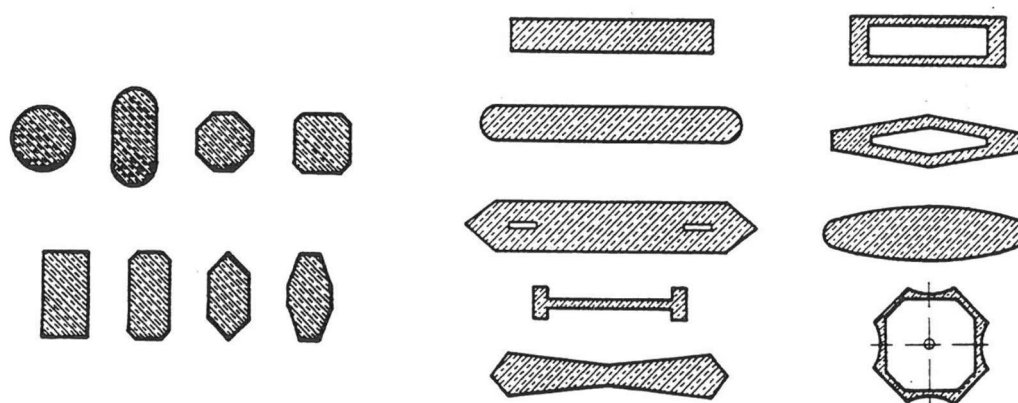
Os pilares de uma ponte têm por função transmitir as cargas da superestrutura às fundações. São compostos por fuste simples ou duplo ligado à fundação, com a carga da superestrutura recebida no topo dos pilares através de uma ligação realizada por aparelhos de apoio ou de uma ligação monolítica.

No tocante ao material estrutural, os pilares podem ser de alvenaria de pedra, de madeira, metálicos, de betão armado e pré-esforçado. A forma e a secção transversal dos pilares são muito variadas de acordo com as condicionantes e especificidades de cada obra (Reis, 1999):

- i.* Topografia do local, que condiciona a altura do pilar;
- ii.* Ações transmitidas pela superestrutura;
- iii.* Ação do vento sobre os pilares;

- iv. Ações dos corpos flutuantes – caudal sólido, troncos de árvores por exemplo;
- v. Ações acidentais, correspondentes por exemplo ao choque de embarcações;
- vi. Condições de funcionamento do pilar na fase construtiva;
- vii. Ações hidrodinâmicas.

No que respeita à forma da secção transversal os pilares podem ser pilares correntes (Figura 2.6 a) ou pilares parede (Figura 2.6 b). Os primeiros apresentam as dimensões de igual ordem de grandeza e são utilizados em pontes e viadutos com características correntes. Quando se trata de pontes situadas em cursos de água, com ações hidrodinâmicas, ou de grande altura, em que é necessário garantir elevada resistência às ações horizontais e transversais, adotam-se pilares parede.



a) Pilares correntes (Leonhardt, 1982)

b) Pilares parede (Reis, 1999)

Figura 2.6 - Secção transversal de pilares.

2.2.1.4 Superestrutura

A superestrutura é a parte estrutural que vence determinado vão assegurando a continuidade da via de comunicação. A superestrutura pode ser em betão armado e pré-esforçado, aço ou misto aço-betão.

Superestrutura em laje

Esta solução (Figura 2.7) é adotada para pequenos vãos, geralmente não superiores a 20m. Constituem uma boa solução para pontes enviesadas ou com geometria complexa em planta, em especial pontes curvas.

As pontes em laje maciça apresentam, contudo, algumas desvantagens como por exemplo o seu elevado peso próprio, situação que pode ser atenuada utilizando vazamentos ou realizando nervuras.

Mas as lajes vazadas apresentam também desvantagens, como sejam a maior complexidade de execução, que se prende com a garantia de não flutuação dos tubos e com uma betonagem mais difícil do que nas lajes maciças.

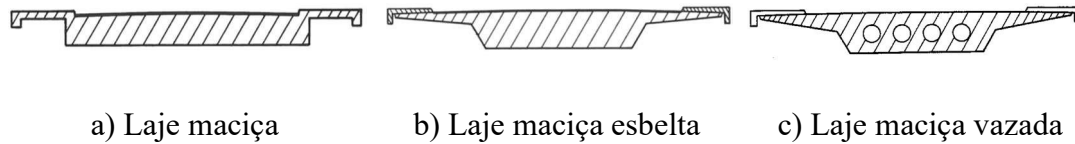


Figura 2.7 - Ponte em laje maciça (Reis, 1999).

Algumas das principais desvantagens referidas para lajes vazadas são eliminadas optando por uma solução de laje nervurada, (Figura 2.8), utilizando cofragem recuperável em molde plástico.

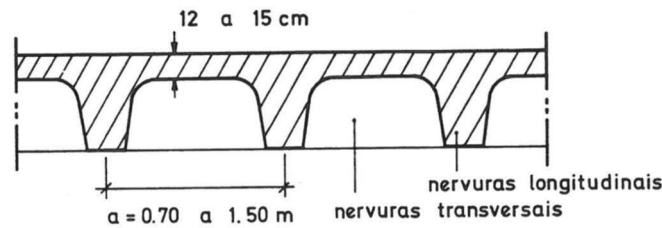


Figura 2.8 - Laje nervurada executada com cofragem de PVC (Reis, 1999).

Estes elementos da superestrutura são, de acordo com a FHWA (2012a), classificados como tabuleiro (Figura 2.1) ou laje/tabuleiro conforme detalhado mais adiante na secção 3.2.

Superestrutura em laje vigada

Segundo Reis (1999) as pontes com superestrutura em laje vigada são uma solução natural quando a laje (maciça, vazada ou nervurada) apresenta um peso próprio muito elevado em relação ao vão a vencer. A superestrutura em laje vigada é composta por laje de tabuleiro, vigas principais, travessas e carlingas (Figura 2.9 e Figura 2.10).

Nestes casos, de acordo com a classificação da FHWA (2012a) a laje e pavimento são classificados como tabuleiro, o sistema de vigas como superestrutura, Figura 2.1.

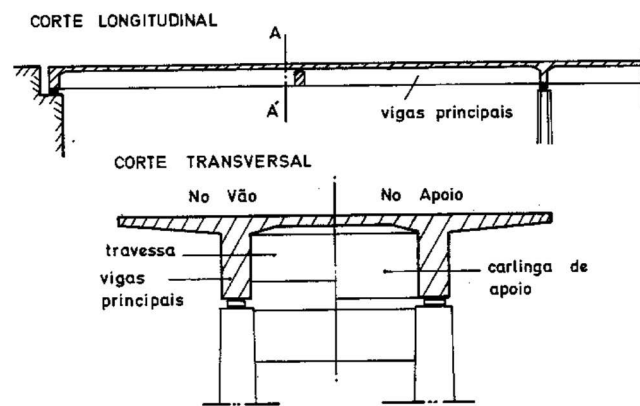


Figura 2.9 - Ponte em laje vigada de betão armado (Reis, 1999).

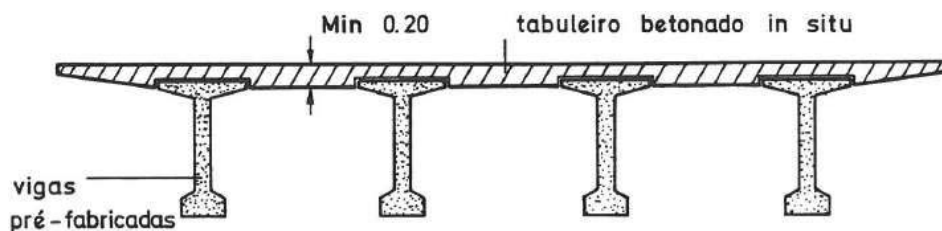


Figura 2.10 - Ponte em laje vigada com vigas pré-fabricadas (Reis, 1999).

Superestrutura em caixão

Quando se pretende vencer grandes vãos, quando a ponte apresenta curvas em planta, ou quando a ponte apresenta uma largura variável, a solução em caixão, (Figura 2.11), é bastante adequada. Esta solução também pode ser utilizada com vantagem quando se pretende uma superestrutura com altura reduzida devido a limitações de gabarit, como por exemplo em viadutos urbanos (Reis, 1999).

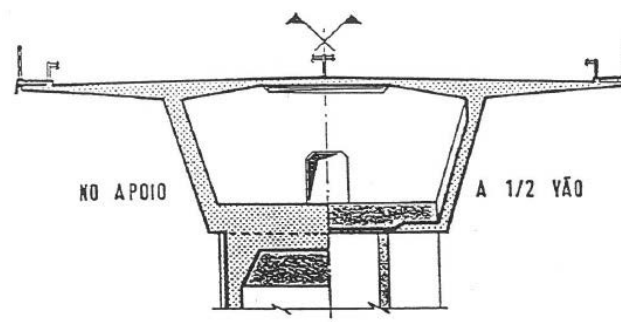


Figura 2.11 - Ponte em caixão (Reis, 1999).

Em relação à superestrutura em laje vigada, a superestrutura em caixão com uma ou mais células oferece as seguintes vantagens:

- i.* Banzo inferior sobre os apoios constituído por uma laje que consegue absorver mais facilmente as tensões de compressão;
- ii.* Maior resistência à torção;
- iii.* Menores deformações por fluência, pois o betão está submetido a menores tensões de compressão.

Contudo, este tipo de pontes também apresenta algumas desvantagens relativamente às pontes em laje vigada, nomeadamente, um peso próprio mais elevado e uma execução mais complexa no tocante a cofragem, betonagem e execução de armaduras Reis (1999).

2.2.2 Elementos não estruturais mais comuns

2.2.2.1 Aparelhos de apoio

Aparelhos de apoio são elementos da superestrutura que permitem a ligação entre a superestrutura e infraestrutura. As principais funções dos aparelhos de apoio são as seguintes, Figura 2.12:

- i.* Transmissão de cargas da superestrutura para os elementos da infraestrutura;
- ii.* Permitir as rotações resultantes da flexão e da torção dos elementos estruturais;
- iii.* Permitir movimentos horizontais da superestrutura de contração e expansão provocados pelo efeito térmico.

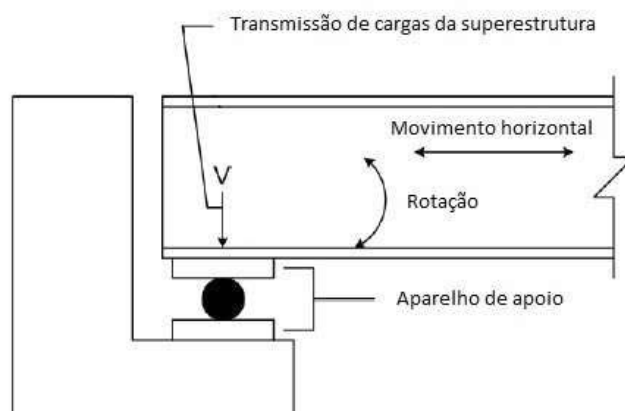




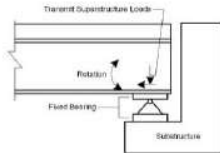



Figura 2.12 - Esquema das três funções dos aparelhos de apoio, adaptado de (FHWA, 2012a).

O Quadro 2.1 descreve sumariamente os principais tipos de aparelhos de apoios de pontes e algumas das suas características.

Quadro 2.1 - Vários tipos de aparelhos de apoio, adaptado de (FHWA, 2012a).

Apoio	Descrição	Imagem
Apoios móveis	Os tipos mais comuns de apoio de apoios móveis são, placas deslizantes, apoios de rolos e apoios de balanço. Nos apoios de placas deslizantes o movimento longitudinal é proporcionado por uma placa que desliza sobre outro (figura de cima). Um aparelho de apoio de rolos é constituído por um cilindro que rola entre a placa de base e a placa de alvenaria à medida que a superestrutura expande e contrai (figura do meio). Os aparelhos de apoio de balanço funcionam de forma semelhante ao aparelho de rolos e geralmente são utilizados onde os movimentos longitudinais são muito expressivos (figura de baixo).	
Apoio em material elastómero	Um apoio simples é constituído por uma almofada retangular ou circular de neopreno puro e é utilizado principalmente em estruturas de betão pré-esforçado de pequeno vão (figura de cima). A expansão e a contração são conseguidas através de uma deformação do neopreno. Um apoio de neopreno laminado consiste numa pilha de placas de neopreno intercaladas com placas de aço ou de fibra de vidro que servem de separadores (figura de baixo). Os apoios em placas de neopreno laminadas são usados em estruturas mais longas onde os requisitos de expansão e contração e as cargas verticais da superestrutura são maiores.	
Apoios em vaso	O aparelho de apoio em vaso de neopreno tem uma placa de aço inox que desliza sobre um disco de teflon. Este disco ligado a um pistão de aço, que repousa sobre uma placa de neopreno, permitindo a rotação da estrutura.	
Apoios em disco	Os apoios de disco normalmente têm um perfil muito baixo, tal como acontece com os apoios de vaso. Fornecem uma solução de alta capacidade para pontes. A diferença entre um apoio de vaso e um apoio de disco é o dispositivo de apoio. Os apoios de disco acomodam rotações através da deformação de um disco rígido de plástico que é tipicamente não confinado, ver figura. Estes apoios podem ser configurados para restringir o movimento de translação ou proporcionar movimento numa ou mais direções (ver figura)	
Apoios fixos	Tal como acontece com o apoio móvel, as cargas verticais da superestrutura são transmitidas até ao apoio fixo e transmitidas para a infraestrutura. Além de transmitir cargas verticais, um apoio fixo também transmite cargas horizontais da superestrutura para a infraestrutura. O apoio fixo também acomoda qualquer rotação resultante da sobrecarga, mas não proporciona qualquer movimento longitudinal (ver figura).	
Apoios ocultos	Estes apoios são considerados apoios fechados ou ocultos e não podem ser adequadamente avaliados através de uma inspeção visual, ver figura. Exemplos de apoios que podem ser considerados fechados ou ocultos incluem pontes com diafragmas terminais integrais. É importante atender à diferença entre uma ponte com apoios ocultos e uma ponte com pilares integrais, que não tem apoios (ver figura).	

2.2.2.2 Juntas de dilatação

A principal função de uma junta de dilatação do tabuleiro de uma ponte é poder acomodar a dilatação, a contração e a rotação do tabuleiro e da superestrutura. Por norma, as juntas de dilatação situam-se no tabuleiro da ponte no alinhamento vertical de encontros. As

juntas devem ter capacidade de impedir as águas pluviais de atingir os elementos estruturais da ponte situados abaixo do tabuleiro. Por outro lado, a junta de dilatação também deve proporcionar uma transição suave da via para o tabuleiro da ponte. Além disso, deve ainda estar apta a suportar as condições atmosféricas e o clima do local onde se encontra implantada a ponte (FHWA, 2012a).

As juntas de dilatação podem ser de vários tipos, desde uma simples junta com aglomerado negro de cortiça para pequenos vãos, até juntas mais sofisticadas aptas a acomodar deslocamentos superiores a um metro (Reis, 1999).

2.2.2.3 Sistemas de drenagem

Um sistema de drenagem de uma ponte deve ser capaz de fazer a drenagem das águas da chuva que incidem sobre a ponte, assim como dos detritos arrastados, para fora do tabuleiro. Esse sistema deve ainda estar apto a proteger os elementos da superestrutura, dos aparelhos de apoio e da infraestrutura (FHWA, 2012a).

Segundo Reis (1999), é fundamental que as superfícies do tabuleiro possuam inclinações transversais no mínimo de 2% e em geral da ordem dos 2,5%. A água deve ser conduzida a tubos de queda cujo espaçamento no sentido longitudinal é, para declives transversais de 2%, da ordem de:

- 5 a 10m para um declive longitudinal de 0,2 a 0,5%;
- 10 a 25m para um declive longitudinal de 0,5 a 1%;
- 20 a 25m para um declive longitudinal > 1%.

Se o declive longitudinal for inferior a 0,2%, devem prever-se calhas longitudinais com grelhas. A um tubo de queda de 300 ou 400mm de diâmetro deve corresponder uma área de tabuleiro a drenar inferior a 400m².

Segundo o FHWA (2012a), o sistema de drenagem deve ser projetado e executado de forma a manter intactas as condições de segurança no tocante à utilização da ponte. Deve ainda ser objeto de manutenção e de limpeza regular, de forma a ser eficaz sempre que solicitado.

2.2.2.4 Guarda corpos

As guardas de uma ponte destinam-se à proteção de peões e situam-se no alinhamento vertical da viga de bordadura, lateral ao passeio. Podem ser de metal, betão ou mistas metal-betão. Por norma devem ter uma altura entre 0,90 e 1,10m (Figura 2.13).

2.2.2.5 Outros elementos não estruturais

Guarda rodas

Os guarda rodas destinam-se a evitar a saída de veículos descontrolados da faixa de rodagem da ponte. Os guarda rodas podem ter a forma de lancis ou a forma de rails metálicos (Figura 2.13). Situam-se junto dos passeios e/ou na zona do separador central, se existir. Os perfis destes elementos, em especial dos elementos metálicos, devem ser dimensionados e executados por forma a preservar a segurança dos ocupantes dos veículos em caso de acidente.

Acrotérios

São o prolongamento dos paramentos laterais dos encontros para cima da cota do tabuleiro, servindo como remate das guardas de segurança. Normalmente, a designação da ponte e a data oficial da inauguração é colocada nos acrotérios.

Passeios

Destinam-se à passagem de peões e são sobre-elevados em relação ao restante pavimento da ponte (Figura 2.13). Podem fazer parte do corpo da laje do tabuleiro ou funcionar de forma independente.

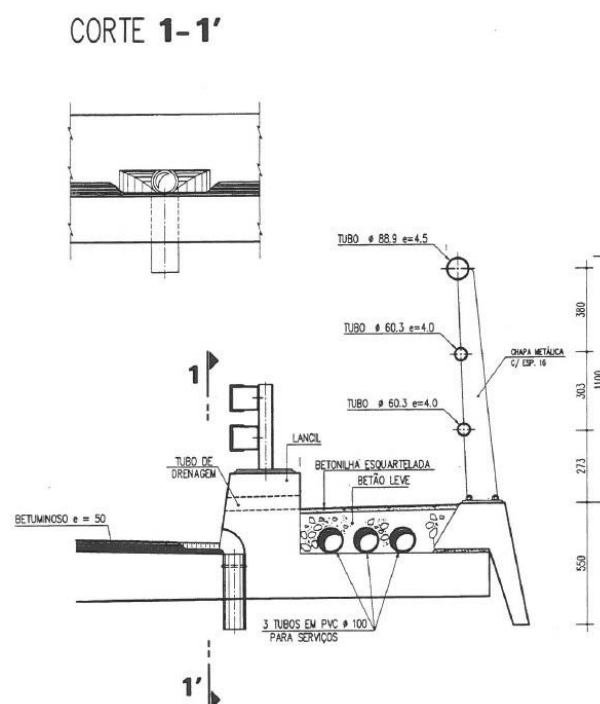


Figura 2.13 - Pormenor tipo de guarda e passeio, guarda rodas, drenagem (Reis, 1999).

2.3 Danos frequentes em pontes de betão armado

As anomalias que surgem nas pontes durante o seu período de vida são geralmente associadas a ações físicas excecionais ou à lenta degradação natural dos materiais (Branco & Brito, 2004).

Para efeitos de sistematização, distinguem-se defeitos de durabilidade dos danos estruturais e dos funcionais. Para os defeitos de durabilidade são considerados os trabalhos publicados no âmbito do projeto Duratinet. Para os danos estruturais são referidos os problemas associados ao funcionamento estrutural sendo detalhados os problemas relacionados com a erosão do leito dos rios por ser um processo que tem levado à queda de pontes em todo o mundo, incluindo cinco pontes no município de Ourém durante as cheias de outubro de 2006. Para a caracterização deste problema são considerados os trabalhos publicados pela FHWA no manual BIRM - “Bridge Inspector’s Reference Manual” (FHWA, 2012a) e no “Evaluating Scour at Bridges, Fifth edition (FHWA, 2012b). Por fim, são ainda referidos os danos funcionais que, de uma forma geral, afetam o funcionamento dos elementos não estruturais de uma ponte (aparelhos de apoio, juntas de dilatação, sistema de drenagem, guardas, entre outros).

2.3.1 Defeitos de durabilidade do betão e pré-esforçado


Os danos no betão armado e pré-esforçado resultam de variados processos de degradação do material que ocorrem ao longo do tempo e afetam a sua integridade. Tais processos de degradação podem ser de natureza química e biológica, processos físicos e outros, sendo os mais frequentes os listados Quadro 2.2. A generalidade dos processos de degradação dá origem a um conjunto vasto de defeitos, nomeadamente, fissuras de vários tipos, flexão, descoloração, eflorescências, translação ou rotação de elementos, betão erodido, ninhos de pedra, contaminação inorgânica/orgânica/biológica, pop-outs, desintegração superficial, destacamento do betão, fratura do aço, perda de secção do aço. Contudo existem alguns processos de degradação, como por exemplo a carbonatação e a contaminação por cloretos que conduzem a outros processo de degradação, nomeadamente à corrosão das armaduras. O Quadro 2.2 resume os defeitos mais frequentes nas estruturas de betão correlacionando-os, de acordo com os resultados do projeto Duratinet, com os principais processos de degradação do material.

Quadro 2.2 - Relação entre processos de degradação e defeitos, adaptado de (Duratinet, 2012).

Processos de degradação		Defeitos															
		Fissuras tipo I - Formação em idade jovem	Fissuras tipo III - Corrosão	Fissuras tipo IV - processos expansivos	Descoloração	Eflorescências	Betão erodido	Contaminação inorgânica/orgânica/biológica	Pop-Outs	Desintegração superficial	Destacamento	Fractura do aço	Perda de secção do aço	Fissuras tipo II - Estruturais	Flexão	Translação ou rotação de elementos	
Processos associados à degradação dos materiais	Químico e biológico	Ataque por ácidos				X		X		X							
		Reação alcalis-agregado			X	X	X			X	X		X			X	X
		Deterioração biológica				X				X							
		Carbonatação	(Processo primário indutor do processo de corrosão)														
		Contaminação por cloretos	(Processo primário indutor do processo de corrosão)														
		Corrosão das armaduras		X								X	X	X			
	Ataque por sulfatos (reacção sulfática externa)									X						X	
	Ataque por sulfatos (reacção sulfática interna)				X	X											X
	Físico	Abrasão-erosão						X		X							
		Fluência														X	X
		Gelo-degelo		X						X	X						
		Lixiviação					X										
		Deformação condicionada (retração)	X														
Deformação condicionada (fissuração térmica)		X															
Outro	Fogo								X	X							

No Quadro 2.3 descreve-se resumidamente os defeitos mais frequentes nas pontes de betão armado e pré-esforçado relacionados com a degradação do material.

Quadro 2.3 - Descrição resumida dos defeitos no betão, adaptado de (Duratinet, 2012).

Defeito	Descrição do defeito	Figura
Vazios superficiais	Os vazios superficiais resultam da evaporação do ar retido na interface betão fresco - cofragem. Estes defeitos manifestam-se principalmente em superfícies verticais. Na maioria dos casos, não provocam problemas estruturais, mas podem prejudicar a aparência visual. Uma espessura de recobrimento pequena, pode acelerar o início da corrosão.	
Fissuras com formação em idade jovem	Nas horas e meses iniciais após a betonagem as fissuras podem dever-se a: Assentamento plástico: as fissuras podem aparecer entre 30 minutos a 6 horas após betonagem dependendo das condições locais e das características da composição. Tipicamente as fissuras aparecem em secções espessas, como paredes, pilares e vigas espessas, onde o betão está em contacto com a cofragem. As fissuras apresentam tipicamente 1 mm de largura e seguem a orientação das armaduras a partir da superfície. Retração plástica: as fissuras formam-se entre 1 a 6 horas após a betonagem, apesar de poderem não se notar durante alguns dias. Este tipo de fissura pode ir até 3 mm de largura e ter 50 mm a 3 m de comprimento. Estas fissuras têm geralmente uma orientação paralela umas às outras e aproximadamente 45° em relação à direção da betonagem. Retração por secagem: A formação destas fissuras depende da velocidade de secagem provocada pelas condições ambientais durante a cura, podem levar vários meses a formarem-se após a betonagem.	
Fissuras por corrosão	A natureza expansiva dos produtos de corrosão origina forças que tensionam o betão do recobrimento e levam à sua fissuração, delaminação e eventual destacamento. As fissuras de corrosão geralmente identificam-se devido à presença de coloração dos produtos de corrosão em torno das fissuras que provêm das armaduras corroídas. As fissuras resultantes da corrosão são geralmente alinhadas com as armaduras	
Fissuras por processos expansivos	A fissuração provocada por processos de deterioração expansivos manifesta-se geralmente como uma fissuração em rede. Esta fissuração pode levar à perda de resistência e rotura do betão. As fissuras geralmente exibem géis ou manchas de humidade que exsudam do betão.	
Descoloração	A descoloração da superfície conduz à falta de uniformidade da cor da superfície de betão, pode tomar forma de manchas escuras ou mosqueadas. A alteração macroscópica das cores em grandes áreas de betão pode ser causada por uma alteração da composição de betão, ou manchas claras de descoloração. Pode surgir da dispersão de outros processos de deterioração. As manchas de oxidação podem aparecer na superfície de betão devido à corrosão das armaduras.	
Eflorescências	Eflorescências em geral são constituídas por depósitos brancos de sais ou hidróxido de sódio que se formam geralmente na face inferior das lajes ou em faces verticais de pilares, estacas e paredes de contenção. São causadas pela passagem de água através do betão provocando a lixiviação da parte cimentícia ou pela passagem de água existente no subsolo através das fissuras e poros do betão. A água dissolve o hidróxido de sódio e outros sais do betão e as substâncias dissolvidas são depositadas constituindo um produto branco sobre a superfície de betão, depois da evaporação da água.	
Betão erodido	A superfície do betão apresenta perda da pasta por desgaste mecânico ou químico com desintegração progressiva do betão. A desintegração progressiva da superfície do betão deve-se ao efeito abrasivo dos sólidos, líquidos ou bolhas de ar em movimento na água. O ataque químico por ácidos ou sais também pode produzir desintegração da superfície do betão.	
Ninhos de pedra	Ninhos de pedra formam-se por falta de argamassa entre as partículas de agregado de granulometria mais grosseira no betão. É causada pela pouca trabalhabilidade da mistura de betão, ou má compactação ou vibração durante a betonagem, ou perdas na cofragem. O resultado é uma zona de betão fraca e porosa, com baixa resistência e que permite um caminho fácil para a penetração por cloretos, carbonação ou outro contaminante.	

Continuação do quadro anterior

Defeito	Descrição do defeito	Figura
Contaminação inorgânica / orgânica / biológica	O betão pode ser contaminado por vários materiais inorgânicos ou orgânicos (biológicos) que podem alterar as suas propriedades de uma forma mais ou menos extensa. A contaminação pode resultar da contaminação dos materiais constituintes do betão (água, areia, agregados) ou da deposição de materiais inorgânicos resultantes de uma fonte externa ou de processos de deterioração internos (incrustações do processo de lixiviação, escorrimentos de produtos de corrosão resultantes de elementos metálicos ou manchas de óxidos provenientes da corrosão das armaduras). Depósito de material orgânico ou atividade biológica pode ocorrer na superfície de betão (atividade biológica, vegetação).	
"Pop -Outs"	Os 'pop-outs' são pequenas, porções de argamassa que se soltam da superfície de betão deixando um buraco pouco profundo ou fenda. Os 'pop-outs' formam-se devido à expansão das partículas de agregado de granulometria mais grosseira próximas da superfície do betão que fissuram e fazem soltar o recobrimento do betão.	
Desintegração superficial	É definida como uma descamação local ou como o descascamento de betão ou argamassa perto da superfície. Com o decorrer da deterioração, as partículas de agregado de granulometria mais grosseira são expostas e eventualmente ao soltarem-se são desalojadas. A desintegração superficial pode resultar de certas formas de deterioração e ação gelo-degelo. Práticas inadequadas de acabamento do betão também podem originar esse fenómeno.	
Destacamento	O destacamento do betão de recobrimento deve-se a tensões internas de expansão que são causadas por corrosão das armaduras, impacto, fogo ou excesso de carga. A principal causa de destacamento é a corrosão das armaduras. Os produtos de corrosão têm um maior volume que o metal original do qual eles derivam e conseguem gerar elevadas tensões no recobrimento de betão provocando fissuração, delaminação e destacamento. O destacamento provocado por impactos acidentais pode enfraquecer a estrutura localmente e expõem as armaduras à corrosão, provocando perda de secção do aço.	
Fratura do aço	A fratura das armaduras e do aço de pré-esforço pode ser provocada por corrosão, carga excessiva, danos derivados de fogo ou impacto, sendo a corrosão a causa principal. A fratura das armaduras ou do aço de pré-esforço resulta numa perda significativa de resistência que deve ser corrigida com a maior celeridade possível, para evitar um colapso estrutural catastrófico. A fratura das armaduras convencionais devido à corrosão geralmente é precedida por uma perda de seção significativa e por sinais visíveis como manchas de oxidação, fissuras e delaminação. É possível que a corrosão ocorra sem esses sinais visíveis na superfície. A corrosão de cabos de pré-esforço no interior das bainhas configura um problema único, tendo em conta as poucas evidências de corrosão visíveis.	
Perda de secção do aço	A corrosão das armaduras devido à carbonatação do betão ou à contaminação por cloretos leva à perda progressiva de seção transversal do aço. A perda de seção transversal do aço é geralmente indicada por manchas de oxidação na superfície de betão e aparecimento de fissuras que seguem a direção das armaduras. Para perdas mais significativas de aço (> 3%), a delaminação e o destacamento do recobrimento de betão podem expor as armaduras corroídas. No entanto, dependendo da pormenorização, condições de exposição e propriedades do betão (porosidade, resistência mecânica e espessura do recobrimento) pode ocorrer perda de seção do aço sem estarem presentes quaisquer sinais visíveis.	




2.3.2 Danos estruturais do betão

Os defeitos estruturais estão associados ao funcionamento da estrutural, e comprometem o seu funcionamento. Os defeitos estruturais podem resultar de eventos como um aumento excessivo de carga, da ocorrência de um sismo, ocorrência de impactos na

estrutura e vibrações que podem causar fissuras estruturais e deformações de flexão. Os defeitos estruturais podem ainda resultar de processo relacionados com o solo das fundações envolvendo a erosão e a infraescavação, assim como alterações do solo que levem ao assentamento, cedência do solo, que por sua vez podem provocar translações e rotações da estrutura, deformações de flexão, fissuras estruturais.

Enquanto nos defeitos mencionados na secção 2.3.1 relativos à degradação do material, o aparecimento do defeito é, por norma, antecedido de um processo de degradação associados a fenómenos químicos e biológicos, físicos ou outro. No caso dos danos estruturais podem surgir de forma repentina, como por exemplo aqueles que decorrem de eventos sísmicos, de impactos e de cheias. No quadro estão representados e descritos alguns dos defeitos mais comuns ao nível do funcionamento estrutural.

Quadro 2.4 - Descrição resumida dos defeitos associados ao funcionamento estrutural, adaptado de (Duratinet, 2012).

Defeito	Descrição do defeito	Figura
Fissuras estruturais	As fissuras do tipo estrutural podem ocorrer devido a projeto inadequado ou sobrecarga da estrutura. Para além disso, uma desadequada composição ou deficiências construtivas (exemplo: congestionamento de armaduras, betão mal compactado, cofragens inadequadas, falta de recobrimento e utilização de uma mistura de betão inadequada) podem levar à fissuração durante a vida útil dos elementos estruturais. Segundo a aparência estas fissuras podem ser: fissuras de flexão - começam na face tracionada da viga ou pilar, propagando-se em direção à sua linha neutra; fissuras de corte - devidas a cargas estruturais ou deslocamentos dos suportes; fissuras transversais - são provocadas por retração do betão, contração térmica e excesso de carga, são transversais às armaduras principais.	
Flexão	A flexão excessiva na estrutura pode resultar em aspetos estéticos inaceitáveis, bem como levar a problemas nos estados limites de utilização. A flexão excessiva pode ser um aviso de colapso grave, devendo ser avaliada e a sua origem identificada com a maior brevidade. Tal flexão pode ser permanente ou estática. A flexão permanente pode ter origem no assentamento de apoios, deficiências construtivas, fluência, fogo, outros processos de deterioração. A flexão estática pode atribuir-se ao sub dimensionamento estrutural, excesso de carga, perda de rigidez e de resistência (devido à deterioração, impacto ou fogo), perda de pré-esforço, problemas nos elementos.	
Translação ou rotação dos elementos	A translação ou rotação de elementos estruturais associa-se em geral ao deslocamento de apoios ou a processos de deterioração de origem expansiva. O deslocamento de apoios pode resultar de assentamentos diferenciais ou deslocamentos laterais induzidos por consolidação do solo ou escavação sob pilares, paredes de contenção e estacas. A translação ou rotação de elementos pode ser também induzida por impactos acidentais ou carregamento excessivo da estrutura.	

2.3.3 Danos relacionadas com a erosão do leito dos rios


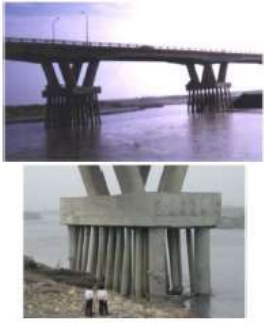
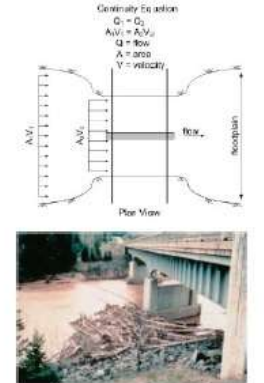
Segundo FHWA (2012a), uma das anomalias mais comuns em pontes é a erosão do solo junto dos pilares e dos encontros, a qual pode ter impactos negativos nas fundações desses elementos e, conseqüentemente, em toda a ponte. A erosão é a remoção do solo do leito

dos rios ou dos taludes, como resultado da ação da corrente. A intensidade do processo de erosão varia para diferentes materiais do leito do rio e para diferentes velocidades de escoamento. Seguem-se alguns exemplos de diferentes tipos de materiais dos leitos dos rios e do período de tempo que esse material demora a erodir:



- i. Granito denso - séculos;
- ii. Calcário - anos;
- iii. Rochas glaciais - arenito e xisto, meses;
- iv. Solos coesivos (argila) - dias;
- v. Areia e cascalho - horas.

No Quadro 2.5 apresenta-se uma descrição resumida dos diferentes tipos de erosão que podem existir no leito de um rio.

Quadro 2.5 - Diferentes tipos de erosão, adaptado de (FHWA, 2012a) e de (FHWA, 2012b).

Processo	Descrição do processo	Figura
Deposição e arrastamento	<p>A deposição e o arrastamento são alterações da cota altimétrica a longo prazo no leito dos rios. A deposição consiste na elevação geral e progressiva de sedimentos ao longo do leito do rio (figura superior). O arrastamento é o abaixamento geral e progressivo do leito do rio devido à erosão, ao longo de uma extensão de rio relativamente longa (figura inferior).</p> <p>Deposição e arrastamento podem ser o resultado do processo natural de erosão e desagregação que os rios experimentam ao longo dos anos. Essas mudanças também podem ser aceleradas por vários tipos de desenvolvimento ou modificação do rio, tais como: construção de barragens a montante; dragagem; alargamento ou estreitamento do leito do rio; alterações a montante, tendo como resultado o aumento do caudal, como por exemplo a impermeabilização de terrenos.</p>	
Erosão geral	<p>A erosão geral pode ocorrer em curto espaço de tempo com determinadas condições favoráveis, ver figuras ao lado. A descida do leito junto da ponte pode ou não ser uniforme. A erosão total pode ser o resultado da contração do fluxo, o que resultará na remoção do material do leito através da maior largura do canal ou de outras condições gerais de erosão, tais como o escoamento em torno de uma curva onde a erosão será maior perto do exterior da curva.</p> <p>As alterações na cota a jusante, como na confluência com outro rio que tem um regime de escoamento próprio, podem causar erosão geral no rio a montante. A erosão geral pode reduzir o grau de segurança das fundações de uma ponte, devido às condições hidráulicas alteradas e à geometria do leito, também ela alterada (ver figuras).</p>	
Erosão de contração	<p>O resultado da contração resulta da aceleração do caudal devido ao estrangulamento natural, a um estrangulamento da própria ponte, ou a ambos. Quando a secção de vazão da ponte é diminuta em relação ao caudal a escoar, a velocidade de escoamento aumenta sob a ponte (figura superior). O rebaixamento do leito do rio a jusante da ponte pode aumentar a velocidade de escoamento do caudal e causar um tipo de erosão, conhecido como erosão de contração. O encurtamento do vão de ponte para reduzir o custo inicial da superestrutura, implica uma secção de vazão menor, a qual pode originar a queda da ponte motivada por erosão de contração.</p> <p>Uma quantidade elevada de pilares debaixo da ponte (ex. pontes antigas) também pode contribuir para a diminuição da secção de vazão. A própria acumulação de detritos junto da ponte contribui para a diminuição da secção de vazão (figura inferior).</p>	

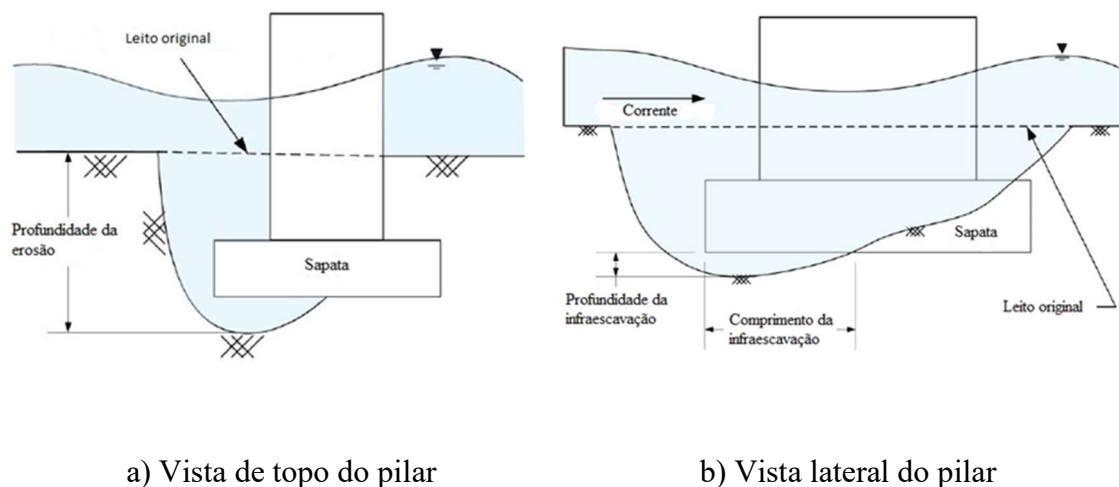
Continuação do quadro anterior

<p>Erosão local</p>	<p>A erosão local ocorre junto de um obstáculo que foi colocado num leito como por exemplo um pilar ou um encontro que provocam uma aceleração do caudal induzida pela obstrução. A causa da erosão local é a aceleração do caudal e a formação de vórtices induzidos por obstruções (figura superior). Algumas obstruções comuns são: Encontros – o caudal é reunido longitudinalmente e forçado junto dos encontros em velocidades elevadas (figura do meio); Pilares largos - a profundidade da erosão é proporcional à largura; Pilares longos - podem produzir vórtices múltiplos e maior profundidade de erosão se o pilar formar determinado ângulo com a direção do caudal; Pilares com formas não usuais - podem aumentar a magnitude do vórtice. Um pilar com a frente quadrada terá a profundidade máxima de erosão, cerca de 20% mais profunda do que um pilar de frente bicuda e 10% mais profunda do que um pilar de frente redonda; Pilares enviesados relativamente ao caudal - pode aumentar tanto a erosão de contração como a erosão local devido ao aumento (projetado) da largura; Profundidade do caudal - aumenta o efeito do vórtice no leito do rio. Um aumento na profundidade do caudal pode aumentar a profundidade de erosão (figura inferior); Velocidade do caudal - à medida que a velocidade do caudal aumenta a ação do vórtice pode ser ampliada consideravelmente; Material do leito instável - pode contribuir para a erosão local; Secção transversal do rio irregular - pode originar erosão local; Acumulação de detritos (ex. ramos de árvores) - estrangulamento da secção de vazão pode originar simultaneamente a erosão por contração e erosão local. Os detritos devem ser removidos por precaução</p>	
<p>Migração de caudal lateral</p>	<p>A migração de caudal lateral ou a mudança horizontal no alinhamento do rio é outro tipo de erosão que também pode ameaçar a estabilidade das pontes (ver figura). A instabilidade dos taludes geralmente provoca um movimento da corrente lateral na abertura de uma nova passagem da corrente. Os encontros e os pilares das pontes são muitas vezes ameaçados por esse tipo de erosão. A migração do caudal lateral pode ocorrer de quatro formas: dano na margem; margem estreita; infraescavação da margem; desalinhamento do canal de escoamento.</p>	

Consequências do fenómeno erosivo do leito dos rios

As consequências que podem resultar dos vários tipos de erosão, descritos anteriormente, nos elementos da infraestrutura (fundações de pilares e de encontros) são a infraescavação, o assentamento e o colapso.

De acordo com FHWA (2012b) a infraescavação corresponde à remoção de material sob as fundações de pilares e de encontros. A infraescavação é um defeito grave que requer correção imediata para garantir a estabilidade dos elementos da infraestrutura, pilares e encontros. Na Figura 2.14 ilustra-se esquematicamente o processo de erosão e infraescavação do material do leito do rio na fundação de um pilar.



a) Vista de topo do pilar
b) Vista lateral do pilar
Figura 2.14 - Vista de topo e vista lateral da erosão e da infraescavação, adaptado de (FHWA, 2012a).

A infraescavação é particularmente grave no caso fundações diretas, mas também pode ser motivo de preocupação para as fundações por estacas porque a perda de solo em torno da estaca pode reduzir a sua capacidade de carga. A estabilidade da infraestrutura pode ser comprometida, levando ao colapso total da ponte. A infraescavação de elementos estruturais das fundações corresponde a um estado avançado de erosão. É essencial determinar se a infraescavação tem ou não potencial para se desenvolver, bem como, avaliar se já ocorreu. O início de um fenómeno de infraescavação deve ser resolvido de imediato pois pode representar uma ameaça imediata para a segurança. Em pontes de pequena dimensão podem ser usadas peças metálicas em *L* para sondar a base das fundações e assim determinar possíveis minas causadas por infraescavação.



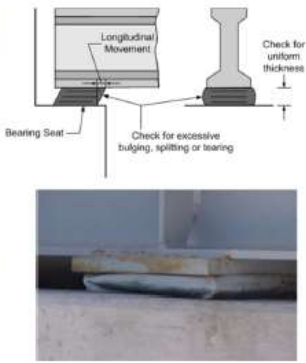
A erosão local e a infraescavação são tipicamente mais severas na extremidade a montante das fundações e, se não corrigidas, podem implicar assentamentos diferenciais. Quando a infraescavação e o assentamento não são detetados e permanecem por algum período de tempo, a ponte pode tornar-se instável e estar sujeita a falhas ou colapsos. A falha pode ocorrer ao fim de um intervalo de tempo relativamente longo, ou pode ser um processo muito rápido que ocorre, por exemplo, durante um evento de cheia.

2.3.4 Danos funcionais

Estes defeitos verificam-se principalmente nos elementos não estruturais das pontes como por exemplo, guardas, juntas de dilatação, aparelhos de apoio e órgãos de drenagem. Os defeitos mais comuns são, peças desapertadas, corrosão, peças desalinhas acumulção de detritos, empenamentos, destruição de guardas, grafitis e podem ter origem nas




seguintes causas: ausência de manutenção, acidentes viários, queda de árvores e vandalismo. No Quadro 2.6 faz-se referência aos defeitos mais comuns em diversos tipos de aparelhos de apoio.

Quadro 2.6 - Descrição resumida dos principais defeitos nos aparelhos de apoio, adaptado de (FHWA, 2012a).

	Descrição	Figura
Geral	Desalinhamento horizontal ou vertical dos apoios; Superfícies de rolamento com detritos e sem estar em contacto entre si (se houver apenas um contacto parcial podem ocorrer danos na superestrutura, infraestrutura ou no próprio apoio); Perda de seção; Deterioração e acumulação de detritos, figura da direita; Pequenos problemas de manutenção podem aumentar progressivamente se forem ignorados e, eventualmente, causar problemas na ponte.	
Apoio móveis em aço	Apoios soltos, que podem ser identificados pelo ruído no rolamento ou observando o movimento do rolamento quando carregado; Excesso de ferrugem ou corrosão, o que resulta em perda de material no próprio rolamento, figura da direita; Deflexão excessiva ou vibração na ponte; Fixações soltas, em falta ou quebradas que são utilizadas para fixar o rolamento; Elementos de rolamentos desgastados; Verificar se há parafusos de ancoragem dobrados, quebrados ou ausentes, figura inferior.	
Apoio móveis em material elastômero	As principais anomalias em apoios em placas de neopreno são as seguintes consistem basicamente na verificação das condições da figura superior e são os seguintes: Abaulamento excessivo das placas (aproximadamente mais de 15% de espessura), isso indica que o apoio pode ser muito alto para a aplicação e, portanto, projetado incorretamente, figura inferior. (Abaulamento lateral ligeiro das placas de neopreno é normal); Falta de uniformidade na espessura de neopreno; Verificar a existência de fissuras nas placas de neopreno; Em placas de neopreno simples, não laminado, verificar algum anormal aumento de comprimento da placa.	

No Quadro 2.7 faz-se referência aos defeitos mais comuns em juntas de dilatação, em órgãos de drenagem e nas guardas, das pontes.

Quadro 2.7 - Descrição resumida dos principais defeitos nas juntas de dilatação, nos órgãos de drenagem e nas guardas, adaptado de (FHWA, 2012a).

Elemento	Descrição do defeito	Imagem
Juntas de dilatação	<p>Os problemas mais comuns que podem ser encontrados ao inspecionar as juntas de dilatação são os seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Acumulação de detritos nas calhas sob as juntas, figura de cima, lado esquerdo; Corrosão nas articulações e apoios das juntas; Selagem das juntas danificadas, rasgadas ou com folgas devido ao tráfego, ao gelo, ou à acumulação de detritos Bordos das juntas deteriorados; Desalinhamento altimétrico de ambos os lados da junta; Pentes metálicos da junta quebrados ou desalinhados, figura de cima lado direito; Recobrimento da junta com pavimento asfáltico, quando da realização de novas pavimentações, situação frequente em pontes de pequena dimensão, figura de baixo. 	
Sistemas de drenagem	<p>Os problemas comuns que podem ser encontrados ao inspecionar sistemas de drenagem são os seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Acumulação de detritos na grelha de captação água do tabuleiro, figura ao lado; Drenos ou bocas de entrada de água do tabuleiro entupidos ou parcialmente obstruídos; Gárgulas de tubos de queda entupidos ou parcialmente obstruídos; Tubagem desligada e sem continuidade a jusante; Tubagem partida Ligações soltas ou ausentes; Corrosão ou perda de seção em tubos metálicos. 	
Guardas	<p>Os problemas mais comuns que podem ser encontrados ao inspecionar as guardas de uma ponte são os seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Falta de ancoragem dos suportes da guarda ao tabuleiro da ponte ou à superestrutura; Falta de solidez do betão na zona de ancoragem da grade de betão à laje de tabuleiro, em especial na zona de ancoragem de pilaretes de betão; Ligações soltas ou ausentes; Corrosão das partes metálicas; Elementos da guarda metálica soltos ou ausentes; Danos em guardas metálicas e de betão provocados por colisão de veículos, figura ao lado; Fissuras, destacamento do betão e armadura exposta em guardas de betão. 	

2.4 Considerações finais

No capítulo que agora termina foi feita uma descrição sumária dos componentes principais de uma ponte de betão e pré-esforçado e que importa conhecer para o trabalho que se pretende desenvolver nos capítulos subsequentes.

Foi feita uma apresentação resumida dos processos de degradação dos materiais e dos danos estruturais do betão, assim como os danos relacionados com a erosão do leito dos rios, que conduzem a um conjunto vasto de defeitos que afetam as pontes, relativamente aos quais foram apresentados e descritos, de forma resumida, os mais comuns. Por último também se fez referência aos danos funcionais mais comuns que afetam as pontes e que, de um modo geral, afetam os órgãos não estruturais.

O domínio do conhecimento das matérias expostas no presente capítulo é de grande importância para a compreensão do próximo, relativo à inspeção de pontes municipais neste material.

3 INSPEÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE PONTES MUNICIPAIS

3.1 Conceitos elementares sobre inspeção de pontes

Segundo Brito (2001), a inspeção de pontes deve decorrer de acordo com um conjunto de procedimentos normalizados por forma a maximizar a qualidade e utilidade da informação obtida com os escassos recursos disponíveis. Para se poder selecionar as tarefas de manutenção e reparação que efetivamente são mais prementes, essa informação deve ser o mais objetiva possível, não depender da equipa de inspeção e poder ser facilmente confirmada por outros protagonistas.

3.1.1 Inventário

Segundo Cruz (2006a), o inventário constitui o primeiro passo para a futura realização de todas as atividades de gestão de pontes. Deve ser efetuado para todas as pontes integradas no sistema e para aquelas que, entretanto, tenham sido objeto de alterações. Deve preceder quaisquer outros trabalhos de inspeção, manutenção ou conservação. O inventário consiste, essencialmente, na localização, identificação e descrição da ponte, de acordo com critérios pré-estabelecidos, de forma a obter uma base documentada que permita, com eficiência, efetuar todos os procedimentos posteriores de gestão das pontes. Assim, o seu conteúdo deve ser estabelecido tendo em conta as características das pontes que são necessárias conhecer para permitir, ou facilitar, a aplicação desses procedimentos. Para este autor, o inventário é, em geral, organizado em três partes: dados administrativos, dados técnicos e dados de constituição.

Com os dados administrativos regista-se toda a informação disponível que permita localizar e identificar inequivocamente a ponte. Para a localização da obra será fundamental registar, pelo menos, o nome da via em que esta se insere e o respetivo ponto quilométrico. Outro parâmetro a registar será a localização geográfica de cada ponte, sendo corrente optar-se pela georreferenciação através de GPS, no ponto de intersecção da via principal com a via intersectada. Para a identificação, deve-se, entre outros, registar o tipo de obra e o seu nome e atribuir-lhe uma numeração ou matrícula.

Nos dados técnicos devem ser registados a solução estrutural (tipo de estrutura, número de vãos, etc.), as dimensões gerais (comprimento, largura, gabarit), a caracterização da via sobre a ponte e do respetivo tráfego e alguns dados sobre o meio em que se insere a obra (zona sísmica, agressividade ambiental).

Em relação aos dados de constituição, estes pretendem descrever e quantificar os materiais e equipamentos utilizados nas diversas partes da ponte. Em geral, as pontes são divididas em várias componentes que se distinguem pela função que desempenham. Em alguns equipamentos (juntas de dilatação, aparelhos de apoio, dispositivos antissísmicos, etc.), deverão ser registadas a marca e o modelo, já que esses dados são relevantes para a sua manutenção e conservação. Sempre que possível, mas obrigatoriamente em obras novas, dever-se-á arquivar os certificados de qualidade e os manuais de manutenção desses equipamentos.

Estes dados podem ser obtidos através da consulta do projeto de execução ou, no caso deste não existir ou ser omissivo, através da sua recolha diretamente em campo, segundo métodos preestabelecidos. Em situações de dúvida, as quais podem surgir durante o Inventário ou em fases posteriores, a confirmação deverá ser sempre feita na obra e, no caso de haver divergências devem ser feitas as devidas correções e atualizado o Inventário.

De acordo com o FHWA (2012a), os dados do inventário referem-se às características da ponte e têm um carácter permanente, ou seja, só mudam quando a ponte sofre uma alteração, como por exemplo a sua reconstrução ou alteração de carga. Os itens de inventário incluem dados administrativos, técnicos e de constituição, concordando com o que foi referido anteriormente, sendo organizados do seguinte modo:

- i.* Identificação - campo onde é indicado o código da ponte, e é feita a descrição da sua localização;
- ii.* Tipo de Estrutura e Material - classifica a estrutura com base no material, projeto e construção, o número de tramos e o revestimento do pavimento;
- iii.* Idade e Serviço - informação relativa à construção ou reconstrução da estrutura e informação relativa à circulação viária;
- iv.* Dados geométricos - inclui dimensões estruturais pertinentes;
- v.* Classificação - tipo de via em que se insere, número de vias e número de sentidos de tráfego;
- vi.* Classificação de carga e condicionamento - identifica a capacidade de carga da ponte e, se for caso disso, algum eventual condicionamento de carga. Este item está sujeito a alterações conforme as condições mudam e, portanto, não é visto como um item "permanente";
- vii.* Melhorias propostas - trabalhos propostos e custos estimados para todas as pontes elegíveis para financiamento do Programa Highway Bridge;
- viii.* Inspeção - inclui datas de inspeção mais recentes, frequência das inspeções de rotina, eventual referência a características críticas que requerem inspeções especiais ou requerem especial ênfase durante a inspeção.

Do exposto por estes dois autores, relativamente à informação que o inventário deve conter, verifica-se uma grande semelhança em relação ao conteúdo do inventário. Contudo deve ainda ser salientado que um inventário deve conter a data de projeto da

ponte, assim como a data de construção, bem como, as datas referentes às intervenções ocorridas nomeadamente, reforço, reparação, ampliação, reconstrução e eventos adversos que provoquem danos significativos na estrutura (*e.g.* cheias, impactos de veículos etc.).

Segundo estes dois autores, o inventário é uma peça essencial de um qualquer sistema de gestão, sendo um dos primeiros requisitos para a campanha de inspeções dispor de um inventário de pontes atualizado.

Um aspeto importante a ter em conta, antes do trabalho de campo, deve ser a análise do projeto que serviu de base à construção da ponte, caso exista. Essa análise implica a consulta de arquivos municipais. Nem sempre é possível encontrar os projetos, em especial os mais antigos, contudo esse esforço deve ser feito. Outro aspeto importante é a consulta de relatórios de inspeções anteriores. Estes podem constituir um ponto de partida importante para a inspeção a levar a cabo pela informação que possam conter. Por outro lado também, deve ser averiguado quais as medidas tomadas na sequência desses relatórios

Uma vez na posse de um inventário adequado e após a consulta da documentação de arquivo pertinente relativa à ponte podemos passar às etapas seguintes, nomeadamente à inspeção.

3.1.2 Inspeção visual de rotina

A inspeção corrente ou de rotina baseia-se quase exclusivamente na observação visual. Não se espera encontrar qualquer anomalia estrutural importante na inspeção e os trabalhos recomendados serão em geral no âmbito da manutenção. Recomenda-se um período de quinze meses entre inspeções para permitir avaliar a influência das estações do ano no funcionamento geral da obra de arte e na degradação da mesma. A inspeção corrente deve ser planeada antecipadamente por forma a tirar o melhor partido de determinadas circunstâncias (tráfego, condições meteorológicas) que podem ajudar na deteção das anomalias (Brito, 2001).

As inspeções de rotina são inspeções planeadas regularmente consistindo em observações para determinar a condição física e funcional da ponte, para identificar quaisquer alterações das condições "iniciais" ou previamente registadas e para garantir que a estrutura continue a satisfazer condições de serviço adequadas. A inspeção de partes submersas da infraestruturalimita-se a observações durante períodos de baixa vazão sondando sinais de erosão e de infraescavação (FHWA, 2012a).

Segundo FHWA (2004) a inspeção de rotina não deve exceder um intervalo superior a vinte e quatro meses.

De acordo com o CEB-FIB (2002), a inspeção visual, realizada por técnicos experientes e com formação adequada, é o método de inspeção mais económico e importante, que rapidamente fornece uma visão geral da condição da estrutura. É o tipo de inspeção mais barato e mais confiável. Verifica-se que aproximadamente 80% das informações relevantes podem ser obtidas por inspeções visuais para aproximadamente 20% do total de custos da inspeção.

Segundo a mesma fonte, até agora não foi provado ser rentável substituir inspeções visuais parciais ou totais por outros métodos de inspeção. Os outros métodos disponíveis não são simples e tendem a ser caros se usados extensivamente. O processamento de dados e a interpretação dos resultados também podem ser uma questão complexa. Por conseguinte, tais métodos são normalmente utilizados em inspeções especiais e destinam-se a obter dados específicos de informação que não são detetáveis por observação visual.

Os requisitos quanto ao pessoal que realiza inspeções devem aumentar com o nível de sofisticação da inspeção. A importância desse fator não deve ser subestimada. A falta de experiência relevante e de formação adequada implicam, por norma, um registo incorreto de dados. Uma inspeção eficiente exige uma preparação adequada, incluindo a revisão da documentação existente. Também exige que os resultados da inspeção sejam devidamente e sistematicamente documentados e armazenados (CEB-FIB, 2002).

3.1.3 Inspeção principal ou inspeção detalhada

Este tipo de inspeção tem, geralmente, uma periodicidade de cinco anos, podendo, no entanto, em casos particulares ser inferior para ter em conta as características de uma determinada ponte. Tendo presente que este tipo de avaliação assenta na experiência e qualificação técnica dos inspetores, os sistemas de gestão de pontes incluem, em geral, um manual de anomalias onde são apresentadas as deficiências detetadas pelas várias equipas de inspeção ao longo dos anos. Desta forma, com base no conhecimento das diversas anomalias e com base nos critérios de classificação pré-definidos, é possível uniformizar a avaliação por parte dos diversos inspetores. Em caso de incerteza em relação à causa, extensão ou gravidade da anomalia deve ser solicitada a realização de uma inspeção especial, como descrito na secção seguinte (Cruz, 2006b).

Na inspeção detalhada, para além da observação visual direta, recorre-se a ensaios *in situ* não destrutivos de fácil e rápida execução para investigar todos os detalhes que, numa análise apriorística, possam ser suscetíveis de causar problemas. Há a possibilidade de utilização de meios de acesso especiais, se tal for considerado indispensável. O período recomendado entre inspeções é de 5 anos, substituindo as inspeções correntes que com elas coincidam. O planeamento das inspeções detalhadas inclui um estudo cuidadoso do *dossier* da obra de forma a conhecer as causas e evolução das anomalias detetadas nas inspeções anteriores e os pontos específicos a analisar em detalhe. Os seguintes

documentos merecem especial atenção: ficha do estado de referência, telas finais, ficha da última inspeção periódica, relatórios de todas as avaliações estruturais efetuadas, relatórios dos trabalhos de manutenção e reparação efetuados. Através das fichas de inspeção anteriores ou de uma visita preliminar ao local, deve-se prever os eventuais meios de acesso especiais necessários assim como o encerramento total ou parcial das faixas de rodagem. O objetivo da inspeção detalhada é permitir um bom conhecimento dos defeitos superficiais, fendilhação, deterioração dos materiais, deformações e deslocamentos da estrutura, sistema de drenagem e estado do equipamento de medida instalado na obra de arte (Brito, 1992).

3.1.4 Inspeção especial ou avaliação estrutural

Este tipo de inspeção não tem carácter sistemático ou periódico, porque não responde a uma estratégia estudada com antecedência. Em geral, a inspeção especial é proposta no seguimento de uma inspeção principal e, mais raramente, de uma inspeção visual, quando é verificada uma anomalia cuja causa, extensão ou gravidade se desconhece, ou se conhece com algum grau de incerteza, mas cuja avaliação se considera fundamental para garantir a segurança e/ou durabilidade da estrutura (Cruz, 2006a).

No âmbito duma inspeção especial poderão ser realizados, entre outros, os seguintes trabalhos: ensaios de carga; recolha de amostras para realização de ensaios químicos e físicos sobre os materiais; medição geométrica de deformações e oscilações; avaliação da camada de recobrimento e do grau de corrosão das armaduras; trabalhos de monitorização (nivelamento, medição de tensões em tirantes e cabos). Dados os elevados custos envolvidos neste tipo de inspeção, é indispensável uma escolha racional dos testes a realizar e dos equipamentos a utilizar. O tipo e número de ensaios deve ser definido em função dos resultados pretendidos, a precisão exigida, a extensão da estrutura, as condicionantes de tempo e a verba disponível (Cruz, 2006a)

Segundo Brito (1992) uma avaliação estrutural é, em geral, o resultado da deteção de uma anomalia estrutural ou funcional grave durante uma inspeção visual ou inspeção detalhada. Pode também vir a ser necessária se se estiver a considerar as hipóteses de reforçar a estrutura ou alargar o tabuleiro. Os resultados esperados desta inspeção são a caracterização das anomalias estruturais, uma estimativa da vida útil residual da obra de arte, e uma estimativa da sua capacidade resistente atual.

Pode-se dizer que, potencialmente, todos os métodos de diagnóstico *in situ* podem vir a ser utilizados, ainda que uma cuidadosa limitação de custos deva ser encorajada. Como é óbvio pela sua definição, esta inspeção não é periódica e não pode ser prevista a longo prazo. O que a origina é a deteção de anomalias que possam pôr em causa a segurança estrutural ou a capacidade da obra de arte de realizar a função para a qual foi concebida. Finalmente, uma avaliação estrutural pode ser a forma de controlar o comportamento

global da estrutura após um acontecimento fora do vulgar (passagem de veículo pesado na obra de arte, cheias, sismo, acidente rodoviário), (Brito, 1992).

A equipa de inspeção deve ser chefiada por um técnico superior especialista com largos conhecimentos do tipo estrutural da obra de arte a inspecionar, das técnicas de construção e materiais utilizados na mesma. O restante pessoal tem um grau muito elevado de especialização, função dos ensaios previstos (Brito, 1992).

Uma inspeção especial é levada a cabo para monitorizar uma deficiência conhecida ou devido a uma suspeita específica, como assentamento de fundação ou erosão, dano de fadiga ou passagem de transporte especial (FHWA, 2012a).

3.1.5 Inspeção subaquática

Uma inspeção subaquática é a inspeção da parte submersa da infraestrutura de uma ponte que não pode ser inspecionada visualmente no período de caudal mais baixo, que não pode ser inspecionada por sondagem, requerendo geralmente mergulho ou outros procedimentos adequados. As inspeções subaquáticas são parte integrante de um plano total de inspeção de pontes (FHWA, 2012a).

Os elementos estruturais submersos são inspecionados por norma com intervalos de 5 anos. Os danos estruturais, a suspeita de erosão devido ao movimento da água e a colisão de embarcações ou de material transportado pela corrente, podem ter influência na decisão de realizar inspeções submersas em intervalos mais curtos (FHWA, 2012a).

3.2 Metodologia americana de avaliação ao nível dos elementos, National Bridge Elements (NBEs) e Bridge Management Elements (BMEs)

3.2.1 Considerações gerais

Com vista à realização do trabalho de inspeção das pontes selecionadas foi seguido o manual de inspeção americano “Bridge Inspector’s Reference Manual” (FHWA, 2012a). A utilização deste manual deveu-se ao facto de estar testado e revisto (manual criado em outubro de 2002, revisto em dezembro de 2006, revisto em fevereiro de 2012, revisto em julho de 2012). Trata-se, pois de um manual que se encontra em fase de utilização, está disponível e, que provem de um país que tem uma larga tradição e experiência na gestão de pontes com tudo o que isso envolve: existência de inventários e de bases de dados das pontes nacionais (National Bridge Inventory, NBI); inspeções periódicas realizadas de forma sistemática às pontes, relatórios de inspeção e existência de *software* específico para apoio à gestão da informação e à tomada de decisão.

3.2.2 Componentes básicos e elementos constituintes

Com vista à realização das inspeções e posteriormente à classificação dos defeitos encontrados foi seguida a tipologia referida na secção 2.1.

De acordo com essa tipologia, cada componente básico é composto por um conjunto de elementos, que fazem parte desse componente, cuja quantidade é expressa em unidades de medida consoante o tipo de elemento em referência sendo cada elemento básico identificado com um código numérico específico. Do Quadro 3.1 ao Quadro 3.5 estão descritos os elementos que correspondem a cada componente básico assim como a unidade de medida, o código de identificação por tipo de material, segundo o referido manual.

Assim no Quadro 3.1, referente aos elementos do tabuleiro, estão referidos, entre outros elementos, a laje de tabuleiro em betão armado ou em betão pré-esforçado, o tabuleiro metálico, o tabuleiro de madeira, a guardas da ponte em vários materiais, betão, metal, madeira e alvenaria.

Quadro 3.1 - Elementos referentes ao tabuleiro (FHWA, 2012a).

Element	Units	Element Number (Decks)	Element Number (Slab)	Other
Reinforced Concrete Deck/Slab	AREA	12	38	
Prestressed/Reinforced Concrete Top Flange	AREA	15		
Steel Deck - Open Grid	AREA	28		
Steel Deck - Concrete Filled Grid	AREA	29		
Steel Deck - Corrugated/Orthotropic/Etc.	AREA	30		
Timber Deck/Slab	AREA	31	54	
Bridge Rail		Other		
Metal Bridge Railing	LENGTH			330
Reinforced Concrete Bridge Railing	LENGTH			331
Timber Bridge Railing	LENGTH			332
Other Bridge Railing	LENGTH			333
Masonry Bridge Railing	LENGTH			334

AREA = square feet (square meter)
 LENGTH= feet (meters)

No Quadro 3.2, estão mencionados outros elementos referentes ao tabuleiro, vários tipos de juntas de dilatação e laje de transição entre a ponte e a via. No Quadro 3.3, estão mencionados os elementos referentes à superestrutura, entre os quais, vigas, treliças, arcos, vigas de laje, cabos. O Quadro 3.4 faz referência aos elementos referentes à infraestrutura, entre os quais, pilares, pilares parede, sapatas, estacas e encontros.

Quadro 3.2 - Elementos referentes ao tabuleiro, juntas de dilatação e laje de transição (FHWA, 2012a).

Element	Units	Element Number
Joints		
Strip Seal Expansion Joint	LENGTH	300
Pourable Joint Seal	LENGTH	301
Compression Joint Seal	LENGTH	302
Assembly Joint/Seal (modular)	LENGTH	303
Open Expansion Joint	LENGTH	304
Assembly Joint w/o Seal	LENGTH	305
Approach Slabs		
P/S Concrete Approach Slab	AREA	320
Reinforced Concrete Approach Slab	AREA	321

AREA = square feet (square meter)
 LENGTH= feet (meters)
 EA = Each

Quadro 3.3 - Elementos referentes à superestrutura (FHWA, 2012a).

Element	Units	Steel	Prestressed Concrete	Reinforced Concrete	Timber	Masonry	Other
Girder/Beam	LENGTH	107	109	110	111		
Closed Web/Box Girder	LENGTH	102	104	105			
Stringer	LENGTH	113	115	116	117		
Truss	LENGTH	120			135		
Arch	LENGTH	141	143	144	146	145	
Floor Beam	LENGTH	152	154	155	156		
Cable	EA	147, 148					
Gusset Plate	EA	162					
Pin and/or Pin and Hanger Assembly	EA	161					

LENGTH= feet (meters)
 EA = Each

Quadro 3.4 - Elementos referentes à infraestrutura (FHWA, 2012a).

Element	Units	Steel	Prestressed Concrete	Reinforced Concrete	Timber	Masonry	Other
Column/Pile Extension	EA	202	204	205	206		
Column Tower (Trestle)	EA	207			208		
Submerged Pile	EA	225	226	227	228		
Pier Wall	LENGTH			210	212	213	211
Abutment	LENGTH	219		215	216	217	218
Pier Cap	LENGTH	231	233	234	235		
Pile Cap/Footing	EA			220			
Culvert	LENGTH	240		241	242	244	243
Bearings							
Elastomeric Bearing	EA						310
Moveable Bearing (roller, sliding, etc.)	EA						311
Enclosed/Concealed Bearing	EA						312
Fixed Bearing	EA						313
Pot Bearing	EA						314
Disk Bearing	EA						315

LENGTH= feet (meters)
 EA = Each

Finalmente o Quadro 3.5 faz referência aos elementos referentes aos sistemas de proteção, como por exemplo, revestimentos de superfície, revestimentos, revestimento de proteção das lajes de betão, revestimento de proteção do aço, revestimentos de proteção do betão.

Quadro 3.5 - Elementos relativos aos sistemas de proteção (FHWA, 2012a).

Element	Units	Element Number
Protective Systems		
Wearing Surfaces	AREA	510
Steel Protective Coating	AREA	515
Deck/Slab Protection Systems	AREA	520
Concrete Protective Coating	AREA	521

AREA = square feet (square meter)

3.2.3 Identificação, medição e localização dos elementos e das anomalias

Um dos aspetos chave da metodologia BIRM consiste em identificar e medir. Neste sentido cada elemento deve ser devidamente identificado e medido e feita a soma das suas quantidades totais no caso dos elementos repetidos. O Quadro 3.6 e o Quadro 3.7 exemplificam o processo de identificação e de medição de cada elemento de uma ponte, nomeadamente dos elementos do tabuleiro, da superestrutura, da infraestrutura, assim como das juntas de dilatação das lajes de transição, das guardas de segurança e dos aparelhos de apoio. A numeração da coluna da esquerda é referente ao número do elemento (NBEs) e a segunda coluna a contar da esquerda é referente à exposição ambiental dos elementos.

Da mesma forma, também é necessário medir no campo a extensão do dano. Segundo Ortiz (2017), existem três aspetos muito importantes na aplicação da metodologia, que são a localização do defeito, a medição da sua extensão e a descrição da sua severidade. Segundo este autor o dano tem de ser convenientemente localizado no elemento e medido.

Para tal devem ser utilizados esquemas feitos à mão no local onde constem a localização do dano e a medição da sua extensão. A Figura 3.1 ilustra uma forma correta de proceder ao registo de danos para quantificar a extensão da anomalia. Para comparação ilustra-se o exemplo incorreto na Figura 3.2. De igual modo se deve proceder quanto à descrição da severidade, isto é, a descrição da anomalia deve ser objetiva, Figura 3.3.

Quadro 3.6 - Exemplificação da medição dos elementos de uma ponte(FHWA, 2014).

Introduction to Element Level Bridge Inspection
Lesson 4 – Exercise 1 & Lesson 6 - Exercise 1

Structure No.: 14277 By: Instructor Key Date: 9/23/2013

Element/ Str. Unit No.	Env	Element/Structure Unit Description	Total Qty	Units
1		Span(s): All		
DECK (Lesson 4)				
12	3	RC Deck Plan sheet p. 4: width = 78'-9", length = 205'-11" 78.75' x 205.92' = 16,216.2 Say 16,217 sq. ft.	16,217	sq. ft.
SUPERSTRUCTURE (Lesson 4)				
107	3	Steel Beam/Girder Plan sheet p. 5: 10 Beams, Length = 205'-4" 10 x 205.33' = 2053.3 Say 2,054 ft.	2,054	ft.
515	3	Steel Protective Coating Plan sheet p. 2: General Notes – Paint. Plan sheet p. 3: W30x124 beam AISC Surface Area Tables: 7.47 sq. ft. / ft. for W30x124 7.47 sq. ft. / ft. x 2,054 ft. = 15,343.4 Say 15,344 sq. ft.	15,344	sq. ft.
SUBSTRUCTURE (Lesson 4)				
205	3	RC Column Plan sheets p. 7 & 8: 4 Columns, 2 Bents/Piers 4 x 2 = 8 each	8	each
210	3	RC Pier Wall Plan sheet p. 8: Length of wall between columns = 17'-10" Located at bent/pier 3 only. 17.83' x 3 = 53.49 Say 54 ft.	54	ft.
215	3	RC Abutment Plan sheet p. 6: Length with monolithic wing extensions = 91'-0" 2 Abutments: 91' x 2 = 182 ft.	182	ft.
234	3	RC Pier Cap Plan sheet p. 6: Length without monolithic wing extensions = 81'-0" 2 Abutments: 81' x 2 = 162 ft. Plan sheet p. 7 & 8: Length = 74'-10.5" 2 Bents/Piers: 74.87' x 2 = 149.74 Say 150 ft.	150	ft.
JOINTS (Lesson 6)				
304	3	Open Expansion Joint Plan sheet p. 3: two open expansion joints Plan sheet p. 1: length = 78'-9" 2 x 78.75' = 157.5 Say 158 ft.	158	ft.
APPROACH SLABS (Lesson 6)				
321	3	RC Approach Slabs Plan sheet p. 1: two approach slabs Plan sheet p. 10: length = 78'-0", width = 27'-0" 2 x 78' x 27' = 4,212 sq. ft.	4,212	sq. ft.

Quadro 3.7 - Exemplo da medição das guardas e aparelhos de apoio (FHWA, 2012a).

Introduction to Element Level Bridge Inspection
Lesson 4 – Exercise 1 & Lesson 6 - Exercise 1

Structure No.: 14277 By: Instructor Key Date: August 7, 2013

Element/ Str. Unit No.	Env	Element/Structure Unit Description	Total Qty	Units
1		Span(s): All		
BRIDGE RAILINGS (Lesson 6)				
331	3	RC Bridge Railing Plan sheet p. 4: length = 205'-11" 2 bridge rails: 2 x 205.92' = 411.84 Say 412 ft.	412	ft.
BEARINGS (Lesson 6)				
310	3	Elastomeric Bearing Plan sheet p. 3: four elastomeric bearings per girder Plan sheet p. 5: ten girders, 4 x 10 = 40 each	40	each

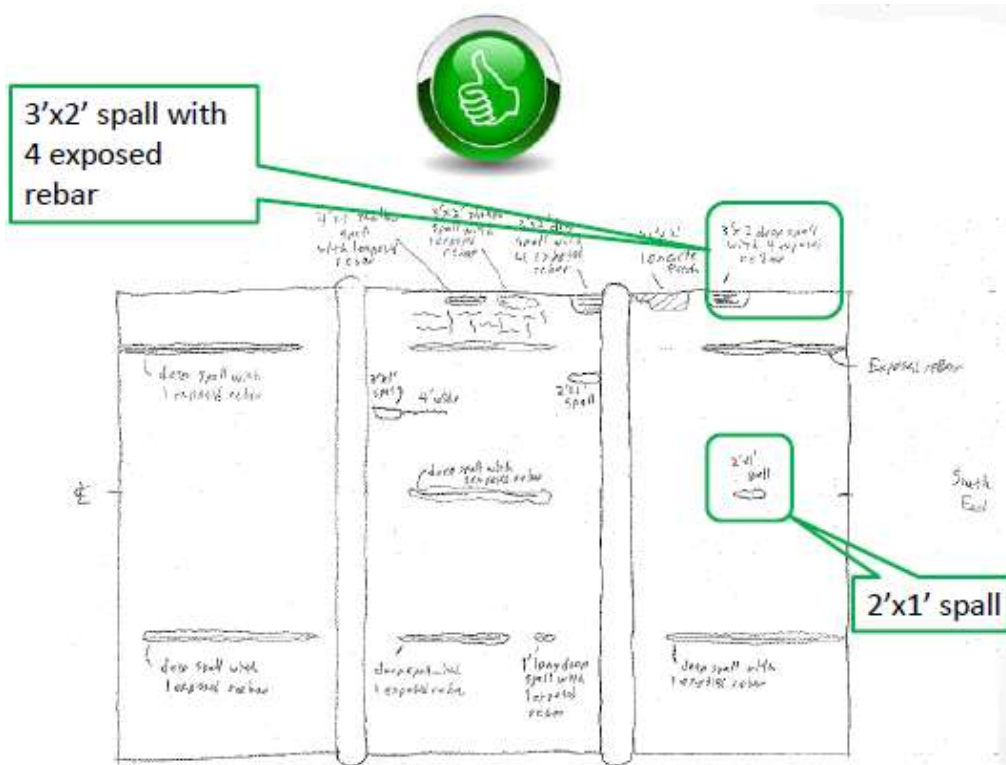


Figura 3.1 - Forma correta de quantificar a extensão da anomalia (Ortiz, 2017).

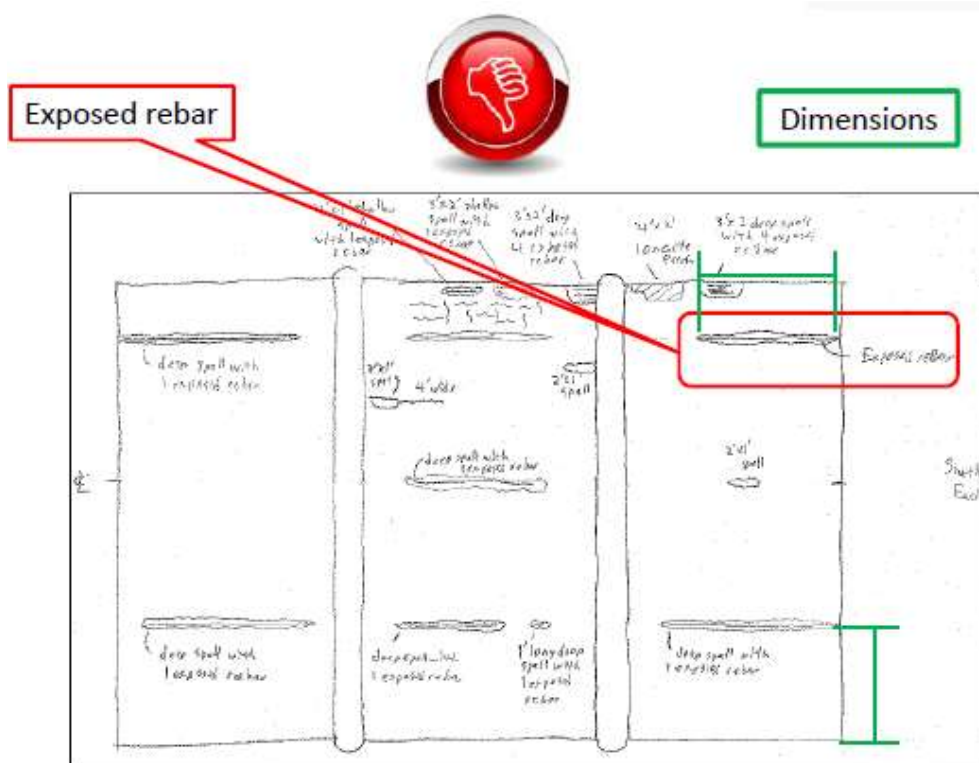


Figura 3.2 - Forma incorreta de quantificar a extensão da anomalia (Ortiz, 2017).

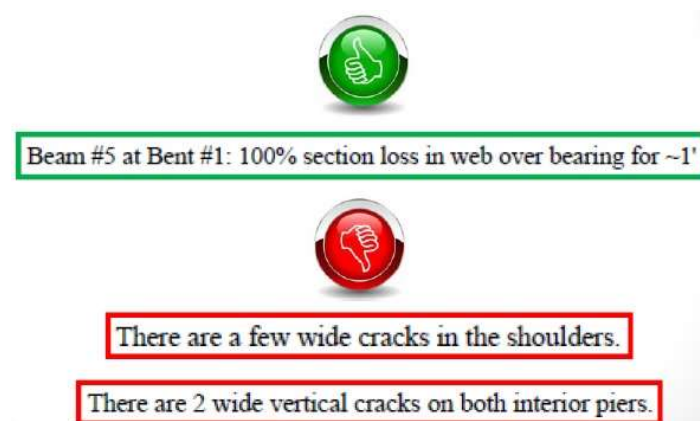


Figura 3.3 - Forma correta e incorreta da descrição da anomalia (Ortiz, 2017).

3.3 Classificação do estado de conservação de pontes

3.3.1 Considerações prévias

Com vista à classificação da condição dos elementos da ponte, para além do manual “Bridge Inspector`s Reference Manual” (FHWA, 2012a), foi também seguido o manual intitulado “Caltrans Bridge Element Inspection Manual” do estado da Califórnia (Caltrans, 2016) e o manual “Bridge Element Inspection Manual”, New Jersey Department of Transportation (N.J.D.T., 2015) Os motivos que levaram à utilização destes manuais são da mesma natureza dos motivos já invocados na secção 3.2.1.

3.3.2 Metodologia proposta pelo Bridge Inspector`s Reference Manual

Na metodologia proposta existem quatro estados de conservação possíveis para a avaliação de cada elemento de acordo com a seguinte classificação:

- (1) Bom – sem deterioração a deterioração mínima (Good);
- (2) Razoável – deterioração mínima a deterioração moderada (Fair);
- (3) Mau – deterioração moderada a deterioração severa (Poor);
- (4) Grave – ultrapassa os limites estabelecidos no estado de conservação 3 e/ou justifica uma avaliação estrutural para determinar a resistência do elemento ou da ponte.

Cada um dos quatro estados de conservação é associado a uma cor sendo representadas no cabeçalho das fichas de anomalias, conforme mostra o exemplo do Quadro 3.8. As anomalias correspondentes a cada elemento são analisadas para cada ponte de acordo com o manual. Para cada elemento existe uma tabela específica com um conjunto de anomalias possíveis de ocorrer nesse elemento. Cada uma dessas anomalias estão graduadas de acordo com a sua gravidade e extensão, como se mostra no Quadro 3.8 referente a um encontro de betão armado. A classificação da anomalia é depois obtida em função do enquadramento de cada anomalia, na descrição que melhor traduz o seu estado.

O estado de conservação (EC) em relação a determinada anomalia é finalmente obtido para o elemento da ponte que está em análise. Após a análise feita para todos os elementos da ponte, obtém-se uma ficha como a ilustrada no Quadro 3.9, com os seguintes dados: designação dos elementos da ponte; medição dos mesmos; medição dos elementos ou partes dos elementos afetados; descrição das anomalias e estado de conservação de cada elemento ou de uma parte desse elemento referente a cada anomalia encontrada.

Quadro 3.8 - Classificação de anomalias e estado de conservação dos encontros (Caltrans, 2016).

Element #: 215 — Abutment - Reinforced Concrete

Description: Reinforced concrete abutments. This includes the material retaining the embankment and monolithic wingwalls and abutment extensions. For all reinforced concrete abutments regardless of protective systems.

Classification: NBE - National Bridge Element

Units of Measurement: ft.

Quantity Calculation: Sum of the width of the abutment with monolithic wingwalls and abutment extensions measured along the skew angle.

Condition State Definitions

Defects	Condition States			
	1 GOOD	2 FAIR	3 POOR	4 SEVERE
Delamination/Spall/Patched Area (1080)	None	Delaminated. Spall 1 in. or less deep or 6 in. or less in diameter. Patched area that is sound.	Spall greater than 1 in. deep or greater than 6 in. diameter. Patched area that is unsound or showing distress. Does not warrant structural review.	The condition warrants a structural review to determine the effect on strength or serviceability of the element or bridge; OR a structural review has been completed and the defects impact strength or serviceability of the element or bridge.
Exposed Rebar (1090)	None	Present without measurable section loss.	Present with measurable section loss, but does not warrant structural review.	
Efflorescence/Rust Staining (1120)	None	Surface white without build-up or leaching without rust staining.	Heavy build-up with rust staining.	
Cracking (RC and Other) (1130)	Insignificant cracks or moderate width cracks that have been sealed.	Unsealed moderate width cracks or unsealed moderate pattern (map) cracking. Cracks from .012 to 0.05 inches wide.	Wide cracks or heavy pattern (map) cracking. Cracks greater than 0.05 inches wide.	
Abrasion/Wear (PSC/RC) (1190)	No abrasion or wearing	Abrasion or wearing has exposed coarse aggregate but the aggregate remains secure in the concrete.	Coarse aggregate is loose or has popped out of the concrete matrix due to abrasion or wear.	
Settlement (4000)	None	Exists within tolerable limits or arrested with no observed structural distress.	Exceeds tolerable limits but does not warrant structural review.	
Scour (6000)	None	Exists within tolerable limits or has been arrested with effective countermeasures.	Exceeds tolerable limits, but is less than the critical limits determined by scour evaluation and does not warrant structural review.	
Damage (7000)	Not applicable	The element has impact damage. The specific damage caused by the impact has been captured in condition state 2 under the appropriate material defect entry.	The element has impact damage. The specific damage caused by the impact has been captured in condition state 3 under the appropriate material defect entry.	

Quadro 3.9 - Ficha de inspeção dos elementos (FHWA, 2014).

Introduction to Element Level Bridge Inspection
 Lesson 7 – Exercise 2: One Span RC Tee Beam

Element No.	Element Description	Total QTY	Units	Condition State Quantity			
				CS 1	CS 2	CS 3	CS 4
DECK/SLAB							
16	RC Top Flange	720	sq. ft.	500	220		
1080	Delamination/Spall/Patch *				220		
Slide 5	Delaminations & efflorescence without rust staining. (Cracks < 0.012" wide don't control.)				80		
Slide 6	Delaminations & efflorescence without rust staining. (Cracks < 0.012" wide don't control.)				40		
Slide 7	20 SF spalling with exposed rebar. 80 SF delaminations and efflorescence without rust staining. (Cracks < 0.012" wide don't control.)				100		
510	Wearing Surface	600	sq. ft.	420			180
3220	Crack (wearing surface)						180
Slide 3	Cracks from 1/4" to 3/4" wide.						180
JOINTS							
	None.						
APPROACH SLABS							
	None.						
BRIDGE RAILINGS							
331	RC Bridge Railing	60	ft.	25	35		
1080	Delamination/Spall/Patch				35		
Slide 4	Spalls with no exposed reinforcing steel.				35		
SUPERSTRUCTURE							
110	RC Open Girder/Beam	180	ft.	22	98	60	
1080	Delamination/Spall/Patch *				98		
1120	Efflorescence/Rust Staining *					60	
Slide 5	1/16" wide cracks throughout with heavy efflorescence & rust staining . (Delaminations don't control.)					30	
Slide 5	Up to .05" cracks, efflorescence, no rust stains, & delaminations throughout.				30		
Slide 6	3' spalling with exposed rebar, no section loss. 40' delaminations with efflorescence & no rust staining. (Cracks < 0.012" wide don't control.)				43		
Slide 7	5' spalling with exposed rebar, no section loss. 20' delaminations with efflorescence & no rust staining. (Cracks < 0.012" wide don't control.)				25		
Slide 7	1/16" wide cracks throughout with heavy efflorescence & rust staining . (Delaminations don't control.)					30	
BEARINGS							
	None.						
SUBSTRUCTURE							
217	Masonry Abutment	100	ft.	47	13	40	
1610	Mortar Breakdown				10	38	
1620	Split/Spall (Masonry)				3	2	
Slide 8	Abut-1: Section loss & >10% mortar loss. No stones displaced.					20	
Slide 9	WW-1R: Section loss & >10% mortar loss. No stones displaced.					10	
Slide 10	WW-1L: Up to 10% mortar loss. No stones displaced.				10		
Slide 11	Abut-2: Section loss. No stones displaced.				3		
Slide 13	WW-2L: Failure of stone with portions missing.					2	
Slide 14	WW-2L: Complete loss of mortar throughout top course. (Overlapping defects.)					10	

* More than one defect in same condition state in same defined space. Report defects, or predominate defect, as per agency policy.

A metodologia permite assim avaliar o estado de conservação dos elementos da ponte em relação a uma determinada anomalia, o que por si só constitui uma informação de grande relevância. Nos Estados Unidos da América, onde esta metodologia está em uso, os dados recolhidos pelos vários estados, referentes à inspeção de pontes por elementos, são enviados anualmente para a Federal Highway Administration e armazenados na National Bridge Inventory, NBI.. Após o tratamento informático desses dados é então possível

obter dados relativos à condição ou estado de conservação da ponte como um todo, usualmente designado de Estado de Conservação (EC) global.

Uma aplicação imediata desta metodologia é a recolha e análise de dados relativos à situação atual. Para tal é essencial que a recolha original dos dados seja o mais objetiva e repetível possível. Os dados recolhidos devem ser armazenados para que a análise possa ser atualizada ou melhorada posteriormente. O grande volume de dados recolhidos deve ser transformado em informações úteis.

Segundo o FHWA (2012a) a informação relativa ao estado de conservação fornece dados quantitativos sobre a condição física e o desempenho dos elementos da ponte. Estes dados também podem refletir o estado de conservação das ações implementadas ao longo do tempo. As inspeções ao nível dos elementos podem acompanhar a eficácia das ações desenvolvidas no tempo mostrando os vários estados de conservação e como eles podem mudar ao longo do tempo depois do elemento da ponte ter sido reparado, substituído ou, inclusive, se ter optado por nada fazer. As aplicações potenciais podem ser as seguintes:

- i.* Identificação das necessidades das pontes (substituição e preservação);
- ii.* Desenvolvimento e teste de novas técnicas de manutenção;
- iii.* Políticas de seleção de intervenção;
- iv.* Definição de prioridades e programação das ações a desenvolver;
- v.* Orçamentação;
- vi.* Alocação de recursos financeiros;
- vii.* Planeamento de longo prazo.

3.4 Considerações finais

No capítulo que agora termina foram abordadas questões relativas a vários conceitos teóricos, entre os quais a importância do inventário no contexto de um sistema de gestão de pontes. Foram abordados vários tipos de inspeções que são realizadas às pontes, entre os quais a mais conhecida, a mais frequente e aquela donde se obtém maior número de informação relevante com um custo menor é a inspeção visual. A periodicidade normalmente aceite para este tipo de inspeção oscila entre quinze e vinte e quatro meses.

Foi apresentada uma metodologia para a inspeção e classificação de pontes ao nível dos seus elementos. Trata-se de uma metodologia em uso nos Estados Unidos da América e que pode ser viável para a inspeção e classificação de pontes municipais.

Por último, importa referir que as matérias abordadas neste capítulo se consideram relevantes no âmbito desta dissertação e importantes para a compreensão do capítulo seguinte relativo à caracterização do parque de pontes do município, que começa com uma breve caracterização da morfologia do território e da rede viária municipal.

4 O PARQUE DE PONTES NO MUNICÍPIO DE OURÉM

4.1 Breve caracterização morfológica do município

O concelho de Ourém possui uma área de 416 km² e pertence ao distrito de Santarém, Sub-região do Médio Tejo (NUTS III). A sede concelhia, situada na freguesia de Nossa Senhora da Piedade, dista cerca de 140 km da cidade de Lisboa e 200 km da cidade do Porto. Encontra-se a uma menor distância da cidade de Leiria (26 km) do que da sua capital de distrito, Santarém (70 km) (Pulquério, 2015).

O município de Ourém faz fronteira com 8 municípios: Alcanena e Torres Novas (sul); Alvaiázere (nordeste); Batalha (sudoeste); Ferreira do Zêzere e Tomar (este); Leiria (oeste e noroeste) e Pombal (norte), Figura 4.1. O concelho possui 13 freguesias, de sul para norte: Fátima; Nossa Senhora das Misericórdias; Atouguia; Alburitel; Seiça; Nossa Senhora da Piedade; União de Freguesias de Gondemaria e Olival; Caxarias; União de Freguesias de Matas e Cercal; Espite; Urqueira; União de Freguesias de Rio de Couros e Casal dos Bernardos; União de Freguesias de Freixianda, Ribeira do Fárrio e Formigais, Figura 4.2 (Pulquério, 2015).

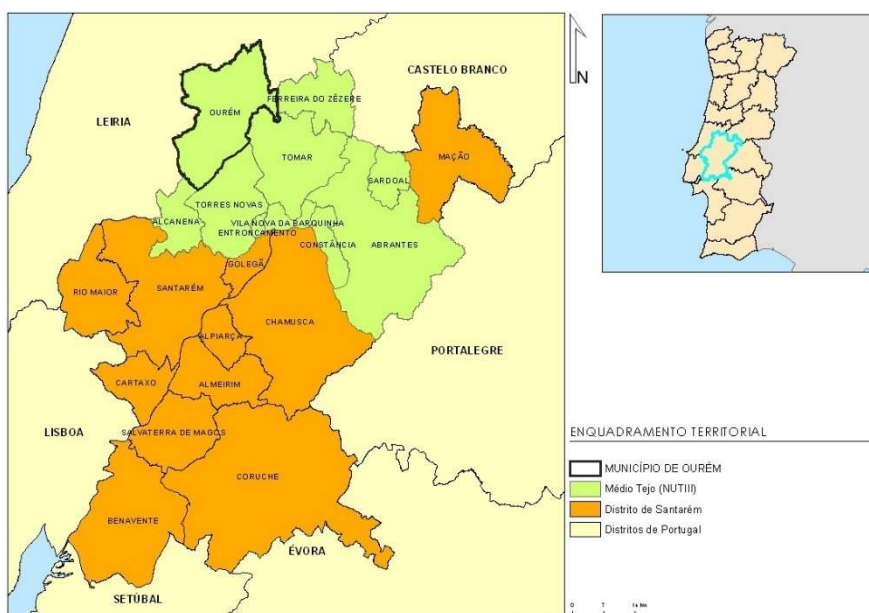


Figura 4.1 - Enquadramento do concelho de Ourém (Pulquério, 2015).

É usual dividir o concelho de Ourém com base nas variáveis de relevo e de clima em duas grandes regiões.

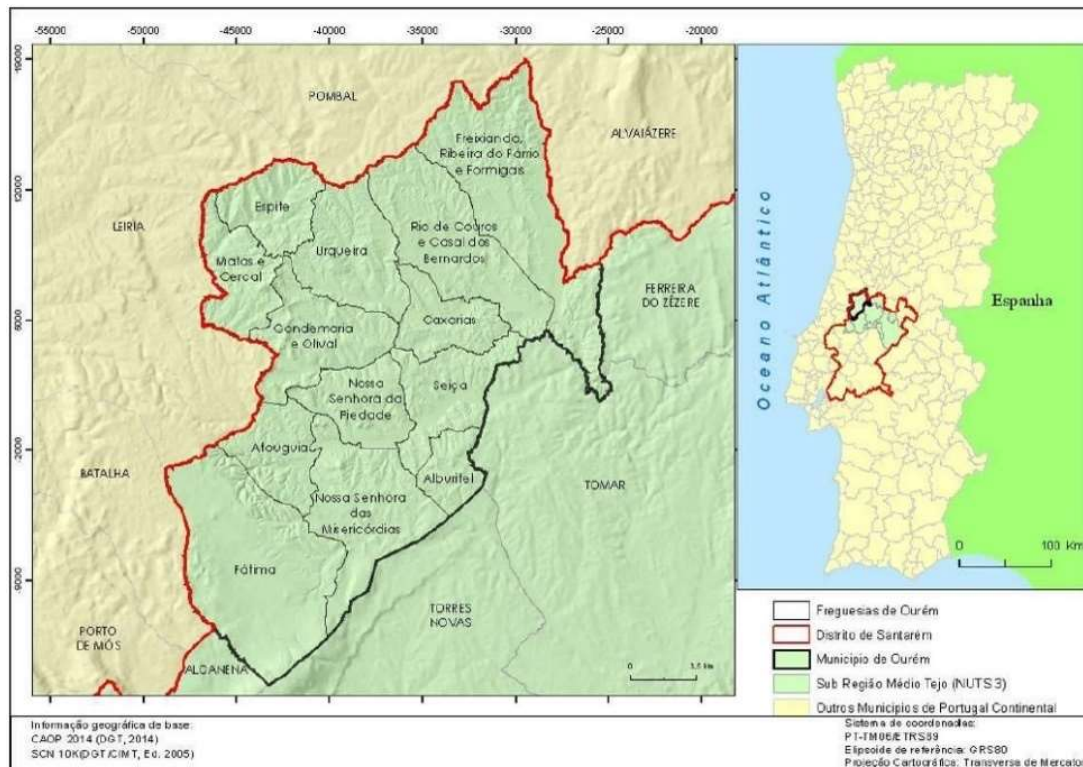


Figura 4.2 - Enquadramento das freguesias do concelho de Ourém (Pulquério, 2015).

O Sul do concelho, onde as altitudes são superiores a 300 m, com relevo acidentado e com declives mais acentuados, contrasta com o Centro e Norte, com altitudes inferiores a 300 m em e em geral relevos mais suaves. Em termos climáticos, o Sul possui precipitações superiores, temperaturas médias mensais e amplitudes térmicas menores do que o Centro-Norte (Pulquério, 2015).

O concelho de Ourém possui um relevo ondulado, desenvolvendo-se entre as cotas 75 e 677 metros, Figura 4.3. A cota mais elevada localiza-se no sul do concelho, na Freguesia de Fátima. A cota mais baixa situa-se na parte este do concelho, na freguesia de Formigais, sendo também nesta parte que se localizam as cotas mais baixas, no vale do rio Nabão e na confluência com os seus principais afluentes: Ribeira do Fárrio, Ribeira de Caxarias, Ribeira do Olival e Ribeira de Seija. No lado oposto, localiza-se a ribeira de Espite, afluente do rio Lis, onde o seu vale apresenta também cotas mais baixas. Apesar de ser na parte sul do concelho que existe predominância das cotas mais elevadas (Freguesia de Fátima), também o extremo norte apresenta cotas elevadas. O relevo é bastante acidentado no norte do concelho na transição entre as bacias hidrográficas do Mondego, Tejo e Lis. Nas principais ribeiras do concelho como é o caso da Ribeira de Seija a altitude média situa-se entre os 200 e 300 metros, (Pulquério, 2015).

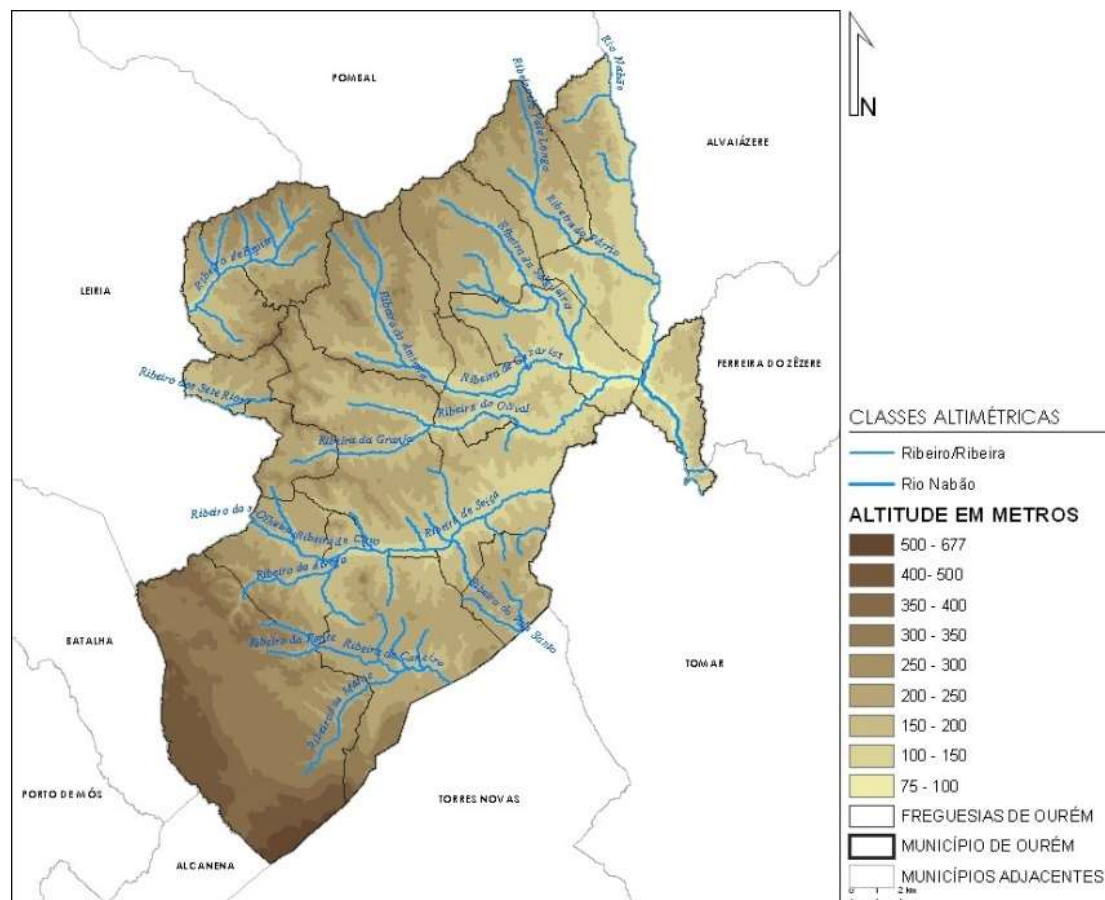


Figura 4.3 - Classes de altitude e rede hidrográfica (M.Ourém, 2012).

O perfil de relevo O-E, Figura 4.5 a, correspondente ao perfil 1 marcado no mapa hipsométrico da Figura 4.4, ilustra o carácter irregular do norte do concelho. As altitudes mais elevadas são referentes à linha de cumeada que separa a bacia hidrográfica do Tejo da bacia hidrográfica do Lis (altitude acima dos 280 m). As flutuações de altitude são referentes aos diferentes vales por onde foi traçado o perfil, correspondendo os valores mais reduzidos ao fundo de vale do rio Nabão. O perfil de relevo NE-SO, Figura 4.5 b, correspondente ao perfil 2 marcado também na Figura 4.4, permite ilustrar as diferenças altimétricas existentes entre os extremos sul e norte do concelho, com altitudes superiores a 450 m a sul, no Planalto de São Mamede (Nível das Pias), que diminuem gradualmente para norte, embora com algumas variações quando o perfil atravessa alguns dos principais vales do concelho, até ao vale do rio Nabão, onde registam as altitudes mais baixas (M.Ourém, 2012).

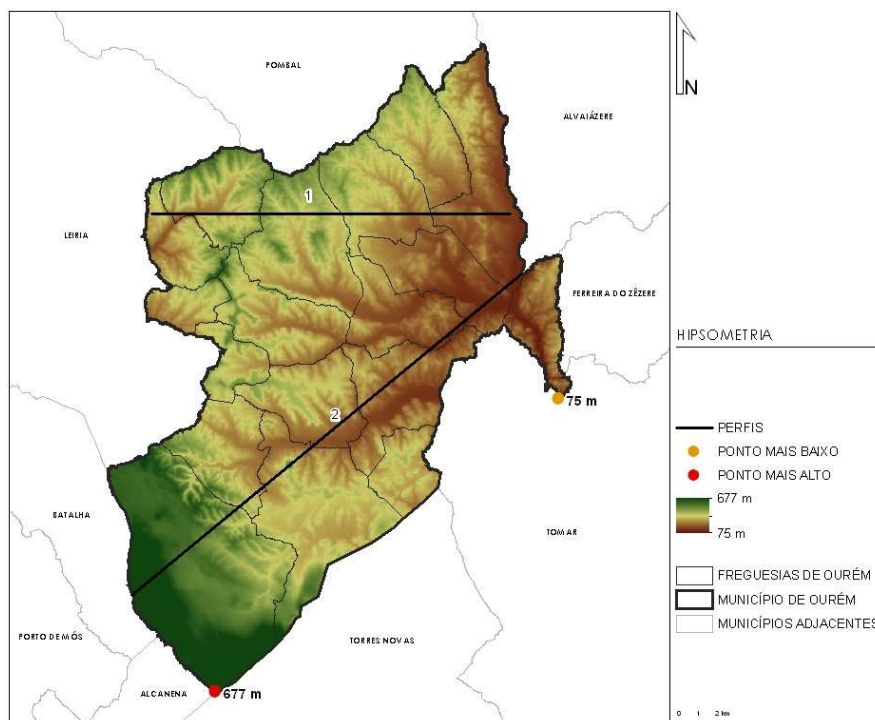
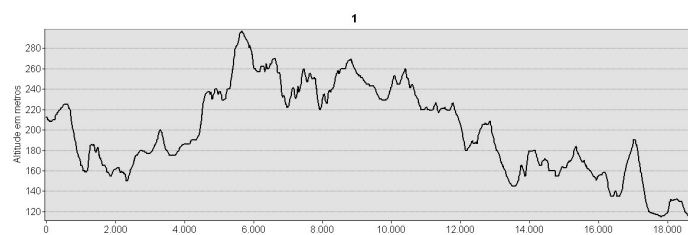
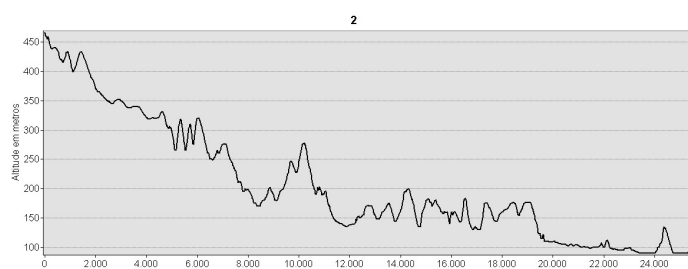


Figura 4.4 - Hipsometria (M.Ourém, 2012).



a) Perfil 1: O-E



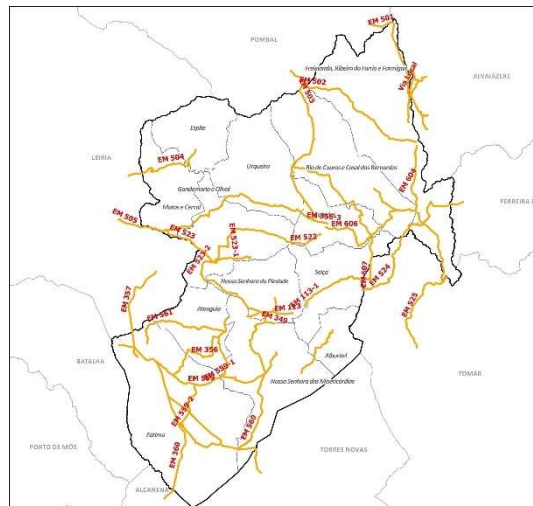
b) Perfil 2: NE-SO

Figura 4.5 - Perfis do relevo (M.Ourém, 2012).

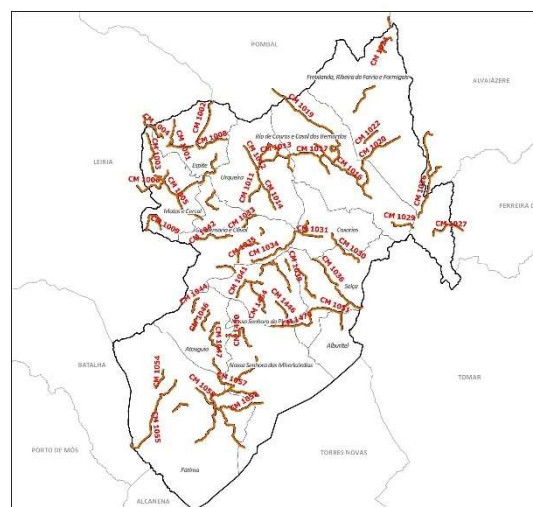
4.2 Caracterização do sistema viário municipal

O sistema viário sob a jurisdição do Município de Ourém é constituído por estradas municipais (EM), caminhos municipais (CM) e outras estradas, caminhos e vias locais.

O município de Ourém é servido por 26 estradas municipais, que perfazem no território municipal uma extensão de 195,1 km. Essas estradas municipais localizam-se um pouco por todo o território concelhio, como se percebe da interpretação da Figura 4.6. No Quadro 4.1 faz-se a referência aos troços de estradas municipais existentes, com a indicação dos lugares servidos e da extensão respetiva. A rede de caminhos municipais é composta por 168,8 km de extensão, distribuídos por 60 vias distintas um pouco por todo o território municipal. Na Figura 4.6 está representado o traçado dessas vias, enquanto no Quadro 4.1 se discriminam esses troços por extensão e por lugar (M.Ourém, 2017).



a) Estradas Municipais



b) Caminhos municipais

Figura 4.6 - Distribuição da rede viária do município de Ourém (M.Ourém, 2017).

Quadro 4.1 - Lugares servidos pela rede viária municipal (M.Ourém, 2017).

a) Estradas Municipais

b) Caminhos Municipais

Via	Extensão	Lugares servidos	Via	Extensão	Lugares servidos	Via	Extensão	Lugares servidos
EM 113	3,7	Nossa Senhora da Piedade	CM 1001	4,2	Espite	CM 1035	2,6	Olival
EM 113-1	4,9	Nossa Senhora da Piedade, Seça	CM 1002	3,3	Espite	CM 1036	2,7	Seça e Caxarias
EM 349	2,4	Nossa Senhora da Piedade, N.ª Senhora das Misericórdias	CM 1003	3	Matas	CM 1038	2,8	Seça
EM 356	13,3	Fátima, Atouguia	CM 1004	1,9	Matas, Espite	CM 1039	0,8	NSP
ER356	18,1	N.S. Piedade, Caxarias Rio de Couros, Freixianda	CM 1005	5,1	Olival, Cercal, Matas	CM 1040	4,2	NSP
EM 356-3	1,4	Caxarias	CM 1006	2,5	Matas	CM 1041	2,7	NSP
EM 357	8,5	Fátima, N.ª Senhora das Misericórdias	CM 1007	5,2	Espite, Urqueira, Matas	CM 1042	2,8	Olival, Gondemaria
EM 360	9,3	Fátima	CM 1008	2,7	Espite	CM 1043	1,5	Gondemaria, NSP
EM 501	7,3	Freixianda	CM 1009	2,8	Cercal	CM 1044	1,2	Atouguia
EM 502	9,6	Freixianda, Rbeira do Fário, Casal dos Bernardos	CM 1011	5,3	Urqueira	CM 1045	0,8	Atouguia
EM 503	11,1	Casal dos Bernardos, Urqueira, Caxarias	CM 1012	2,0	Urqueira	CM 1046	1,6	Atouguia
EM 504	5,5	Espite, Matas	CM 1013	1,2	Urqueira	CM 1047	2,8	Atouguia
EM 505	13,1	Caxarias, Urqueira, Olival, Cercal	CM 1014	2,1	Urqueira	CM 1048	2,4	NSM
EM 522	6,1	Caxarias, Olival	CM 1016	5,9	R. de Couros, C. dos Bernardos	CM 1049	0,8	Seça
EM 523	7,2	Olival, Gondemaria, Cercal	CM 1017	2,8	C. dos Bernardos, Urqueira	CM 1050	2,5	Seça
EM 523-1	3,9	Olival, Gondemaria	CM 1018	1,4	C. dos Bernardos, R. de Couros	CM 1051	3,3	Seça, Alburitel
EM 523-2	6,8	Nossa Senhora da Piedade, Gondemaria	CM 1019	8,0	Casal dos Bernardos	CM 1052	1,2	Alburitel, Seça
EM 524	5,8	Rio de Couros, Formigais	CM 1020	4,7	R. de Couros, C. dos Bernardos, Freixianda	CM 1054	1,5	Fátima
EM 525	9,3	Rio de Couros, Formigais	CM 1021	0,8	Freixianda	CM 1055	6,2	Fátima
EM 559	13,8	Alburitel, N.ª Senhora das Misericórdias, Fátima	CM 1022	1,3	Ribeira do Fário	CM 1056	1,4	Fátima
EM 559-1	3,4	Atouguia, N.ª Senhora das Misericórdias, Fátima	CM 1023	2,7	Ribeira do Fário, Freixianda	CM 1057	8,9	Fátima, NSM, Atouguia
EM 559-2	3,5	Fátima	CM 1024	2,2	Freixianda	CM 1058	5,9	Fátima, NSM
EM 560	15	Nossa Senhora das Misericórdias, Fátima	CM 1026	1,9	Formigais	CM 1059	3,4	Fátima, NSM
EM 561	7,1	Atouguia, Fátima	CM 1027	1,6	Formigais	CM 1060	2,2	NSM
EM 604	4,8	Freixianda, Rio de Couros	CM 1029	1,8	R. de Couros, Formigais	CM 1446	1,4	NS da Piedade
EM 606	7,4	Rio de Couros, Caxarias	CM 1030	3,2	Caxarias, Seça	CM 1448	2,1	Olival
EM 607	10,9	Casal dos Bernardos, Rio de Couros, Caxarias e Seça	CM 1031	1,4	Caxarias	CM 1450	3,3	NSM, Atouguia
			CM 1032	0,7	Olival	CM 1464	2,6	NSP
			CM 1033	1,9	Olival	CM 1470	2,9	Seça, NSP, NSM
			CM 1034	3,1	Olival	CM 1472	3,2	Caxarias, Olival

Legenda: R. de Couros (Rio de Couros), C. dos Bernardos (Casal dos Bernardos), NSP (Nossa Senhora da Piedade), NSM (Nossa Senhora das Misericórdias)

A rede municipal de caminhos e vias locais é formada por todo um conjunto de vias de hierarquia inferior, que não são incluídos na rede nacional, nem nas estradas e caminhos municipais. Essa rede é composta por arruamentos, aceiros, estradas, caminhos florestais e outras vias de menor significado. Na sua totalidade os troços que formam essa rede têm uma extensão de cerca de 3500km, localizados dispersamente por todo o território municipal (M.Ourém, 2017).

4.3 Procedimento de apoio à gestão do parque de pontes

4.3.1 Tratamento SIG dos dados relativos à localização das pontes

Conforme referido no capítulo 3 o inventário é uma das componentes básicas de qualquer sistema de gestão de pontes. No caso do Município de Ourém, já dispõe de inventário das pontes datado de 2001. Trata-se de um documento composto por uma planta de localização das pontes com o código respetivo, assim como de uma ficha de identificação de cada uma das pontes existentes. Neste documento estão representadas não só as pontes sob responsabilidade do município como da responsabilidade de outras entidades, mas cujas pontes se localizam na área geográfica do Concelho de Ourém. Este documento tem sido uma ferramenta muito útil no processo de inspeção e manutenção das pontes sob responsabilidade do Município de Ourém.

Contudo, desde 2001 foram construídas novas pontes, muitas foram reconstruídas, ou seja, foram demolidas e substituídas por novas pontes, outras ainda sofreram intervenções de reparação, reforço ou alargamento do perfil transversal. Para além disso, algumas

pontes desse inventário são da responsabilidade de outras entidades e não do Município de Ourém. Desta forma, o inventário existente encontra-se desatualizado, sendo necessário proceder à sua atualização para se tornar um instrumento ainda mais útil, no âmbito de um sistema de gestão.

Para a atualização do inventário, um dos aspetos que foi ponderado, no contexto deste trabalho, foi o suporte informático sobre o qual seria feita essa atualização. Uma das condições essenciais seria que esse suporte permitisse a inserção dos dados relativos à localização das obras em planta, bem como os dados relativos à respetiva identificação e ainda que fosse uma ferramenta que permitisse a inserção de novos dados, sob a forma de atualizações constantes, e que fosse fácil de gerir.

Optou-se por utilizar a base de dados referente ao Sistema de Informação Geográfica (SIG), por se tratar de uma ferramenta que permite a inserção de dados descritivos relativos à identificação da ponte da mesma forma que permite a sua georreferenciação e a sua localização em planta à escala, com o código de identificação. A ferramenta utilizada foi o “*QuantumGis*”, *software* de informação geográfica open-source.

Os sistemas de informação SIG permitem uma visualização integrada da localização do parque de obras, possibilitando ainda a sobreposição de vários níveis de informação que permite uma gestão integrada do parque de obras com as infraestruturas adjacentes, como por exemplo a definição de corredores de emergência, ou de percursos adequados para transportes especiais (Mendonça, 2017).

Com vista à inserção dos dados de forma sistemática e uniforme para cada ponte, foi criada uma ficha de identificação matriz com um conjunto de dados relativos a cada ponte, nomeadamente, a identificação, o tipo de estrutura e os materiais, dados geométricos, órgãos não estruturais existentes, idade e serviço, inspeções, classificação e cargas. Esta ficha matriz serve ainda para a pesquisa no campo relativa à atualização do inventário em complemento da consulta dos arquivos municipais sobre as alterações ocorridas no parque de pontes municipal.

A inserção dos dados relativos à atualização do inventário processou-se da seguinte forma: foram consideradas obras com um vão total igual ou superior a 2,0m; as pontes que não sofreram qualquer alteração desde 2001 foram introduzidas no sistema de forma direta com as características que já tinham sido identificadas; para as pontes que sofreram alterações desde 2001, nomeadamente, obras de reforço, reparação, ampliação e reconstrução, foram consultados nos arquivos municipais os processos relativos a essas obras e foram tomadas notas das intervenções e alterações efetuadas. Seguidamente efetuou-se uma visita ao local de cada ponte intervencionada a fim de averiguar a conformidade do previsto no projeto com os trabalhos realizados em obra, para que a informação a inserir no inventário fosse a mais exata e completa possível.

No final é obtida uma ficha de identificação relativa a cada ponte com um conjunto de informação respeitante a essa ponte, conforme se mostra na Figura 4.7.

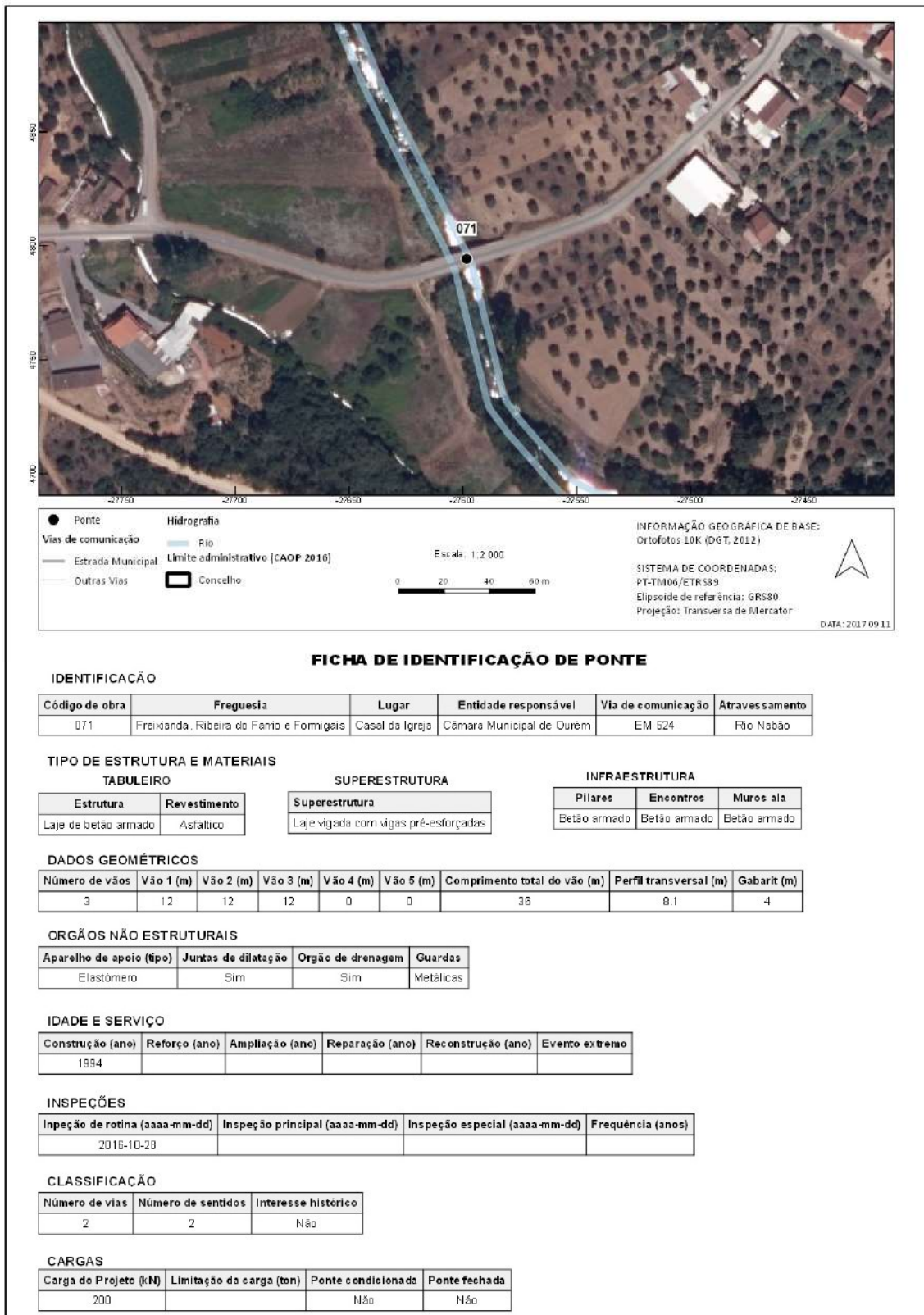


Figura 4.7 - Ficha de identificação de ponte.

Os dados que constam na ficha são resumidamente os seguintes:

- i.* Identificação – dados gerais sobre a identificação e a localização da ponte e dados administrativos tais como a entidade responsável;
- ii.* Tipo de estrutura e materiais – tipologia do tabuleiro e materiais, tipologia da superestrutura e materiais e tipologia da subestrutura e materiais;
- iii.* Dados geométricos da ponte – informação relativa ao número de vãos, à dimensão dos vãos e do vão total, perfil transversal e *gabarit*;
- iv.* Órgãos não estruturais – existência de órgãos não estruturais tais como, aparelhos de apoio, juntas de dilatação;
- v.* Idade e serviço – informação relativa à idade da ponte, ano de construção, datas das intervenções mais significativas, tais como o reforço, o alargamento ou a reconstrução;
- vi.* Inspeções – datas de realização dos diversos tipos de inspeção;
- vii.* Classificação – o número de vias e de sentidos de tráfego, informação sobre o seu interesse histórico;
- viii.* Cargas – a sobrecarga de projeto máxima com que ponte foi projetada, ponte condicionada por limitação de carga, ponte fechada.

4.3.2 A rede de pontes da responsabilidade do município de Ourém

A rede de pontes sob responsabilidade do Município de Ourém compreende um total de 159 pontes, distribuídas em Estradas Municipais, Caminhos Municipais e caminhos e vias locais, conforme se pode ver na Figura 4.8 obtida do inventário efetuado. Conforme se referiu na secção anterior as pontes consideradas para este efeito têm um vão total mínimo de 2,0m, foram mandadas construir por entidades públicas e situam-se em vias públicas.

Pese embora algumas pontes não se situarem em vias sob jurisdição direta do município, como é o caso de pontes situadas em caminhos e vias locais, cuja manutenção, por norma, está a cargo das juntas de freguesia, na prática tem sido o município a assumir a responsabilidade pela manutenção das pontes localizadas nessas vias devido ao facto de as juntas de freguesia não possuírem recursos técnicos nem financeiros para esse efeito.

Sobre este aspeto (Sousa, 2016) considera que, quando se analisa um parque de obras de arte associado a um determinado município, deve-se ter em consideração não só as obras de arte sob responsabilidade direta da Câmara Municipal, mas também as tuteladas pelas Juntas de Freguesia. A análise de conjunto permite obter uma visão mais próxima da realidade uma vez que as Câmaras Municipais, para além das estruturas que tutelam diretamente, prestam apoio técnico e financeiro na resolução de problemas associados às obras de arte inseridas em vias sob a responsabilidade das Juntas de Freguesia.

Assim estas pontes quer seja pela via das inspeções periódicas e da assistência técnica, quer seja pela via financeira,, acabam por depender da ação do município. Desta forma,

na presente dissertação, optou-se por incluir também estas pontes no inventário mencionado nesta dissertação.

Pontes sob responsabilidade do Município de Ourém

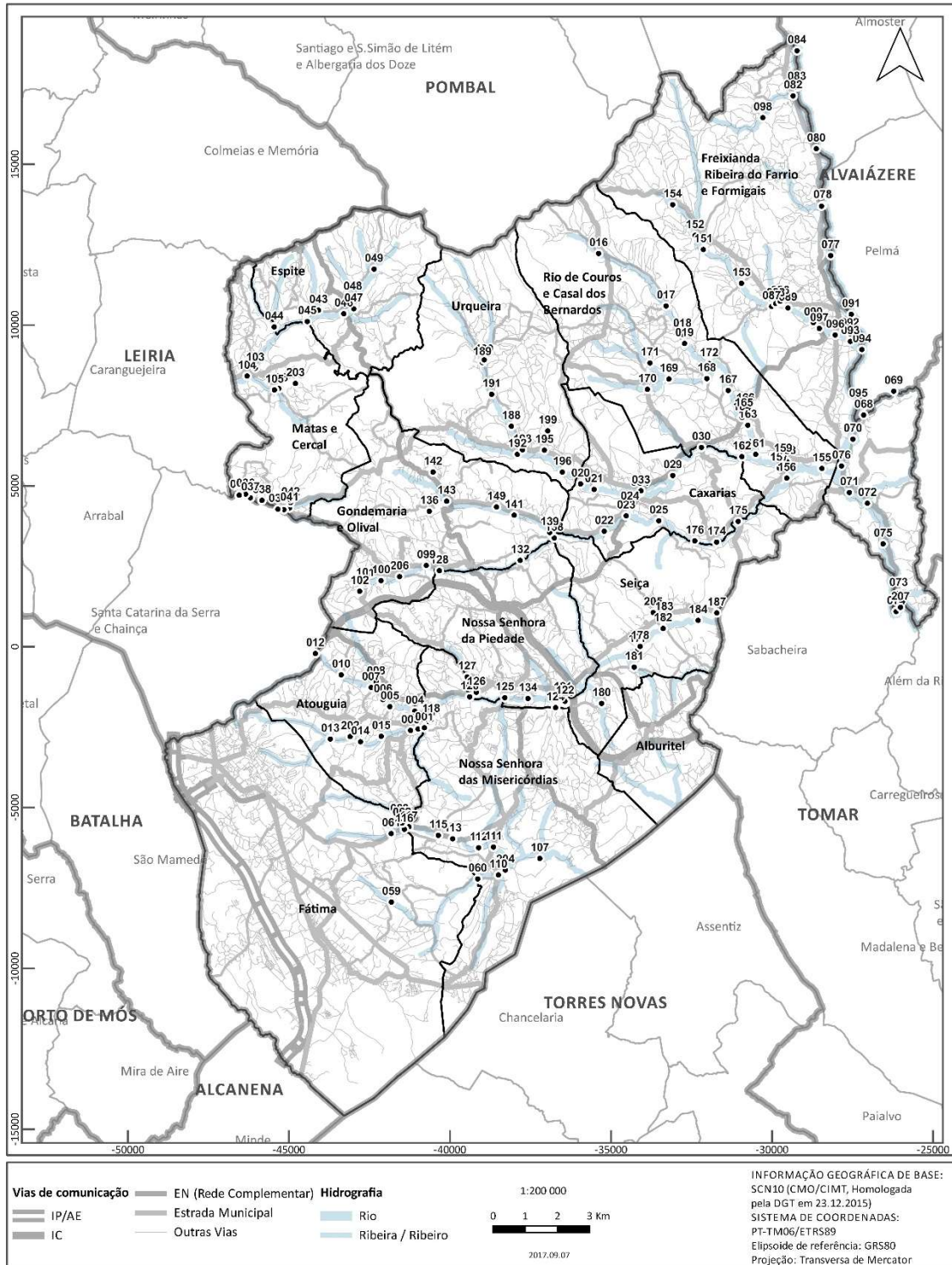


Figura 4.8 - Planta de localização das pontes sob responsabilidade do Município de Ourém.

4.3.3 Tipologia, materiais, idade, distribuição geográfica

O conjunto de pontes sob responsabilidade do Município de Ourém, no total 159 pontes, apresenta uma grande diversidade quanto à tipologia, aos materiais e à idade. Existe dificuldade em caracterizar e classificar convenientemente algumas pontes quanto ao material com qual são constituídas porque as mesmas sofreram intervenções ao longo do tempo incluindo alterações do tipo de material de alguns dos seus componentes. Um exemplo disso é o caso de pontes que originalmente foram contruídas com encontros em alvenaria de pedra, tabuleiro e superestrutura em madeira. Em algumas dessas pontes em determinada data, da qual não existe registo na maior parte dos casos, a superestrutura e o tabuleiro de madeira foram substituídos por um tabuleiro em laje de betão suportada por vigas de betão armado, laje vigada. Quanto aos encontros em pedra, mantiveram-se, mas foram rebocados com argamassa de cimento e foram ampliados lateralmente com betão armado para ajudar a suportar a laje de tabuleiro e a superestrutura.

Na Figura 4.9 apresentam-se as pontes do inventário segundo a tipologia do tabuleiro e o material. Conforme se pode verificar a tipologia maioritária é a laje de betão armado. Verifica-se também a existência, ainda que em menor número, de um conjunto de pontes com laje de pedra. No Quadro 4.2 indicam-se os códigos das pontes relativamente à tipologia e material do tabuleiro.

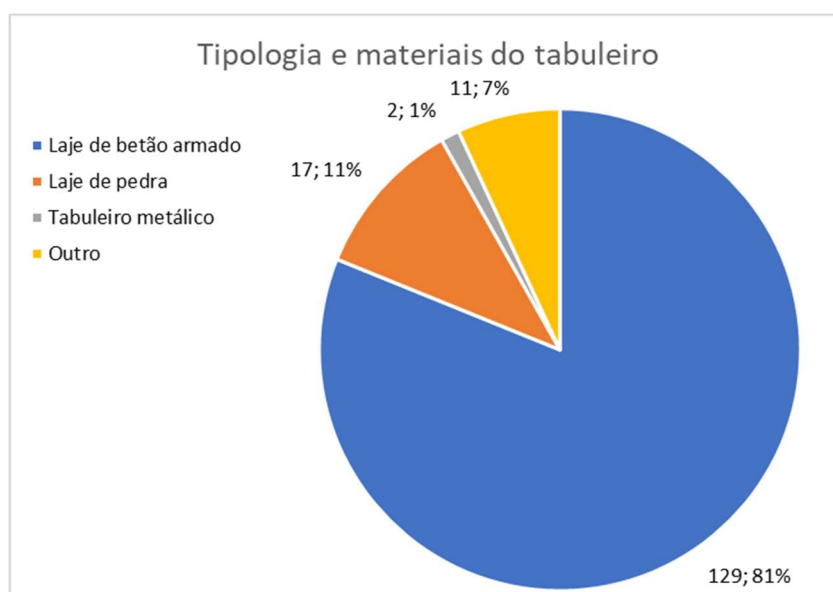


Figura 4.9 - Tipologia e material do tabuleiro das pontes do inventário.

Quadro 4.2 – Código das pontes relativamente à tipologia e material do tabuleiro.

Tipologia	Código da ponte
Laje de betão armado	1 3 4 6 7 13 14 16 19 20 21 24 30 33 34 35 36 37 38 39 40 41 43 44 46 47 48 49 59 61 63 68 69 70 71 72 73 74 76 78 79 80 82 83 84 85 86 87 89 90 91 92 93 94 95 96 98 99 100 101 102 103 104 105 107 110 111 112 113 115 116 117 121 122 123 124 125 126 127 128 134 136 138 139 142 143 149 151 152 153 154 155 156 157 158 159 161 161 163 165 166 167 168 169 170 171 172 174 175 176 177 180 182 183 184 187 188 189 190 191 192 193 195 196 199 203 204 205 206
Laje de pedra	2 10 23 25 29 60 62 77 97 106 118 120 132 141 164 178 181
Tabuleiro metálico	75 207
Outro	5 8 12 15 17 18 22 42 45 88 202

Na Figura 4.10 mostra-se a tipologia e o material da superestrutura. Conforme se pode verificar a tipologia que existe em maior número é a superestrutura em laje maciça de betão armado com 37% do total de pontes. A segunda tipologia mais frequente é a superestrutura em arco de alvenaria com 23%. A tipologia que surge em terceiro lugar e com 22% é a laje vigada com vigas de betão armado. No Quadro 4.3 indicam-se os códigos das pontes relativamente à tipologia e material da superestrutura.

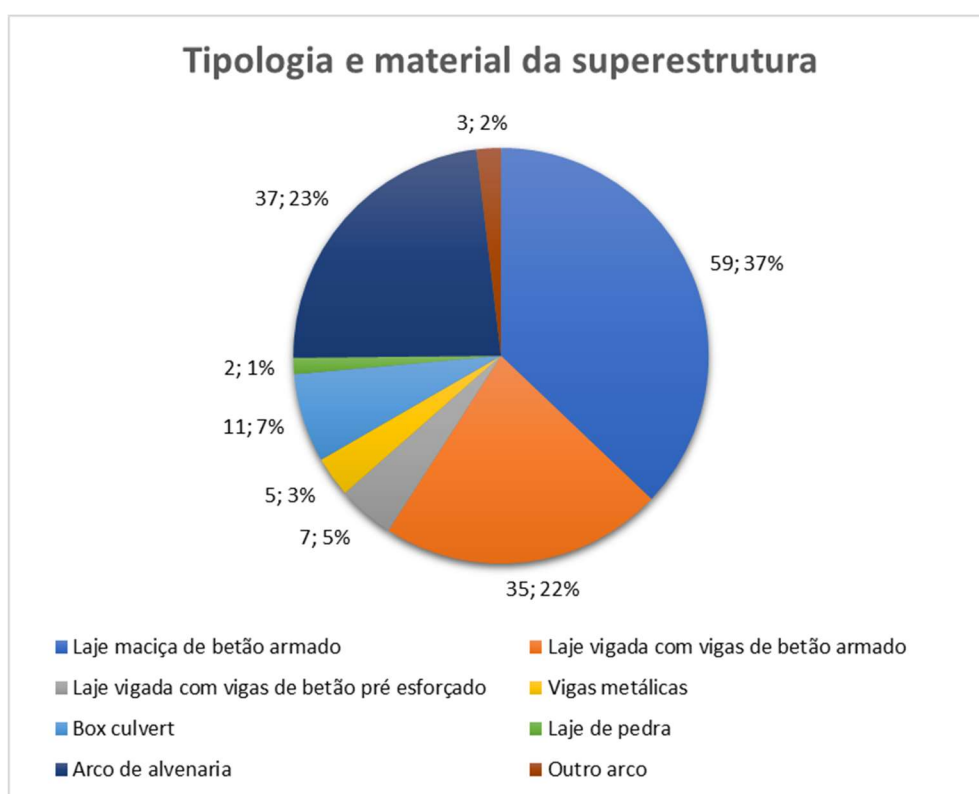


Figura 4.10 - Tipologia e material da superestrutura.

Quadro 4.3 – Código das pontes relativamente à tipologia e material da superestrutura.

Tipologia e material da superestrutura	Código da ponte
Laje maciça de betão armado	4 7 14 19 20 21 24 33 35 36 37 38 39 40 43 44 59 61 63 72 73 79 82 84 85 86 92 98 99 100 101 102 111 115 117 123 124 127 136 142 143 149 156 158 159 165 170 187 188 189 190 192 195 196 203 204 205 206
Laje vigada com vigas de betão armado	1 6 13 68 69 74 90 93 96 103 105 107 112 113 121 122 128 138 139 151 152 154 155 157 161 163 166 167 168 169 171 172 174 177 184
Laje vigada com vigas de betão pré esforçado	30 71 76 78 91 94 134
Vigas metálicas	75 80 83 95 207
Box culvert	17 22 42 45 70 88 89 104 126 199 202
Laje de pedra	10 62
Arco de alvenaria	2 3 5 8 15 23 25 29 34 41 46 47 48 49 77 87 97 106 110 116 118 120 125 132 141 153 162 164 175 176 178 180 181 182 183 191 193
Outro arco	12 18 60

Na Figura 4.11 mostra-se o período da construção das pontes do inventário. Conforme se pode verificar existe um conjunto maioritário de pontes cujo ano de construção não foi possível de determinar no âmbito da realização do inventário, 96 pontes, 60%. Eventualmente este número tende a ser menor quanto mais o tempo empregue na pesquisa. Desde o ano de 1985 inclusive até à presente data foram construídas de raiz 33 novas pontes, 21%. Entre 1950 inclusive e até 1985 foram contruídas 17 pontes, 11%. Antes de 1950 foram construídas 13 pontes, 8%. No Quadro 4.4 indicam-se os códigos das pontes relativamente ao ano de construção.

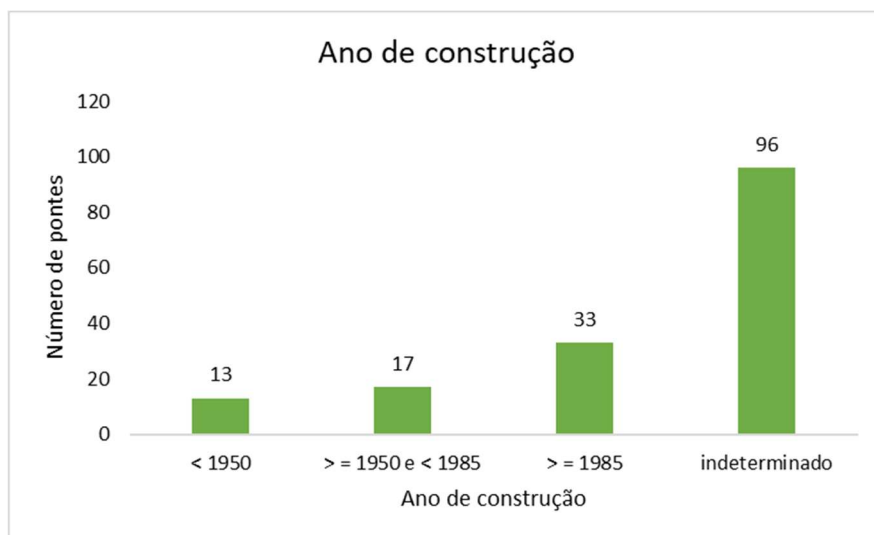


Figura 4.11 - Ano de construção das pontes do inventário.

Quadro 4.4 – Código das pontes relativamente ao ano de construção.

Ano de construção	Código da ponte
< 1950	2 5 7 8 15 41 77 120 164 175 176 178 181
>= 1950 e < 1985	1 6 20 36 68 69 70 72 91 152 154 155 169 188 189 190 192
>= 1985	13 14 16 18 40 43 71 74 76 78 90 93 102 107 112 113 121 122 123 128 134 142 151 174 177 196 199 202 203 204 205 206 207
Indeterminado	3 4 10 12 17 19 21 22 23 24 25 29 30 33 34 35 37 38 39 42 44 45 46 47 48 49 59 60 61 62 63 73 75 79 80 82 83 84 85 86 87 88 89 92 94 95 96 97 98 99 100 101 103 104 105 106 110 111 115 116 117 118 124 125 126 127 132 136 138 139 141 143 149 153 156 157 158 159 161 162 163 165 166 167 168 170 172 180 182 183 184 187 191 193

Na Figura 4.12 representam-se as pontes do inventário segundo a dimensão do seu vão total, verificando-se que a maioria das pontes existentes tem o vão total superior ou igual a dois metros e inferior a cinco metros, 101 pontes, 63%. Relembra-se que uma das condicionantes do inventário era que a ponte tivesse um vão total mínimo de dois metros. Em segundo lugar surgem as pontes cujo vão total é igual ou superior a cinco metros e inferior a dez metros, 41 pontes, 26%. Em último lugar verifica-se a existência de 17 pontes com vão superior ou igual a dez metros, 11%. No Quadro 4.5 indicam-se os códigos das pontes relativamente ao comprimento do vão.

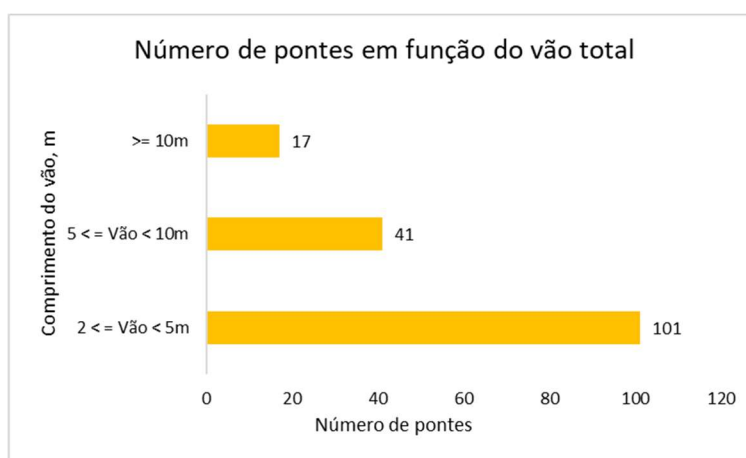


Figura 4.12 - Distribuição das pontes em função do vão.

Quadro 4.5 – Código das pontes relativamente ao comprimento do vão.

Vão total	Código da ponte
2 <= Vão < 5m	1 2 3 4 5 6 7 8 10 12 13 14 15 16 18 19 20 21 33 35 36 38 39 40 41 42 43 44 47 48 49 59 60 61 62 63 70 73 79 82 85 86 87 88 89 92 97 98 99 101 102 105 106 110 111 113 115 116 117 118 122 123 124 127 128 136 139 141 142 143 149 151 152 154 158 159 161 163 166 167 168 169 170 171 172 181 183 187 188 189 190 191 192 193 195 196 199 202 203 205 206
5 <= Vão < 10m	17 22 23 24 25 29 37 45 46 69 80 83 84 90 93 96 100 103 104 107 112 120 121 126 132 138 153 155 156 162 164 165 174 175 176 177 178 180 182 184 204
>= 10m	10 34 68 71 72 74 75 76 77 78 91 94 95 125 134 157 207

A Figura 4.13 é respeitante ao conjunto de pontes que foram objeto de intervenção, ao nível da reconstrução, da reparação, da ampliação e do reforço, em data conhecida, indicando também o código dessas pontes na legenda. É provável que exista ainda um conjunto significativo de pontes que foram objeto de intervenção, mas cuja data não foi possível determinar. Das pontes intervencionadas destacam-se, pelo seu elevado número, as pontes objeto de ampliação (essencialmente alargamento do perfil transversal) num total de 25 pontes. Este número eventualmente terá sido motivado por duas razões e que são, o aumento do volume de tráfego nessa via e o aumento da dimensão das viaturas.

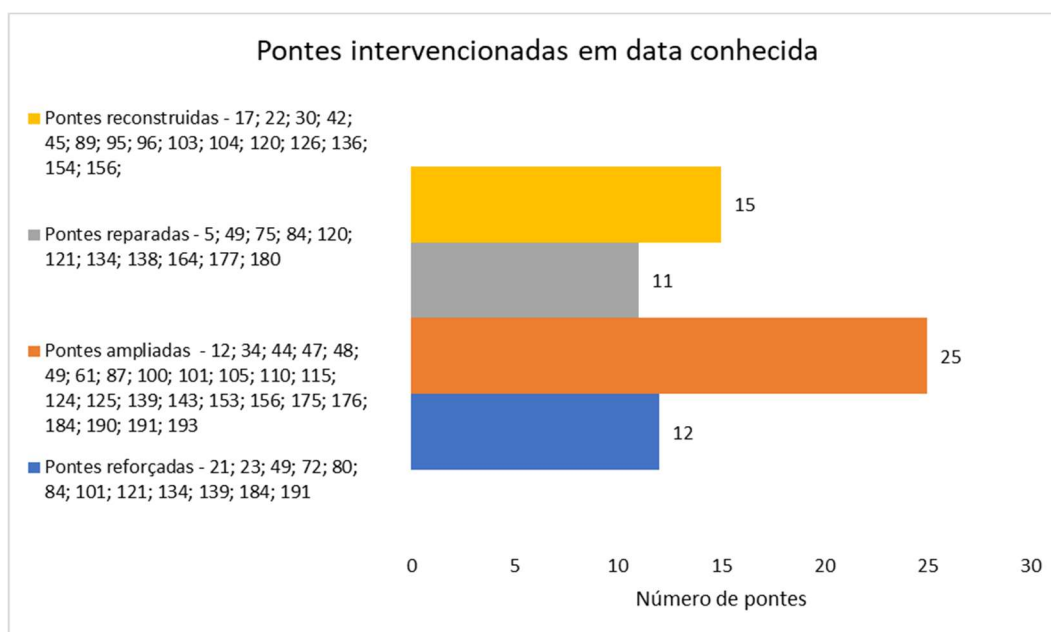


Figura 4.13 - Pontes que foram objeto de intervenção em data conhecida.

O município de Ourém reparte com três municípios vizinhos, Alvaiázere, Leiria e Tomar a responsabilidade pela manutenção de um conjunto de pontes, em locais onde a extrema dos concelhos se desenvolve ao longo do eixo longitudinal do rio Quadro 4.6.

Quadro 4.6 – Pontes cuja responsabilidade de gestão é repartida com concelhos vizinhos.

Municípios	N.º de pontes	Freguesias	Código da ponte
Ourém/ Álvaiázere	3	União das Freguesias de Freixianda Ribeira do Fárrio e Fomigais / Almoester	80 83 84
Ourém/ Álvaiázere	8	União das Freguesias de Freixianda Ribeira do Fárrio e Fomigais / Pelmá	68 69 77 78 80 91 94 95
Ourém/ Leiria	5	União das Freguesias de Matas e Cercal / União das Freguesias de Santa Catarina da Serra e Chainça	35 36 37 38 39
Ourém/ Leiria	1	Atougua / União das Freguesias de Santa Catarina da Serra e Chainça	12
Ourém/ Tomar	2	União das Freguesias de Freixianda Ribeira do Fárrio e Fomigais / Sabacheira	74 207

No inventário existe um conjunto de pontes, Figura 4.14, que estão referenciadas como tendo valor patrimonial, na proposta de valores patrimoniais a integrar na revisão do PDM em curso (M. Ourém, 2011). Tratam-se das pontes com código de identificação 2, 5, 120, 164 e 178, com uma tipologia em arco de alvenaria de pedra, exceto a ponte com código 5 cujo arco é em alvenaria de tijolo. O referido documento referencia ainda mais duas pontes, que são a ponte sobre a Ribeira de Seiça na EN 113 na Olaia, Seiça e a ponte sobre a Ribeira de Seiça na EN 113-1, no Estremadouro, Seiça. Não obstante, estas duas pontes não integram o inventário uma vez que estão sob jurisdição das Infraestruturas de Portugal.

Para além das pontes anteriormente referidas, presume-se no, contexto deste trabalho, que exista pelo menos mais uma ponte que reúne condições para idêntica referenciação. Trata-se da ponte com três arcos de alvenaria de pedra, datada de 1903, com o código 77, localizada na ER 356, recentemente desclassificada, situada na Freixianda, no limite do concelho de Ourém com Município de Alvaiázere, sobre o Rio Nabão.

Existe um conjunto de cuidados a observar com as estruturas que se enquadram no património arquitetónico, em particular ao nível das intervenções. A conservação, o reforço e restauro do património arquitetónico requerem uma abordagem multidisciplinar (Lourenço & Oliveira, 2004).

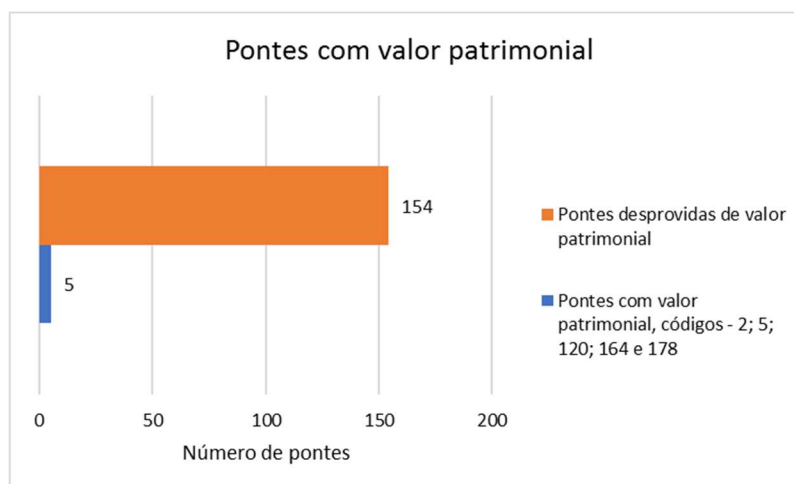


Figura 4.14 - Pontes com valor patrimonial.

4.4 Considerações finais

Com as matérias expostas neste capítulo pretendeu-se de forma resumida recolher informação sobre a morfologia do Concelho de Ourém e a estrutura da rede viária sob a sua jurisdição.

Com o trabalho realizado relativo à atualização do inventário considera-se que constitui um passo inovador e muito importante para o conhecimento do parque de pontes municipal que é necessário gerir e manter. Nomeadamente permite dotar o município de uma ferramenta imprescindível num âmbito de um qualquer sistema de gestão de pontes, qualquer que ele seja, uma vez que no âmbito da manutenção e gestão de uma qualquer infraestrutura é, antes de mais, necessário conhecer aquilo que existe, para se fazer uma gestão e manutenção correta dessa infraestrutura.

Desta forma os conteúdos deste capítulo são considerados essenciais para o capítulo seguinte que é referente ao estudo de um conjunto de pontes selecionadas do inventário e relativamente às quais será efetuada uma campanha de inspeções e de avaliação do estado de conservação dos seus elementos.

5 ESTUDO DE UM CONJUNTO DE PONTES

5.1 Considerações iniciais

Neste capítulo apresenta-se e discute-se o estudo de um conjunto de pontes existentes na rede rodoviária do Município de Ourém realizado com o objetivo de inspecionar e avaliar o seu estado de conservação. Para o efeito foram selecionadas do inventário atualizado dezasseis pontes de betão armado.

5.1.1 Critérios de seleção das pontes inspecionadas

Foram selecionadas, tendo como critérios, pontes construídas em betão armado (por ser o material mais utilizado no parque de pontes municipal), representativas das tipologias mais frequentes na rede rodoviária do município e cujo estado de conservação oferece algumas dúvidas e que importa investigar.

A inspeção das dezasseis pontes foi efetuada de acordo com a metodologia descrita no capítulo 3.

Antes dos trabalhos de campo procedeu-se à consulta dos projetos disponíveis no arquivo municipal, para recolha de informações e permitir um primeiro contacto com a ponte a inspecionar. De notar que, apesar da idade avançada das estruturas inspecionadas, foi possível localizar e consultar os projetos de 6 das 16 pontes.

A inspeção foi realizada com base em observações visuais, sem realização de qualquer ensaio de avaliação e diagnóstico. Os instrumentos utilizados na inspeção foram a máquina fotográfica, a fita métrica, a lanterna, o canivete e os binóculos. As inspeções realizaram-se todas durante o período da manhã por ser a parte do dia mais vantajosa para a realização de registos fotográficos das anomalias face à existência de mais luz solar.

Cada inspeção demorou em média duas horas. Nesse espaço de tempo procedeu-se à realização de desenhos esquemáticos da ponte à mão levantada, incluindo detalhes do tabuleiro, alçados, face inferior do tabuleiro, encontros, pilares e leito. Para além disso também foram feitas medições da geometria dos elementos da ponte. As anomalias encontradas foram então analisadas no local, fotografadas, medidas e registadas nos esquemas feitos à mão no local respetivo. Este trabalho foi repetido para as dezasseis pontes inspecionadas.

A campanha de inspeções decorreu entre 28 de outubro de 2016 e 13 de janeiro de 2017. O período em que se realizaram as inspeções é considerado um período bastante crítico para a realização deste trabalho, uma vez que abrangeu uma parte da estação de outono e uma parte da estação de inverno, estações em que, normalmente chove mais e os caudais dos rios são mais elevados. Atendendo a que a inspeção de uma ponte, nomeadamente as

inspeções visuais de rotina, sem o auxílio de grandes meios, requer a presença do inspetor durante algum tempo no leito dos rios para inspecionar os elementos da ponte que requeiram a visualização desse local, toda essa tarefa poderia ter sido bastante dificultada ou mesmo condicionada. Contudo, no período em que decorreram as inspeções, os níveis de pluviosidade situaram-se abaixo do normal para essa época e, conseqüentemente, os caudais mantiveram-se quase inalteráveis relativamente ao verão de 2016, conforme se depreende das fotos tiradas a duas pontes inspecionadas em datas diferentes, representadas na Figura 5.1. Esta situação foi comum às restantes linhas de água, o que favoreceu bastante o trabalho de inspeção.

Numa fase posterior procedeu-se à realização de trabalho de gabinete de tratamento dos dados de campo. Esse trabalho consistiu nas seguintes tarefas:

- i.* Elaboração de uma ficha com as várias componentes e elementos da ponte e anotação das anomalias registadas e de outras observações;
- ii.* Elaboração de um mapa de danos com as fotografias dos danos mais significativos anotados na ficha;
- iii.* Análise das anomalias anotadas no trabalho de campo;
- iv.* Classificação do estado de conservação;
- v.* Análise dos resultados e identificação de medidas de intervenção.



a) Rio Nabão, 28 de outubro 2016



b) Ribeira de Seiça, 13 de janeiro 2017

Figura 5.1 - Nível muito baixo do caudal.

Nas secções seguintes apresentam-se os resultados relativos às pontes inspecionadas começando por descrever na secção 5.2 as características gerais de todas as pontes. Para um dos casos (a ponte 155) é apresentado em detalhe todo o trabalho realizado no contexto desta dissertação, incluindo um comentário geral ao estado de conservação da ponte (secção 5.3). Finalmente na secção 5.4 é feita a apresentação e análise dos resultados de todas as pontes inspecionadas.

5.2 Descrição geral das pontes inspeccionadas

No Quadro 5.1 são apresentadas as características gerais das pontes selecionadas e a data em que se realizou a inspeção. No Quadro 5.2 resumem-se os resultados de medição dos elementos de cada ponte de acordo com os critérios mencionados anteriormente.

Quadro 5.1 - Resumo das pontes estudadas e datas de inspeção.

Código da ponte	Material de construção	Numero de tramos	Vão total (m)	Via onde se insere	Travessia efectuada	Lugar	Data de inspeção
21	BA	1	3,80	Via local	Ribeira de Caxarias	Caxarias	02-jan-17
43	BA	1	3,50	CM1001	Ribeira Vale Faria	Espite	29-dez-16
71	BAPE	3	36,00	Via local	Rio Nabão	Formigais	28-out-16
76	BAPE	1	24,00	EM525	Rio Nabão	Formigais	09-jan-17
90	BA	1	6,00	Via local	Ribeira do Farrio	Freixianda	06-jan-17
96	BA	1	5,00	EM604	Ribeira do Farrio	Freixianda	03-jan-17
101	BA	3	4,85	EM523-2	Linha agua	Gondemaria	02-dez-16
121	BA	1	6,40	Via local	Ribeira de Seiça	NSP/Seiça	13-jan-17
134	BAPE	1	17,00	Via local	Ribeira de Seiça	NSP	11-jan-17
138	BA	1	5,10	Via local	Linha de água	Olival/Seiça	30-dez-16
151	BA	1	4,20	Via local	Ribeira do Farrio	Ribeira do Fário	05-jan-17
155	BA	1	9,90	Via local	Ribeira do Olival	Rio de Couros	29-nov-16
157	BA	1	16,50	EM606	Ribeira de Caxarias	Rio de Couros	27-dez-16
169	BA	1	4,10	Via local	Ribeiro do Regato	Rio de Couros	28-dez-16
172	BA	1	4,50	Via local	Ribeira Engenhos	Rio de Couros	10-jan-17
177	BA	1	5,15	Via local	Ribeira de Seiça	Seiça	12-jan-17

BA - Betão Armado; BAPE - Betão Armado e Pré Esforçado

Quadro 5.2 - Quantificação dos elementos das pontes inspeccionadas.

Elementos da ponte	Un	Código da ponte															
		21	43	71	76	90	96	101	121	134	138	151	155	157	169	172	177
Tabuleiro																	
Laje de tabuleiro	m ²	25,7	29,6	324,0	219,1	45,7	41,9	49,0	44,3	205,2	30,1	32,2	52,8	98,3	24,6	29,5	33,1
Revestimento tabuleiro	m ²	23,4	21,5	258,5	156,7	35,2	29,4	34,4	28,4	153,9	26,0	25,1	30,7	68,3	18,7	21,9	24,2
Drenagem	un		2,0	6,0	4,0								4,0		1,0		
Juntas de dilatação	m			18,0	18,3					24,1			10,6				
Zona de transição	m ²	40,5	64,5	90,0	91,3	76,1	51,3	30,3	60,0	96,6	47,2	53,7	42,6	65,5	36,8	65,5	64,2
Guardas (metálica)	m	11,6	9,0	72,0	48,0	12,0	9,8	9,7	11,8	34,0	10,2	8,4	19,8	30,0	8,0	9,0	10,3
Guardas (betão)	m	11,6	9,0			12,0	9,8	9,7	11,8		10,2	8,4	19,8	30,0	8,0	9,0	10,3
Superestrutura																	
Vigas BA	m					18,0	14,7	3,5	17,7		15,3	12,6	19,8	82,7	12,0	13,5	15,5
Vigas transversais	m												16,1	17,8			
Vigas BAPE	m			252,0	168,0					119,0							
Carlingas de pilares	m			18,0													
Carlingas de encontros	m			18,0						24,1			8,1				
Aparelhos de apoio	un			42,0	14,0					14,0							
Infraestrutura																	
Pilares	un			4,0													
Pilares parede	m							25,8									
Vigas de pilar	m			18,0													
Encontros	m	13,5	16,9	18,0	18,3	31,2	33,1	20,2	15,0	24,1	19,3	31,3	10,7	13,1	12,3	21,1	21,8

5.3 Inspeção da ponte 155

5.3.1 Descrição geral da ponte

A apresentação da metodologia para o caso da ponte com o código 155, deveu-se ao facto de ser uma das obras inspecionadas que se encontra em pior estado de conservação. Para as restantes pontes, atendendo à quantidade de material gráfico e descritivo resultante do processo de inspeção e de classificação, optou-se por apresentar em anexo a ficha de inspeção e classificação, o registo fotográfico das anomalias mais importantes e os esquemas de campo (Anexo A1).

A ponte 155, localiza-se sobre a Ribeira do Olival, inserida numa via pavimentada, no lugar da Soalheira, União das Freguesias de Rio de Couros e de Casal dos Bernardos, Figura 5.2.



a) Planta de localização

b) Vista geral

Figura 5.2 - Planta de localização (carta militar) e vista geral da ponte 155.

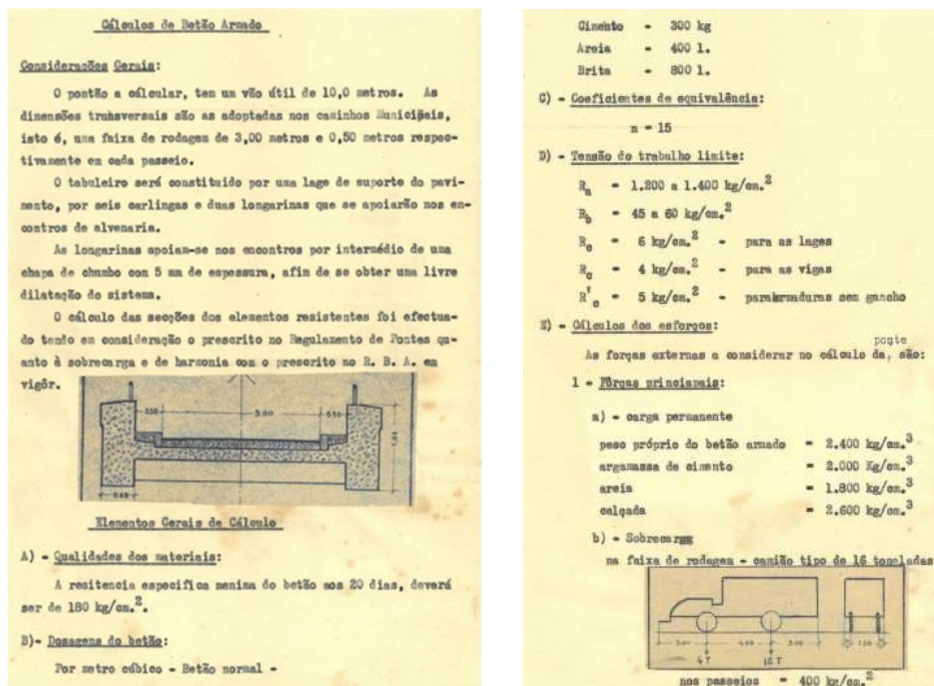
Pela pesquisa no arquivo municipal, verificou-se que o projeto foi realizado no ano de 1951, Figura 5.3, no então Ministério das Obras Públicas, com autoria do Agente Técnico de Engenharia Luís Lopes, e enviado ao município de Ourém.



Figura 5.3 - Capa do projeto da ponte com código de identificação (M. Públicas, 1951).

Em 1951 o regulamento português em vigor no domínio das estruturas de betão era o Regulamento do Betão Armado (RBA) – Decreto n.º 25948 de 16/10/1935, com as alterações introduzidas pelo Decreto n.º 33021 de 02/09/1943. No domínio das ações o regulamento português em vigor era o regulamento das pontes metálicas – decreto n.º 16781 de 27/04/1929, com diversas alterações até ao ano de 1958. Conforme se pode ver no texto relativo aos cálculos de betão armado da Figura 5.4, é feita menção ao Regulamento do Betão Armado, RBA.

A ponte em estudo é uma ponte com tabuleiro em laje vigada de betão armado, apoiado em duas vigas longitudinais que vencem um vão de 9,90m e com secção de 0,65x1,60m² e carlingas intermédias e de encontro com secção de 0,40x0,40m². As vigas longitudinais apoiam em encontros de alvenaria hidráulica rebocada com argamassa de cimento. As guardas são de betão armado, dispendo de corrimão de ferro galvanizado. A ponte tem um perfil transversal tipo de 3,00m para a faixa de rodagem mais 0,50m para cada passeio, as guardas têm uma largura de 0,65m cada. Para melhor compreensão desta estrutura pode ser visualizada a Figura 5.4, onde estão incluídas algumas considerações gerais sobre a ponte como o tipo de betão empregue, bem como a referência a algumas cargas e sobrecargas de projeto.

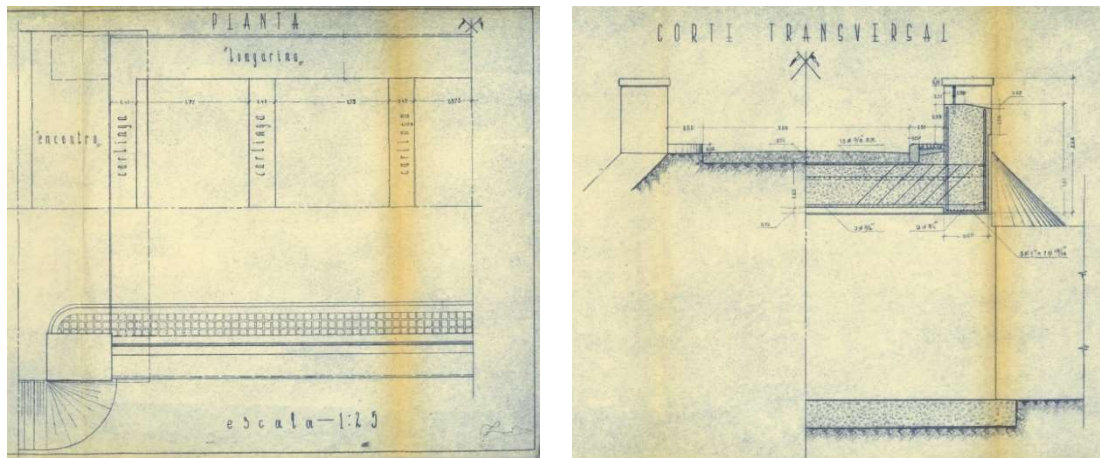


a) Regulamentos e materiais

b) Referências às cargas

Figura 5.4 - Elementos descritivos do projeto (M. Públicas, 1951).

A Figura 5.5 representa a planta do tabuleiro (a) e um corte transversal do tabuleiro (b) e a Figura 5.6 refere-se ao alçado longitudinal e corte parcial longitudinal.



a) Planta do tabuleiro

b) Corte transversal

Figura 5.5 - Peças desenhadas do projeto (M. Públicas, 1951).

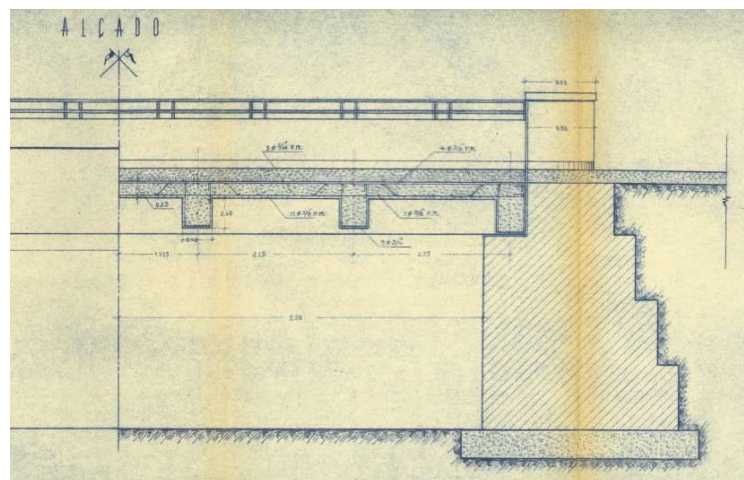


Figura 5.6 - Alçados e corte parcial (M. Públicas, 1951).

A Figura 5.7 representa pormenores da armadura das vigas longitudinais (longarinas), onde se visualiza o número, o diâmetro e a disposição dos varões de aço na viga.

Na Figura 5.8 apresenta-se um registo fotográfico geral da ponte em estudo, realizado no dia 29 de novembro de 2016, data da inspeção visual.

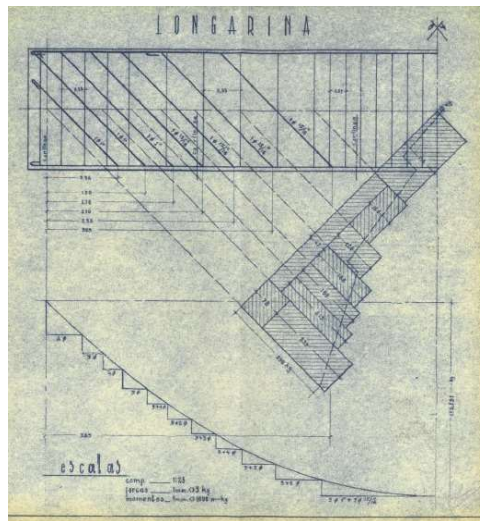


Figura 5.7 - Pormenor das armaduras das vigas longitudinais (M. Públicas, 1951).



a) Tabuleiro



b) Vista de jusante



c) Vista de montante



d) Vista face inferior tabuleiro

Figura 5.8 - Vista geral da ponte 155.

Medição dos elementos constituintes da ponte

De acordo com a metodologia usada, procedeu-se à medição dos elementos da ponte, designadamente, laje de tabuleiro, vigas, pilares encontros, aparelhos de apoio, juntas de dilatação, guardas laterais, sistema de drenagem, revestimento do tabuleiro, zona de transição via/ponte, de acordo com os resultados mostrados no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 - Medição dos elementos da ponte 155.

Código de ponte	155	
Elemento	Quantidade total de elementos	Un
Tabuleiro		
Laje de betão armado	52,8	m ²
Pavimento	30,7	m ²
Sistema de drenagem	4,0	un
Juntas de dilatação	10,6	m
Zona de transição		
Revestimento betuminoso	42,6	m ²
Guardas de protecção		
Parte metálica da guarda	19,8	m
Parte de betão da guarda	19,8	m
Superestrutura		
Vigas de betão armado	19,8	m
Vigas transversais	16,1	m
Carlingas de encontro	8,1	m
Aparelhos de apoio		un
Infraestrutura		
Pilares		un
Encontros	10,7	m

5.3.2 Descrição das anomalias e classificação do estado de conservação dos elementos

Os resultados da campanha de inspeções realizada na ponte foram registados em mapas de danos e fichas de inspeção como referido anteriormente. No Quadro 5.4, apresenta-se a ficha tipo onde estão resumidas as anomalias nos elementos assim como a quantificação do elemento que se encontra afetado, bem como o estado de conservação desse elemento em relação a cada anomalia encontrada, de acordo com metodologia proposta no manual (FHWA, 2012a). Nos parágrafos seguintes apresenta-se uma descrição detalhada das observações em cada elemento da ponte.

Quadro 5.4 - Ficha resumo das anomalias da ponte 155.

Código de ponte	155	Data de inspeção visual		29-nov-16			
Elemento	Quantidade total de elementos	Un	Condição				
Descrição das anomalias por elemento			1 Bom	2 Razoável	3 Mau	4 Grave	
Tabuleiro							
Laje	52,8	m ²		44,8	8,0		
*Destacamento do betão com profundidade < 25,4mm mas com diâmetro < 152mm	51,8			47,8			
*Amadura exposta, pontualmente na face inferior do tabuleiro sem perda de secção de aço	51,8			47,8			
*Destacamento do betão com profundidade < 25,4mm mas com diâmetro > 152mm em quatro locais com área de 1,0 x 1,0m ² cada	4,0				4,0		
*Amadura exposta com perda de secção de aço, em quatro locais numa área de 1,0 x 1,0m ² cada	4,0				4,0		
Pavimento com revestimento betuminoso	30,7	m ²	30,7				
Sistema de drenagem do tabuleiro	4,0	un				4,0	
A drenagem de água afecta membros primários da estrutura (laje de tabuleiro). Requer análise detalhada do sistema de drenagem	4,0					4,0	
Juntas de dilatação							
Juntas de dilatação	10,6				10,6		
Juntas de dilatação completamente obstruídas com pavimento betuminoso condicionando os movimentos do lado norte e do lado sul	10,6				10,6		
Zona de transição							
Revestimento betuminoso	42,6	m ²	21,3		21,3		
Assentamento excede limites toleráveis mas não requer análise estrutural >19,05mm, lado norte	21,3				21,3		
Guardas de protecção							
Parte metálica da guarda	19,8	m		19,8			
Corrosão da guarda metálica na zona das soldaduras, sem perda de secção	19,8			19,8			
Parte de betão da guarda	19,8		5,4	12,4	2,0		
*Eforescências, na parte de betão da guarda, sem acumulação ou lexiviação	9,9			9,9			
Eforescências, na parte de betão da guarda, com acumulação de lexiviação	2,0				2,0		
*Fissuras, na parte de betão da guarda, de espessura entre 0,3 e 1,27mm, várias direcções	2,5			2,5			
Superestrutura							
Vigas longitudinais de betão	19,8	m	16,8			3,0	
*Destacamento do betão com profundidade > 25,4mm, com diâmetro > 152mm, viga montante, requer análise estrutural para determinar o efeito do dano no elemento e na ponte	1,5					1,5	
*Amadura exposta com perda significativa de secção de aço numa extensão de 1,50m, viga montante, requer análise estrutural para determinar o efeito do dano no elemento e na ponte	1,5					1,5	
Vigas transversais	16,1	m	16,1				
Carlingas de encontro	8,1	m	8,1				
Aparelhos de apoio							
Sem aparelhos de apoio		un					
Infraestrutura							
Pilares		un					
Vigas de pilar		m					
Encontros	10,7	m	8,4	1,5	0,8		
Erosão dentro de limites toleráveis ao longo do encontro, sem exposição da fundação	1,5			1,5			
Fissuras horizontais com espessura superior a 1,27mm e escorência de humidade, encontro sul	0,8				0,8		

* mais do que um defeito na mesma condição e no mesmo espaço

Laje de tabuleiro

Na Figura 5.9 ilustra-se um esquema realizado em campo onde se registaram as anomalias ao nível da face inferior da laje do tabuleiro.

Na generalidade da face inferior do tabuleiro verifica-se o destacamento do betão, Figura 5.10, com profundidade inferior a 25,4mm ou diâmetro inferior a 152mm, que corresponde ao segundo nível de classificação do estado de conservação (EC), de acordo com o manual (Caltrans, 2016), designado razoável (2). Nesta mesma zona, existe armadura exposta sem perda significativa de secção, com EC razoável (2). Nas zonas adjacentes às descargas dos tubos de drenagem do tabuleiro o destacamento tem um diâmetro superior a 152mm, com o EC correspondente a mau (3).

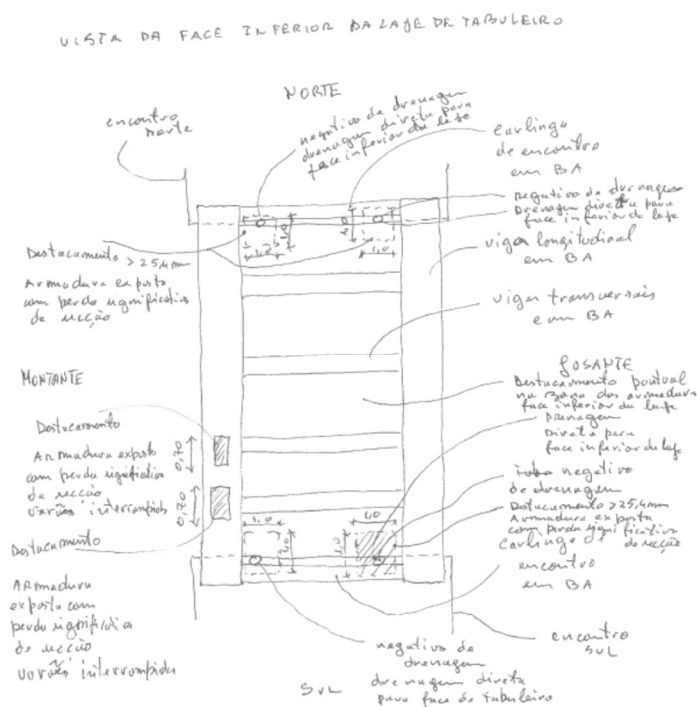


Figura 5.9 - Esquema de campo de registo de anomalias, face inferior da laje de tabuleiro.

Nestas mesmas zonas verifica-se armadura exposta com perda significativa de secção sem, contudo, necessitar de avaliação estrutural, o EC correspondente é neste caso mau (3), ver Figura 5.11 referente às anomalias na face inferior da laje de tabuleiro onde se pode ver em (a) uma vista geral da localização das anomalias, o negativo de drenagem (b) e em (c) o destacamento do betão, a armadura exposta e a diminuição da secção das armaduras de aço.



a) Vista geral da face inferior do tabuleiro b) pormenor do destacamento do betão

Figura 5.10 - Anomalias na face inferior da laje de tabuleiro: destacamento do betão.



a) Vista geral b) Negativo de drenagem c) Destacamento do betão,
armadura exposta

Figura 5.11 - Anomalias na face inferior da laje de tabuleiro: destacamento do betão,
armadura exposta e diminuição da secção de armadura.

Revestimento betuminoso

O revestimento betuminoso do tabuleiro de uma forma geral apresenta um EC correspondente a bom (1).

Drenagem

Quanto ao sistema de drenagem verifica-se que foram deixados quatro negativos revestidos com folha metálica para efetuar a drenagem, quando da construção da ponte, como mostra a Figura 5.12. Contudo, verifica-se que esses negativos foram tapados com massas asfálticas ao longo do tempo. Apesar disso algum escoamento de humidade que estes negativos conseguem captar é drenado através da face inferior da laje devido à inexistência de uma extensão de tubo que permita a drenagem para fora da laje, Figura 5.13. Nesta situação verifica-se que a drenagem pluvial afeta membros primários da

estrutura, designadamente a laje. O EC do sistema de drenagem é assim classificado de grave (4) e requer que seja feita uma avaliação de todo o sistema de drenagem.

Art.º1.º-Tubo de ferro galvanizado de 2.º Ø	2x2	11,00	44,00	m
	4x8	0,25	<u>8,00</u>	88,00
Art.º2.º-Bornas de ferro em cobre juntas	2	3,20	6,40	m
Art.º3.º-Bornas de chapa forjada pa- ra o gôto do ta- buleiro	4		4	4

Figura 5.12 - Elementos do projeto relativos às chapas para negativos de drenagem do tabuleiro (M. Públicas, 1951).



a) Drenagem direta para laje de tabuleiro lado jusante sul

b) Drenagem direta para laje de tabuleiro lado montante sul

Figura 5.13 - Anomalias do sistema de drenagem na laje de tabuleiro.

Zona de transição

A zona de transição do lado sul encontra-se com EC bom (1), contudo do lado norte verifica-se a existência de deformações superiores a 19,05mm, ou seja, com EC mau (3).

Juntas de dilatação

A visualização da junta de dilatação não é possível a partir do pavimento por este constituir uma camada de betuminoso contínua na zona de transição. Verifica-se, contudo, a existência de uma fissura no pavimento betuminoso com orientação transversal ao desenvolvimento longitudinal da ponte, do lado sul e do lado norte, na zona dos encontros, que se presume estar localizada na transição da laje para a via onde o projeto

mostra existir uma junta de dilatação. Desta forma existe a obstrução da junta de dilatação devida ao pavimento betuminoso, condicionando os movimentos da ponte o EC é mau (3).

Guardas

A parte metálica das guardas da ponte apresenta alguma corrosão na zona da ligação dos tubos, ou seja, a zona que foi soldada, abrangendo toda a extensão das guardas, 19,8m, correspondendo a um EC razoável (2).

Quanto à parte de betão das guardas verifica-se a existência de eflorescências nas faces das guardas sem lixiviação ou acumulação, numa extensão de 9,9m, a que corresponde um EC razoável (2). Também se verifica a existência de eflorescências com lixiviação e acumulação nas faces das guardas, em especial junto aos topos das guardas, numa extensão de 2,0m, a que corresponde um EC mau (3). Verifica-se ainda a existência de fissuras compreendidas entre 0,3 e 1,27mm de espessura em várias direções, nas faces das guardas, abrangendo uma extensão total de 2,5m, determinando um EC razoável (2), Figura 5.16.

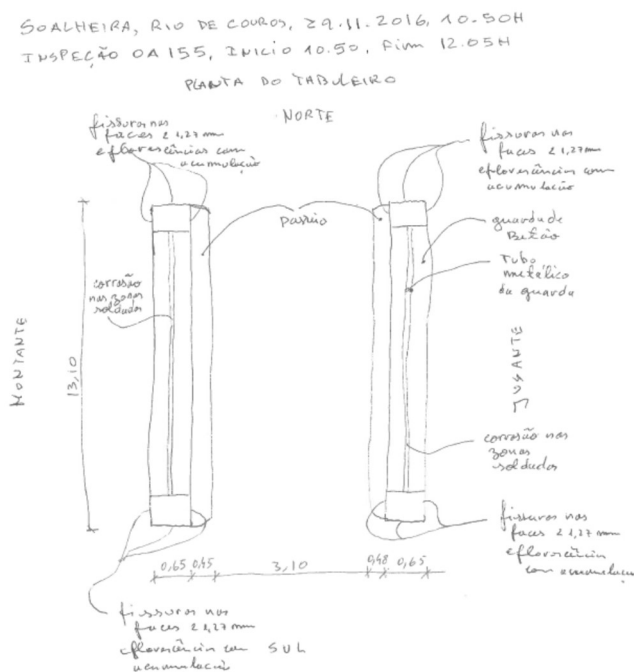


Figura 5.14 - Esquema de campo de registo de anomalias nas guardas, vista superior em planta.

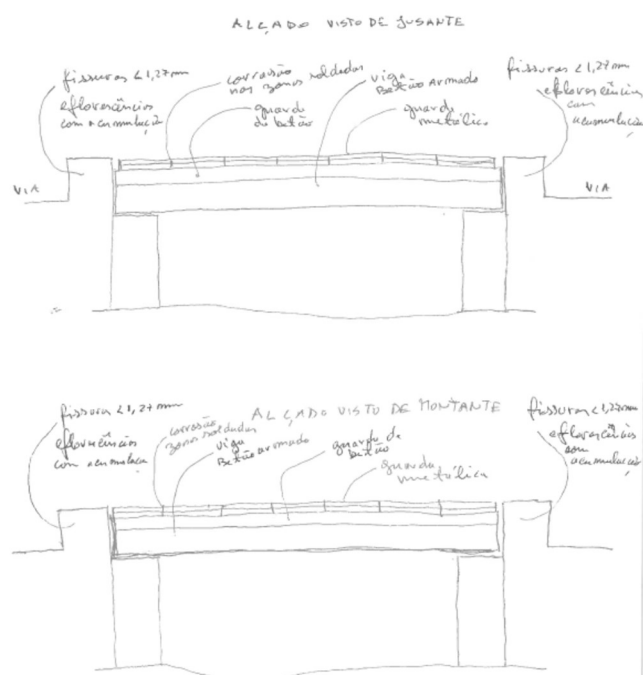


Figura 5.15 - Esquemas de campo de registo de anomalias, alçados de jusante e montante.



a) Eflorescências

b) Fissuras

c) Corrosão das zonas soldadas da parte metálica

Figura 5.16 - Anomalias da guarda.

Superestrutura

Vigas longitudinais

O destacamento do betão com profundidade superior a 25,4mm na viga de montante, localizado a cerca de 1/3 do vão da viga ao encontro sul, conforme se pode ver na Figura 5.17, correspondente a um EC grave (4), requerendo uma análise estrutural a fim de verificar as condições de segurança do elemento e da ponte. Nesta mesma zona da viga também se verifica armadura exposta com perda significativa de secção. O EC neste

elemento é grave (4) e necessita de avaliação estrutural para verificar as condições de segurança do elemento e da ponte. Na Figura 5.18 ilustram-se as anomalias descritas neste elemento.

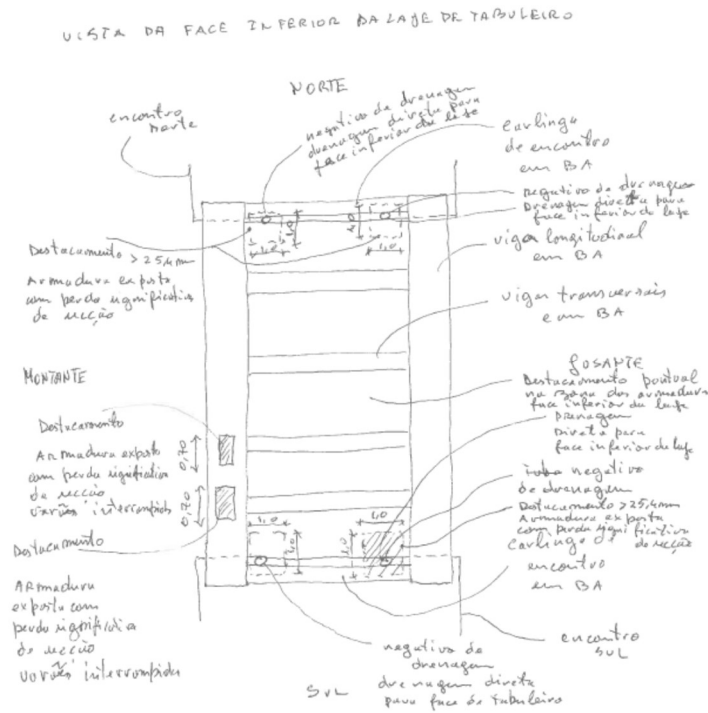


Figura 5.17 - Esquema de campo de registo de anomalias nos elementos da superestrutura, vista da face inferior do tabuleiro.



- a) Vista geral da viga b) Vista de pormenor do destacamento do betão c) Destacamento do betão e perda de secção de armadura

Figura 5.18 - Anomalias na viga longitudinal lado montante.

Vigas transversais

Nestes elementos não foram observados defeitos durante a inspeção visual sendo que o EC correspondente é bom (1).

Carlingas de encontros

Nas carlingas de encontro o EC avaliado também é bom (1), porque também não foram registados defeitos no local.

Infraestrutura

Encontros

Foi registada uma fissura na face do encontro sul, conforme ilustra a Figura 5.19 relativa ao esquema de registo de anomalias em campo, com espessura superior a 1,27mm, correspondente a um EC mau (3). Na face do encontro sul foi ainda observada a presença de humidade proveniente dos negativos de drenagem instalados na laje de tabuleiro. Verifica-se também a existência de erosão dentro de limites toleráveis uma vez que a linha do leito se situa acima da face superior da fundação, tendo por base a Figura 5.20 que serviu de referência para a avaliação do EC relativo à erosão do leito, neste caso o EC determinado corresponde a razoável (2), ver Figura 5.21 relativa às anomalias registadas ao nível dos encontros.

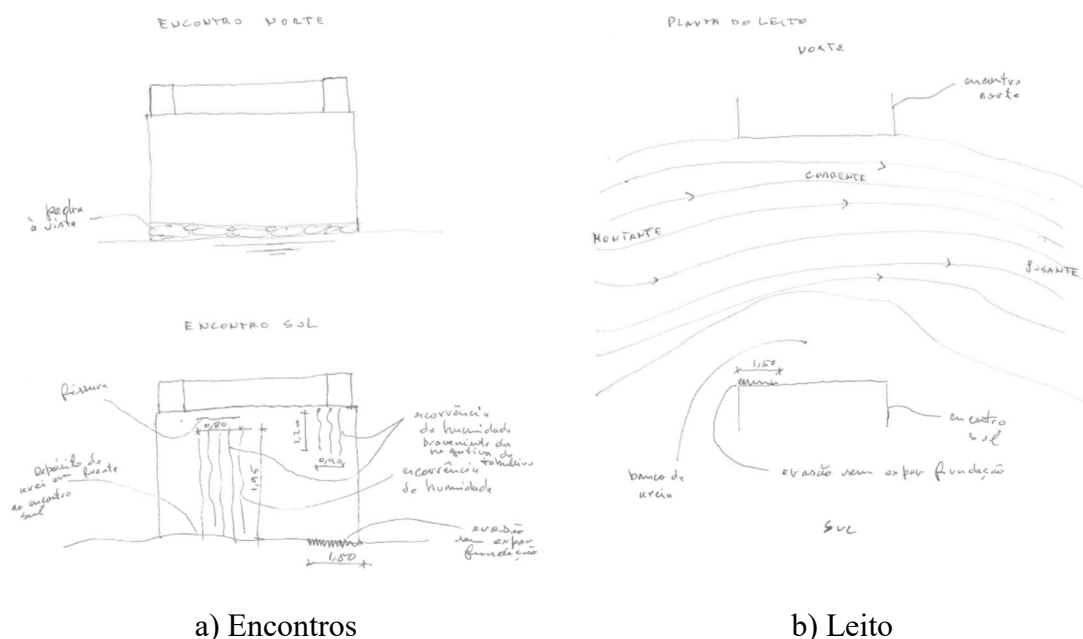


Figura 5.19 - Esquemas de campo de registo de anomalias nos encontros e leito.

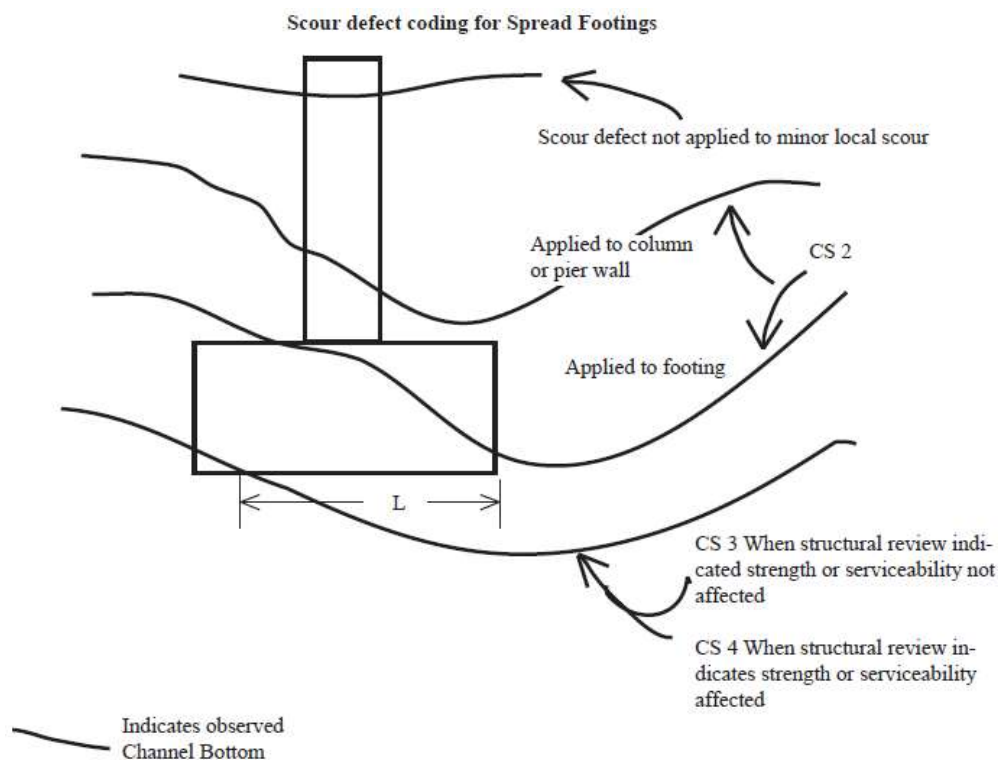


Figura 5.20 - Estado de conservação de fundações de encontros e de pilares face à erosão do leito (Caltrans, 2016).



Figura 5.21 - Anomalias no encontro sul.

Comentário geral ao estado de conservação da ponte 155

Verifica-se que a face inferior da laje de tabuleiro apresenta-se com destacamento do betão ainda que a sua profundidade seja inferior a 25,4 mm e diâmetro inferior a 152mm. Na mesma face também se verifica a armadura de aço exposta ainda que sem perda da sua secção. Estas duas anomalias encontram-se evidenciadas de forma mais grave junto

das gárgulas de drenagem do tabuleiro onde a avaliação destas anomalias assume para o EC a condição de mau. Ainda ao nível da laje de tabuleiro verifica-se a drenagem direta das quatro gárgulas de drenagem existentes para elementos da estrutura (o EC determinado é grave), implicando uma revisão geral de todo o sistema de drenagem pluvial.

Ao nível da superestrutura verifica-se o destacamento do betão na face inferior da viga situada a poente (lado montante), com profundidade superior a 25,4mm numa extensão de 1,50m implicando um EC grave. Nesse mesmo local existe armadura exposta com uma perda de secção dos varões de aço da armadura longitudinal e transversal muito significativa, com o EC grave, implicando uma análise estrutural para avaliar o efeito desta anomalia no elemento e na ponte. Esta anomalia conduz a uma diminuição da área da secção de aço nesta viga.

Ao nível da infraestrutura a anomalia mais gravosa verifica-se ao nível dos encontros. Nomeadamente a existência de erosão do material sedimentar do leito junto do encontro sul numa extensão de 1,5m, contudo a uma profundidade que não expõe a fundação, o correspondente estado de conservação é EC Razoável.

5.4 Análise dos resultados das pontes inspeccionadas

A aplicação da metodologia de inspeção e classificação do estado de conservação aos casos de estudo permitiu obter um conjunto importante de informação relativamente à condição em que se encontram os elementos das pontes inspeccionadas.

Conforme se pode visualizar pela leitura do Quadro 5.5, nas dezasseis pontes inspeccionadas verifica-se a existência de um conjunto vasto de anomalias, sendo as mais frequentes o destacamento do betão, a armadura exposta, as eflorescências, o assentamento da laje de transição e a drenagem direta para os elementos estruturais (contribuindo para um processo de degradação). O Quadro 5.5 ilustra ainda a extensão do dano, em percentagem, que afeta os elementos das pontes que contêm o EC mau (3) e grave (4).

A análise dos resultados do Quadro 5.5 permite verificar que todas as pontes têm anomalias na totalidade ou em parte dos seus elementos. Contudo quatro das pontes inspeccionadas, as pontes com o código 90, 96, 121 e 172, apresentam o EC bom (1) para a totalidade do elemento considerado e EC razoável (2) para a totalidade ou para uma parte do elemento considerado, portanto nestas pontes conclui-se que não existem elementos com EC mau (3) ou EC grave (4), Quadro 5.6.

Quadro 5.5 - Estado de conservação dos elementos das pontes inspeccionadas e percentagens do elemento danificado onde o EC é mau (3) ou grave (4).

Elemento	Estado de conservação dos elementos das pontes inspeccionadas																											
	21	%	43	%	71	%	76	%	90	96	101	%	121	134	%	138	%	151	%	155	%	157	%	169	%	172	177	%
Anomalias nos elementos																												
Tabuleiro																												
Laje						1			1				1													1		
Destacamento do betão	2		3	24					2			2			3	32	2		3	8	3	1	2				3	15
Armadura exposta	2		3	24					2		2		2		3	32	2		3	8	3	1	3	4			3	15
Eflorescência/mancha	2		2		3	11			2									3	12									
Dano de impacto															3	2											3	2
Pavimento betuminoso	1		1		1		1						1	1		1				1						1		
Ruturas e zonas																							2					
Fissuras										2												3	51	2				
Eficácia										2								2									2	
Sistema drenagem																												
Entupimento			3	100			3	100																				
Drenagem sobre estrutura					4	100	3	100											4	100				4	100			
Juntas de dilatação																												
Falta de estanquidade					3	50	3	44																				
Detritos impactados					4	100	3	44					3	100					3	100								
Bordo danificado							3	22																				
Zona de transição	1					1			1	1		1	1															
Assentamento			3	25	2				2						3	100	3	100	3	50	3	50	3	100	2	3	100	
Guardas de protecção																												
Parte metálica da guarda	1		1			1		1	1	1		1	1					1			1		1			1		1
Corrosão					2										3	100			2								2	
Parte de betão da guarda	1		1				1	1		1		1			1		1						1			1		1
Destacamento do betão																												
Armadura exposta																												
Eflorescências										2										3	10							
Fissuras																					2							
Superestrutura																												
Vigas de betão armado								1	1			1						1								1	1	
Destacamento do betão															3	100			2		4	8	2		2			
Armadura exposta															3	100			2		4	8	2		2			
Vigas transversais																					1		1					
Vigas betão pré esforçado							1																					
Eflorescências					3	29								2														
Dano de impacto					3	1								2														
Carlingas de pilar																												
Destacamento do betão					3	4																						
Armadura exposta			2																									
Eflorescências					2																							
Carlingas de encontro																												
Eflorescências					2									2														
Aparelhos de apoio					1		1																					
Movimento																												
Infraestrutura																												
Pilares																												
Eflorescências					2																							
Pilares parede											1																	
Vigas de pilar																												
Eflorescências					2																							
Encontros			1		1		1				1		1											1				
Destacamento do betão																												2
Armadura exposta																												2
Eflorescências			3	15																								2
Abrasão do betão										2																		2
Fissuras																			3	2			3	10				
Assentamento																			4	13								
Erosão/infraescavação	2										2																2	

Legenda: Bom (1) Razoável (2) Mau (3) Grave (4)
 Nota: Bom (1), pressupõe que a totalidade do elemento está nessa condição. Razoável (2), Mau (3) e Grave (4), pressupõe que uma parte ou a totalidade do elemento se encontra nessas condições em relação a uma anomalia considerada.

Quadro 5.6 - Código das pontes só com EC bom (1) e EC razoável (2) nos seus elementos.

EC bom (1)	EC razoável (2)
	90
	96
	121
	172

Para as restantes pontes inspecionadas, nomeadamente as pontes com o código de identificação, 21, 43, 71, 76, 101, 134, 138, 151, 155, 157, 169 e 177, para além de apresentarem nos seus elementos um EC bom (1) e EC razoável (2), acresce a classificação de EC mau (3). No caso das pontes com o código 71, 138, 155 e 169 apresentam ainda o EC grave (4), para a totalidade ou para parte do elemento considerado relativamente ao dano existente, Quadro 5.7.

Quadro 5.7 - Código das pontes com EC mau (3) e EC grave (4) numa parte ou na totalidade dos seus elementos.

EC mau (3)	EC grave (4)
21	71
43	138
71	155
76	169
101	
134	
138	
151	
155	
157	
169	
177	

Das dezasseis pontes inspecionadas existem dez que têm uma classificação de EC mau (3) e/ou EC grave (4) na totalidade ou em parte dos seus elementos estruturais, Quadro 5.8. Para as pontes que têm a classificação de EC grave numa parte ou na totalidade do elemento considerado relativamente a determinado dano, só em duas pontes se verifica que essa classificação se situa em elementos estruturais, nomeadamente a ponte 138 que apresenta um assentamento de um muro ala e a ponte 155 que apresenta destacamento do betão e armadura exposta com diminuição de secção numa das vigas da superestrutura, Quadro 5.8. Para as pontes com EC mau e EC grave mostra-se no Quadro 5.9 a percentagem do elemento que se encontra no respetivo estado conservação de mau e grave, para determinado dano.

Quadro 5.8 - Código das Pontes com EC mau (3) e EC grave (4) numa parte ou na totalidade dos seus elementos estruturais.

EC mau (3)	EC grave (4)
21	138
43	155
71	
101	
138	
151	
155	
157	
169	
177	

Quadro 5.9 - Percentagem do elemento estrutural com EC mau (3) e EC grave (4).

Elemento	Estado de conservação dos elementos das pontes inspecionadas																			
	21	%	43	%	71	%	101	%	138	%	151	%	155	%	157	%	169	%	177	%
Anomalias nos elementos																				
Tabuleiro																				
Laje																				
Destacamento do betão	2		3	24				3	32	2		3	8	3	1	2		3	15	
Armadura exposta	2		3	24			2		3	32	2		3	8	3	1	3	4	3	15
Eflorescência/mancha	2		2		3	11				3	12									
Dano de impacto	2							3	2										3	2
Superestrutura																				
Vigas de betão armado											1								1	
Destacamento do betão							3	100	2				4	8	2					
Armadura exposta							3	100	2				4	8	2					
Vigas transversais												1		1						
Vigas betão pré esforçado																				
Eflorescências					3	29														
Dano de impacto					3	1														
Carlingas de pilar																				
Destacamento do betão					3	4													2	
Armadura exposta			2																2	
Eflorescências					2															
Carlingas de encontro																				
Eflorescências					2															
Infraestrutura																				
Pilares																				
Eflorescências					2															
Pilares parede							1													
Vigas de pilar																				
Eflorescências					2															
Encontros			1		1		1													
Destacamento do betão																				2
Armadura exposta																				2
Eflorescências	3	15																		2
Abrasão do betão											2									
Fissuras										3	2			3	10					
Assentamento										4	13									
Erosão/infraescavação	2																			2

Legenda: EC bom (1) EC razoável (2) EC mau (3) EC grave (4)
 Nota: Bom (1), pressupõe que a totalidade do elemento está nessa condição. Razoável (2), Mau (3) e Grave (4), pressupõe que uma parte ou a totalidade do elemento se encontra nessa condição em relação a uma anomalia considerada.

As restantes classificações de EC mau e EC grave, para as pontes com elementos com essa classificação, referem-se a anomalias situadas no tabuleiro da ponte, mas em elementos considerados não estruturais, Quadro 5.10. Não obstante esse facto convém realçar que apesar desses danos, com a classificação mais desfavorável, não se situarem diretamente no elemento estrutural podem, com o passar do tempo, danificar determinados elementos estruturais. É o caso, por exemplo, das anomalias no sistema de drenagem das pontes 71, 155 e 169 em que a descarga dos órgãos de drenagem é efetuada sobre os elementos estruturais da ponte, nomeadamente sobre a laje, sobre vigas, sobre pilares e sobre encontros, fazendo com que esteja em curso um processo de degradação motivado pela presença de água.

Quadro 5.10 - Código das pontes com EC mau (3) e EC grave (4) numa parte ou na totalidade dos seus elementos não estruturais.

EC mau (3)	EC grave (4)
43	71
71	155
76	169
134	
138	
151	
155	
157	
169	
177	

5.5 Medidas propostas

O “Bridge Inspector’s Reference Manual” (FHWA, 2012a) propõe um conjunto de “ações viáveis”, Quadro 5.11, como sendo ações que podem ser levadas a cabo, pela entidade responsável pela manutenção de pontes, para remover o defeito. Estas ações representam um conjunto de respostas para determinado elemento dentro de um estado de conservação avaliado com base no manual. As ações representam também uma orientação geral sobre as estratégias de manutenção a seguir.

Ainda segundo o mesmo manual, dependendo do elemento, determinada ação pode não ser aconselhada em função do seu estado de conservação. Outras ações viáveis, tais como “não fazer nada” podem ser aconselhadas para todos os elementos qualquer que seja o EC encontrado. Porém no caso de existência de anomalias na ponte, a opção pela ação “não fazer nada”, implica que a ponte se encontra encerrada ou então que estão em curso outras ações com vista à resolução das anomalias.

Quadro 5.11 - Ações viáveis, adaptado de (FHWA, 2012a).

Ação viável	Estado de Conservação			
	1	2	3	4
Não fazer nada	•	•	•	•
Proteger	•	•	•	•
Preservar	•	•		
Reparar		•	•	•
Reabilitar			•	•
Restabelecer (somente aparelhos de apoio)			•	•
Substituir			•	•

Atendendo ao estado de conservação das pontes inspecionadas e ao Quadro 5.11, existe um conjunto de ações viáveis que devem, no entender do autor, ser implementadas e que a seguir se descrevem.

- i.* Proceder à reparação urgente de todas as pontes cujos elementos estruturais apresentem um estado de conservação grave (4). Essa reparação deve ser antecedida de uma análise mais detalhada aos elementos que se encontram nessas condições. Estão nesta situação as pontes com o código de identificação 138 e 155.
- ii.* Proceder à reparação no curto prazo de todas as pontes cujos elementos estruturais apresentem um estado de conservação mau (3), nomeadamente as pontes com código 21, 43, 71, 101, 138, 151, 155, 157, 169 e 177, e das pontes cujos elementos não estruturais apresentem um estado de conservação grave (4), nomeadamente as pontes com código 71, 155 e 169.
- iii.* Para o caso da ponte com o código 155 deve de imediato impor-se um limite máximo de carga de 5Ton, ou seja, cerca de um terço da sobrecarga de projeto de 16Ton., Figura 5.4, atendendo a que uma das vigas longitudinais que suporta a laje de tabuleiro apresenta na sua face inferior uma perda significativa de secção de armadura longitudinal prevista em projeto para suportar a referida sobrecarga.

5.6 Análise crítica

Não obstante a metodologia utilizada não estimar o estado global da ponte verifica-se, contudo, a existência de um vasto conjunto de informação de enorme relevância para a gestão municipal do parque de pontes.

A metodologia utilizada permite aferir a condição dos elementos de determinada ponte, sejam eles elementos estruturais ou não estruturais. Permite obter a localização do dano no elemento da ponte, a sua extensão e a sua quantificação, informação esta de grande relevância para qualquer entidade responsável pela gestão de pontes. A inspeção e

classificação dos elementos da ponte permite também ter uma ideia muito precisa dos elementos em pior estado de conservação e com necessidade de reparação ou substituição, permite selecionar e ordenar medidas de intervenção e permite a alocação de recursos financeiros para as intervenções necessárias.

6 CONCLUSÃO

Na presente dissertação foram apresentados os componentes básicos que constituem uma ponte de betão armado e pré-esforçado, bem como os processos de degradação dos materiais e da estrutura, que conduzem a um conjunto vasto de defeitos que afetam este tipo de estruturas, relativamente aos quais se apresentaram os mais comuns.

A identificação dos defeitos de uma ponte é, por norma, obtida através de inspeções. Contudo a realização de inspeções deve ser precedida, entre outras coisas, da existência de um inventário atualizado sobre as pontes que se pretendem inspecionar, como condição essencial para esse processo. De entre os vários tipos de inspeções, destaca-se a inspeção visual de rotina, na medida em que é o tipo de inspeção mais utilizado e aquele que, com menores custos, se obtém maior quantidade de informação relevante. A periodicidade normalmente aceite para este tipo de inspeção oscila entre quinze e vinte e quatro meses.

Apresentou-se uma metodologia com vista a inspeção e classificação de pontes, a qual está disponível e em uso nos Estado Unidos desde 2012 e, por isso, se considerou que esta metodologia pode ser utilizada ao nível da inspeção e classificação dos elementos constituintes das pontes municipais. A inspeção de pontes ao nível municipal releva para uma questão mais ampla relacionada com a gestão deste tipo de estruturas. Segundo vários autores citados, verifica-se que não existem procedimentos uniformizados ao nível da gestão de pontes e que a maior parte dos municípios não tem inventário de pontes atualizado nem realizam ações periódicas de inspeção e manutenção.

No âmbito da presente dissertação foi possível proceder à atualização do inventário existente no Município de Ourém. No seguimento dessa atualização procedeu-se à sua inserção numa base de dados gerida por um sistema de informação geográfica, bem como o conjunto de informação referente a cada ponte, no essencial, a identificação, o tipo de materiais, o tipo de estrutura, a data das inspeções e as intervenções realizadas. Este trabalho permite agora gerir toda a informação relacionada com cada uma destas estruturas, nomeadamente, as datas de inspeções, as intervenções realizadas, eventuais restrições de carga, anexar relatórios de inspeção, anexar projetos e fichas técnicas de materiais assim como documentos relativos às ações desenvolvidas na sequência do relatório de inspeção. A realização do inventário produziu ainda um conjunto de informação importante relativo ao parque de pontes do município, como a idade dessas estruturas, a tipologia estrutural, os materiais, o comprimento do vão e as intervenções realizadas ao longo do tempo.

Do inventário existente foram selecionadas, de acordo com os critérios definidos, um conjunto de dezasseis pontes e foi preparada uma campanha de inspeções visuais a essas pontes. As inspeções foram realizadas com o intuito de localizar, analisar, medir e registar as anomalias visíveis. Com base nas anomalias registadas e utilizando uma metodologia

de classificação foi possível estabelecer, em quatro níveis de classificação possíveis, o estado de conservação em que se encontram os elementos das pontes inspecionadas, elementos estruturais e elementos não estruturais.

Os resultados obtidos permitem verificar que existem duas pontes com elementos estruturais cujo estado de conservação é grave, são os casos das pontes 138 e 155. No caso da ponte 155 deve de imediato impor-se uma limitação de carga, como medida preventiva. No caso destas duas pontes devem ser objeto de uma intervenção no mais curto espaço de tempo possível, devendo essa intervenção ser antecedida de uma análise estrutural detalhada.

Dos resultados obtidos respeitantes ao estado de conservação é também possível verificar que existe um conjunto de pontes em que o estado de conservação dos elementos estruturais é mau, que são as pontes com código 21, 43, 71, 101, 138, 151, 155, 157, 169 e 177, e que em relação aos elementos não estruturais o estado de conservação é grave, são os casos das pontes com código 71, 155 e 169.. Aquilo que se recomenda para as pontes nestes estados de conservação é uma intervenção a médio prazo antecedida por uma análise mais detalhada.

A metodologia utilizada na inspeção e classificação permitiu estabelecer o estado de conservação dos elementos estruturais e elementos não estruturais das pontes inspecionadas. Permitiu ainda ter a localização do defeito no elemento, a sua extensão, a sua quantificação e qualificação sendo esta uma informação de grande relevância para uma entidade responsável pela gestão de pontes. A informação obtida relativamente ao estado de conservação dos elementos que constituem uma ponte permite também ter uma ideia muito precisa dos elementos dessa ponte em pior estado de conservação e com necessidade de reparação. Com a informação obtida através desta metodologia, presume-se que seja mais fácil selecionar e ordenar medidas de intervenção e alocar os recursos financeiros necessários com a devida antecedência.

Dos trabalhos realizados na presente dissertação destacam-se os seguintes:

- i.* A atualização do inventário de pontes e a sua inserção num *software* de sistemas de informação geográfica, o qual permite agora gerir de forma fácil e rápida um conjunto importante de informação relacionada com cada ponte sob responsabilidade do Município de Ourém.
- ii.* O estabelecimento de uma metodologia para a inspeção e classificação do estado de conservação dos elementos de um conjunto de pontes selecionadas, a qual permitiu obter informação relevante para a entidade responsável relativamente às pontes inspecionadas, presumindo-se que esta metodologia possa ser aplicada na generalidade das pontes municipais.

Com a realização destes trabalhos presume-se ter sido dado um contributo importante para a melhoria do processo de gestão de pontes no Município de Ourém, considerando-

se que alguns dos trabalhos levados a cabo na presente dissertação poderão ser replicados noutros municípios.

De entre os trabalhos futuros que se pretendem desenvolver, na sequência da presente dissertação, destacam-se os seguintes:

- i.* A monitorização do inventário efetuado no sentido de verificar a conformidade do seu funcionamento. Neste seguimento deve ainda ser averiguada a possibilidade de explorar outras potencialidades da ferramenta SIG utilizada para a atualização do inventário e que possam ser úteis para o processo de gestão de pontes.
- ii.* A continuidade das inspeções às pontes municipais com a aplicação da metodologia de inspeção e classificação descritas nesta dissertação no sentido de aprofundar até que ponto a referida metodologia pode ser melhorada.
- iii.* A pesquisa e implementação de melhorias na determinação do estado de conservação global da ponte, o qual, neste trabalho, em certa medida foi considerado corresponde ao EC máximo dos elementos estruturais da ponte.

BIBLIOGRAFIA

- Branco, F. (2001). *"Do projecto à manutenção - uma visão da gestão de pontes"*. *Seminário sobre a segurança e a reabilitação das pontes em Portugal*. Porto: A. Costa, A. Fonseca, A. Arêde. FEUP, Porto.
- Branco, F., & Brito, J. (2004). *"Handbook of Concrete Bridge Management"*. United States of America: American Society of Civil Engineers.
- Brito, J. (1992). *Desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Obras de Arte em Betão*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa.
- Brito, J. (2001). *"Normalização de processos de gestão de pontes"*. *Seminário sobre segurança e reabilitação de pontes em Portugal*. (A. Fonseca, & A. Arêde, Edits.) Porto: A. Costa, A. Fonseca, A. Arêde. FEUP, Porto.
- Caltrans. (2016). *"Caltrans Bridge Element Inspection Manual"*. Califórnia: Caltrans. Obtido em 2016, de http://www.dot.ca.gov/hq/structur/strmaint/elem_man.pdf
- Cardoso, A. (2009). *"Acerca da necessidade de um observatório da segurança de pontes"*. *Atas do 1º Congresso de Segurança e Conservação de Pontes*. Lisboa: 1º Congresso de Segurança e Conservação de Pontes.
- CEB-FIB. (2002). *Management, maintenance and strengthening of concrete structures. Bulletin 17*. CEB-FIB.
- Cruz, P. (2006). *"Linhas orientadoras de uma política de manutenção, conservação e inspeção de pontes"*. *Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas*. Lisboa: LNEC.
- Cruz, P. (2006). *Inspeção, diagnóstico, conservação e monitorização de pontes*. Congresso Rodoviário Português. Estrada 2006.
- Duratinet. (2012). *"Manutenção e reparação de infraestruturas de transporte"*. *Guia técnico*. Obtido de <http://durati.lnec.pt/techguide/index.html>
- FHWA. (2004). *"Regulation 23 CFR 650C"*. *National Bridge Inspection Standards*. U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration. Obtido em 2016, de <https://www.fhwa.dot.gov/legisregs/directives/fapg/cfr0650c.htm>
- FHWA. (2012a). *"Bridge Inspector's Reference Manual" (BIRM)*. *Publication No. FHWA-NHI 12-049*. Washington: U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration. Obtido em 2016, de <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/nbis/pubs/nhi12049.pdf>

-
- FHWA. (2012b). *"Evaluating Scour at Bridges". Fifth edition. Publication No. FHWA - HIF - 12 - 003. Hydraulic Engineering Circular No. 18.* Spingfield: U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration. Obtido em 2016, de <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/hif12003.pdf>
- FHWA. (2014). *"Participant Workbook (2day-version)". Introduction to element level bridge inspection. Resource center.* U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration. Obtido em 2016, de <http://www.in.gov/dot/div/contracts/standards/bridge/memos/ParticipantWorkbook2-day20140515.pdf>
- Graça, J. (2001). *"Diagnóstico da situação actual de pontões e pontes do concelho de Ourém". Trabalho da disciplina de Projecto II do 5.º ano da Licenciatura em Engenharia Civil.* Tomar: Instituto Politécnico de Tomar.
- Harding, J., Parke, G., & Ryall, M. (1990). *"Preface" First International Conference on Bridge Management.* Guilford. U.K.: University of Surrey.
- IPQ. (2009). *"Eurocódigo - Bases para o projeto de estruturas" NP EN 1990.* Lisboa: Instituto Português da Qualidade.
- Leonhardt, F. (1982). *"Ponts".* Stuttgart: Deutche Verkag - Anstalt GmbH.
- Lourenço, P., & Oliveira, D. (2004). *"Recomendações para a análise, conservação e restauro estrutural do património arquitetónico". ICOMOS. Comité científico internacional para análise e reatauro de estruturas do património arquitetónico.* Guimarães: Universidade do Minho.
- M. Ourém. (2011). *"Património Arqueológico e Arquitetónico. Parimónio Arquitetónico Civil". Revisão do plano Diretor municipal de Ourém.* Ourém: Município de Ourém.
- M. Públicas. (1951). *"Projecto da ponte da Soalheira" por Luis Lopes. Arquivo Municipal do Município de Ourém.* Ourém: Ministério das Obras Públicas, Direcção Geral dos Serviços de Urbanização.
- M. Ourém. (2012). *"Biofísica, estudos de caracterização e diagnóstico" Divisão de Planeamento e Ordenamento do Território.* Ourém: Município de Ourém.
- M. Ourém. (2017). *Base de Dados Geográfica do Município de Ourém.* Ourém: Município de Ourém.
- Mendonça, T. (2017). *"A vida útil das pontes de betão armado".* Obtido de http://www.crp.pt/docs/A18S103-5_3_TiagoMendonca.pdf

- N.J.D.T. (2015). *Bridge Element Inspection Manual*. New Jersey Department of Transportation. Obtido em 2017, de <http://www.nj.gov/transportation/eng/structeval/pdf/BridgeElInsManual.pdf>
- Oliveira, L. (2011). *"Dissertação e tese em ciência e tecnologia segundo Bolonha"*. Lidel Edições técnicas.
- Ortiz, J. (2017). *"FAWA NBIS 23 metric compilance review"*. *Bridge Inspection Conference*. FHWA. Obtido em 2016, de <http://www.in.gov/dot/div/contracts/standards/bridge/2017%20Conference/FHWA%20Jose%20Ortiz%20Bridge%20Inspection%20Conference%202017.pdf>
- Pulquério, D. (2015). *"Avaliação da suscetibilidade à erosão hidrica e a movimentos de vertentes no concelho de Ourém"*. *Relatório de estágio. Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento do Território*. Universidade de Lisboa, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território.
- Reis, A. (1999). *"Folhas da disciplina de pontes"*. *Departamento de Engenharia Civil. Secção de Estrutura e Construções*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Sousa, M. (2016). *"Gestão de obras de arte sob tutela municipal. Estudo de pontes de alvenaria"*. *Mestrado em Engenharia Civil e do Ambiente*. Viana do Castelo: Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

ANEXO A1

Fichas de inspeção e classificação

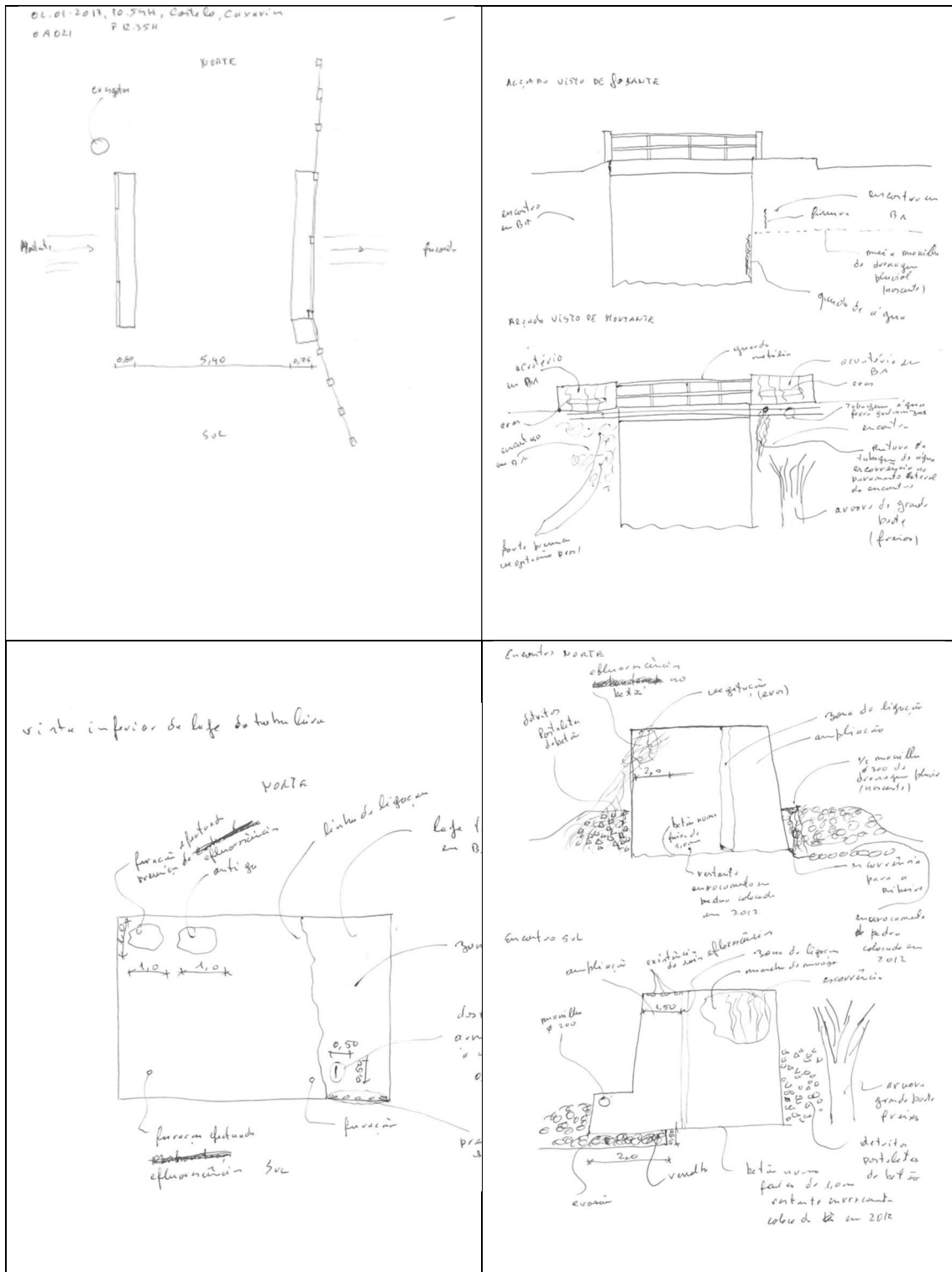
Registo fotográfico de anomalias

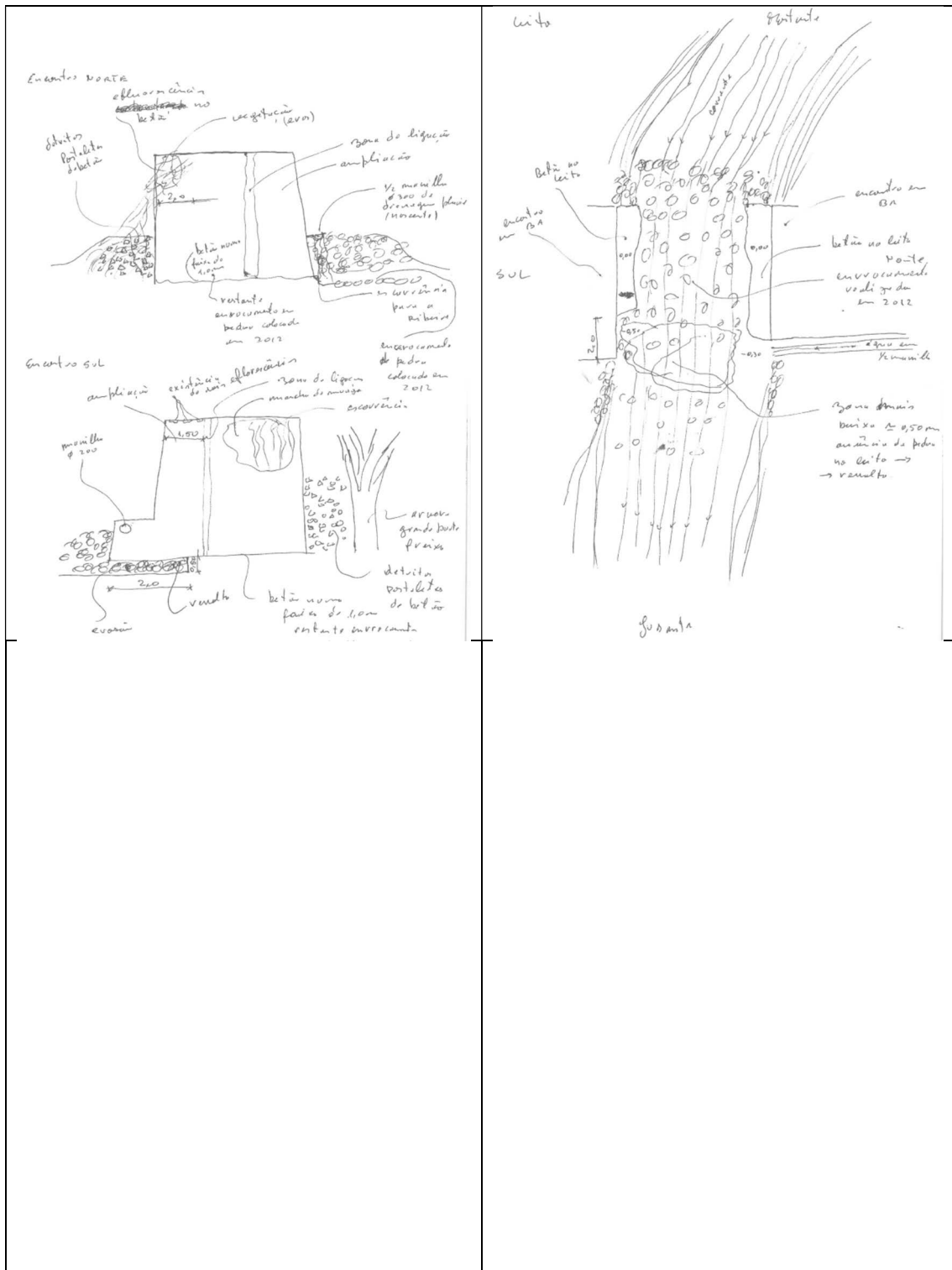
Esquemas de campo

Código de ponte	21	Data de inspeção visual	02-jan-17			
Elemento	Quantidade total de elementos	Un	Condição			
Descrição das anomalias por elemento			1	2	3	4
			Bom	Razoável	Mau	Muito mau
Tabuleiro						
Laje	25,7	m ²	22,7	3,0		
*Destacamento do betão com profundidade < 25,4mm ou com diâmetro < 152mm, face inferior de laje, zona ampliada lado jusante, 0,50m ²	0,5			0,5		
*Armadura exposta, face inferior da laje, zona ampliada lado jusante, sem perda de secção de aço, em 0,50m ² ,	0,5			0,5		
Eflorescências brancas sem acumulação ou lexiviação sem manchas de ferrugem, sob a laje, em dois locais lado montante, 1,0m ² cada, figura	2,0			2,0		
Pavimento com revestimento betuminoso	23,4	m ²	23,4			
Sistema de drenagem do tabuleiro		un				
Sem sistema de drenagem						
Juntas de dilatação						
Sem juntas de dilatação						
Zona de transição						
Revestimento betuminoso	40,5	m ²	40,5			
Guardas de protecção						
Parte metálica da guarda	11,6	m	11,6			
Parte de betão da guarda	11,6		11,6			
Superestrutura						
Vigas longitudinais de betão		m				
Vigas transversais		m				
Vigas de betão pré esforçado		m				
Aparelhos de apoio						
Sem aparelhos de apoio		un				
Sub-estrutura						
Pilares		un				
Vigas de pilar		m				
Encontros	13,5	m		11,5	2,0	
Eflorescências com forte acumulação com manchas de ferrugem, na face do encontro norte, lado superior esquerdo, montante 2,0m, figura	2,0				2,0	
*Eflorescências brancas sem acumulação ou lexiviação sem manchas de ferrugem, no topo superior do encontro sul junta da laje, lado esquerdo, 1,50m	1,5			1,5		
*Erosão atenuada ao longo de todo o encontro norte com medidas correctivas, realização de enrocamento no leito	6,8			6,8		
*erosão atenuada ao longo de todo o encontro norte com medidas correctivas, realização de enrocamento no leito	4,8			4,8		
*Existência de erosão dentro de limites toleráveis no encontro sul, lado jusante, ao longo de 2,0m, figura	2,0			2,0		

*Mais do que um defeito na mesma condição e no mesmo espaço

	
a) vista geral do tabuleiro, de norte para sul	b) vista do alçado lado jusante
	
c) armadura exposta face inferior da laje lado jusante, zona ampliada	d) eflorescências brancas face inferior da laje, lado montante
	
e) eflorescências com acumulação e ferrugem, encontro norte lado montante	f) erosão dentro de limites toleráveis do encontro sul lado jusante
Figura 1 – Ponte 21	

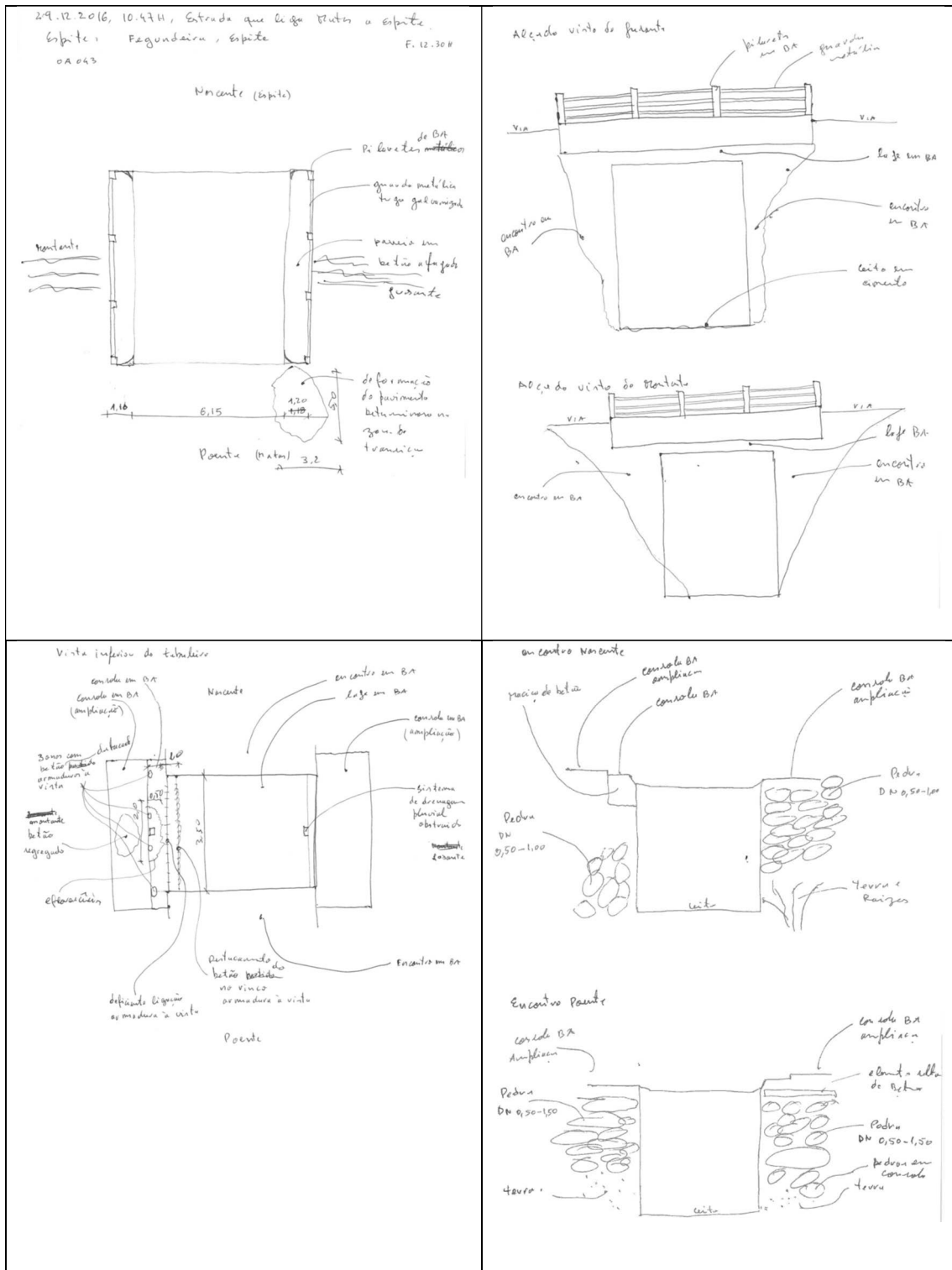


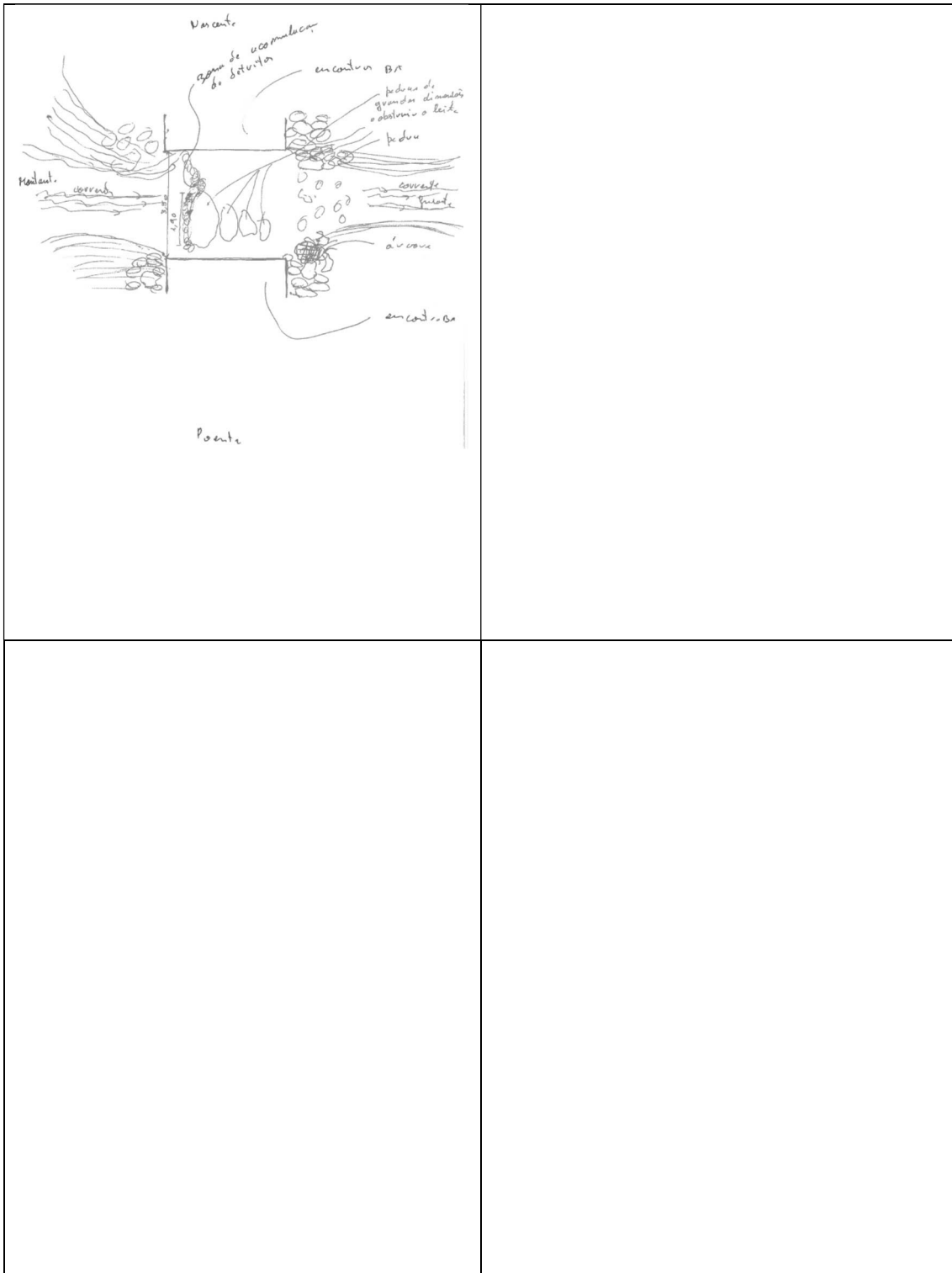


Código de ponte	43	Data de inspeção visual	29-dez-16			
Elemento	Quantidade total de elementos	Un	Condição			
Descrição das anomalias por elemento			1	2	3	4
			Bom	Razoável	Mau	Grave
Tabuleiro						
Laje	29,6	m ²	21,6	1,0	7,0	
*Destacamento do betão com profundidade > 25,4mm ou com diâmetro > 152mm, face inferior de laje, faixa fronteira à zona ampliada, lado montante, 3,50x1m, figura 2	3,5				3,5	
*Armadura exposta, face inferior da laje, faixa fronteira à zona ampliada, lado montante, com perda de secção de aço mas sem requerer análise estrutural, em 3,50x1,50m, figura 2	3,5				3,5	
Eflorescências brancas sem acumulação ou lexiviação, sem manchas de ferrugem, sob a laje, lado montante, 1,0m ²	1,0			1,0		
Pavimento com revestimento betuminoso	21,5	m ²	21,5			
Sistema de drenagem do tabuleiro	2,0	un				2,0
100% da área dos sumidouros do sistema de drenagem obturados com materiais construtivos, lado montante e lado jusante. A condição requer análise detalhada dos sistema de drenagem da ponte, figura 2	2,0					2,0
Juntas de dilatação						
Sem juntas de dilatação						
Zona de transição						
Revestimento betuminoso	64,5	m ²	48,4		16,1	
Assentamento excede os valores toleráveis >19,5mm, numa área de 3,23x5,0m mas não requer análise estrutural, lado	16,1				16,1	
Guardas de protecção						
Parte metálica da guarda	9,0	m	9,0			
Parte de betão da guarda	9,0		9,0			
Superestrutura						
Vigas longitudinais de betão		m				
Vigas transversais		m				
Vigas de betão pré esforçado		m				
Aparelhos de apoio						
Sem aparelhos de apoio		un				
Sub-estrutura						
Pilares		un				
Vigas de pilar		m				
Encontros	16,9	m	16,9			

*Mais do que um defeito na mesma condição e no mesmo espaço

	
a) vista geral do tabuleiro, nascente para ponte	b) vista do alçado lado montante
	
c) destacamento do betão e armadura exposta face de laje lado montante	d) e destacamento do betão e armadura exposta face de laje lado montante
	
e) sistema de drenagem obstruído, lado montante	f) assentamento da zona de transição lado ponte
Figura 2 – Ponte 43	

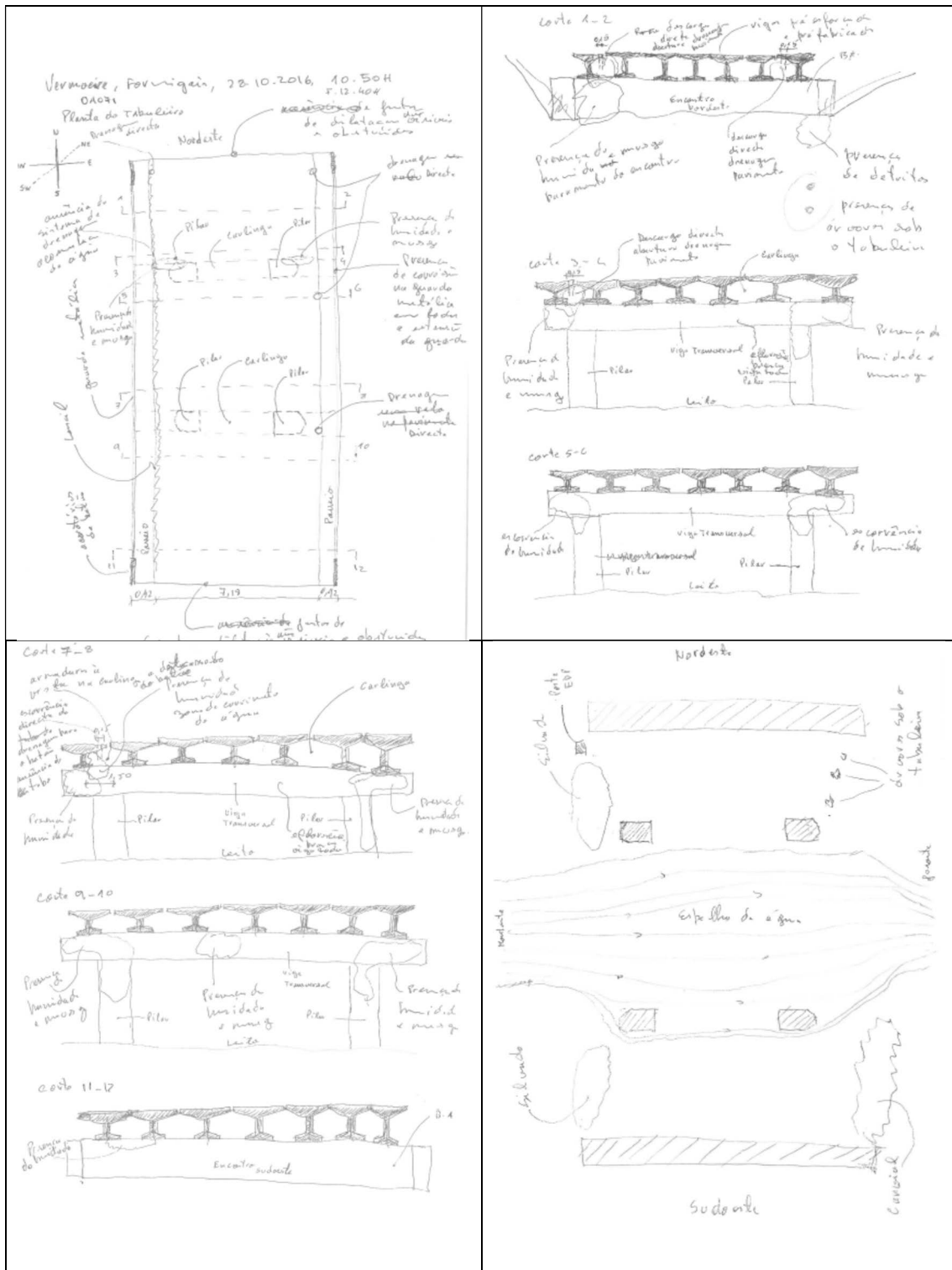


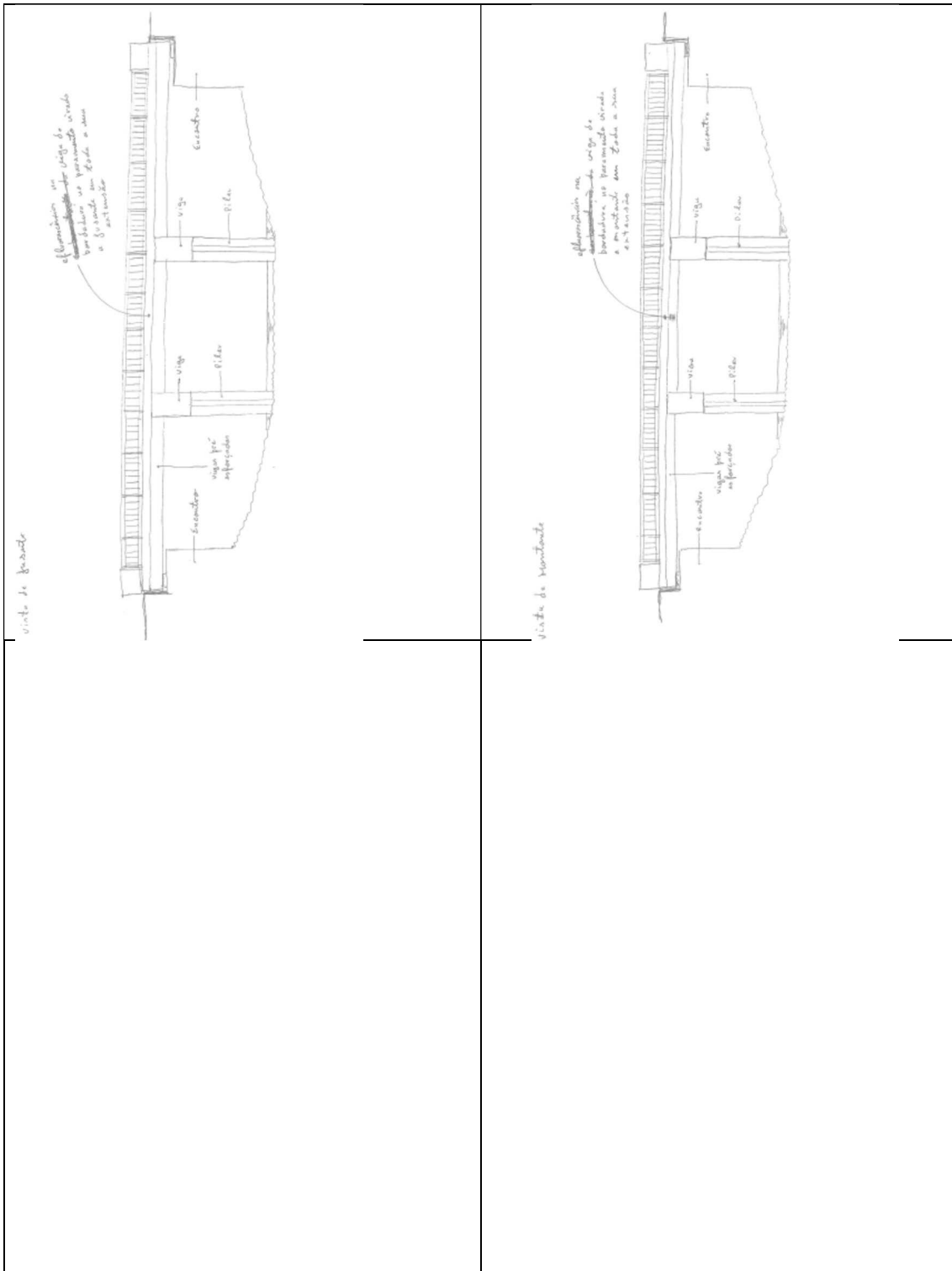


Código de ponte	71	Data de inspeção visual		28/out/16			
Elemento		Quantidade total de elementos	Un	Condição			
Descrição das anomalias por elemento				1	2	3	4
				Bom	Razoável	Mau	Grave
Tabuleiro							
Laje		324,0	m ²	288,0		36,0	
Eflorações com forte acumulação e presença de ferrugem, ao longo de todo o bordo do tabuleiro da ponte, lado jusante e lado montante, numa faixa de 0,50m, figura 3		36,0				36,0	
Pavimento com revestimento betuminoso		258,5	m ²	258,5			
Sistema de drenagem do tabuleiro		6,0	un				
Inexistência de tubos de queda. Drenagem através dos elementos estruturais, vigas, carlingas, vigas transversais dos pilares, pilares, encontros. Sistema de drenagem do tabuleiro está a causar danos nos elementos estruturais primários da ponte. A condição requer uma análise detalhada sistema de drenagem da ponte		6,0					6,0
Juntas de dilatação							
Junta de dilatação		18,0	m				18,0
*Juntas de dilatação completamente obtruidas impedindo os movimentos, lado nordeste e lado sudeste, figura 3		18,0					18,0
*Entrada moderada de água através da junta de dilatação, indo sair nas faces frontais dos encontros, lado sudoeste e lado nordeste		9,0				9,0	
Zona de transição							
Revestimento betuminoso		90,0	m ²		90,0		
Assentamento excede limites toleráveis mas não requer análise estrutural < 19,05mm, lado nordeste		45,0			45,0		
Assentamento excede limites toleráveis mas não requer análise estrutural < 19,05mm, lado sudeste		45,0			45,0		
Guardas de protecção							
Parte metálica da guarda		72,0	m		72,0		
Manchas de ferrugem. Início da corrosão da guarda em toda a sua extensão, lado montante e lado jusante, figura		72,0			72,0		
Parte de betão da guarda							
Superestrutura							
Vigas transversais			m				
Vigas de betão pré esforçado		252,0	m	179,1		72,9	
Dano em vigas pré esforçadas devido a abertura para drenagem, em banzo superior das vigas laterais da ponte lado jusante e lado montante, em 6 locais diferentes, 0,15m cada, figura 3		0,9				0,9	
Eflorações acumuladas e presença de ferrugem, na face lateral, banzo inferior, e na zona da furação, das vigas laterais do tabuleiro, lado montante e lado jusante		72,0				72,0	
Carlingas de pilar e carlingas de encontro		36,0	m		34,5	1,5	
*Destacamento do betão com profundidade > 25,4mm ou com diâmetro > 152mm, em face de carlinga sobre pilar sudeste jusante, face virada a noroeste, em 1,50m		1,5				1,5	
*Armadura exposta sem perda significativa de secção, face de carlinga sobre pilar sudeste jusante, face virada a nordeste, em 1,50m ²		1,5			1,5		
*Eflorações brancas sem acumulação e sem ferrugem em faces de carlingas de pilares e de encontros		36,0			36,0		
Aparelhos de apoio							
Aparelhos de apoio		42,0	un	42,0			
Infraestrutura							
Pilares		4,0	un	4,0			
Vigas de pilar		18,0	m		18,0		
Eflorações brancas sem presença de ferrugem, na face lateral das vigas de pilar, sobre pilar nordeste e sudeste numa extensão de 18,0m, figura 3		18,0			18,0		
Encontros		18,0	m	18,0			

*Mais do que um defeito na mesma condição e no mesmo espaço

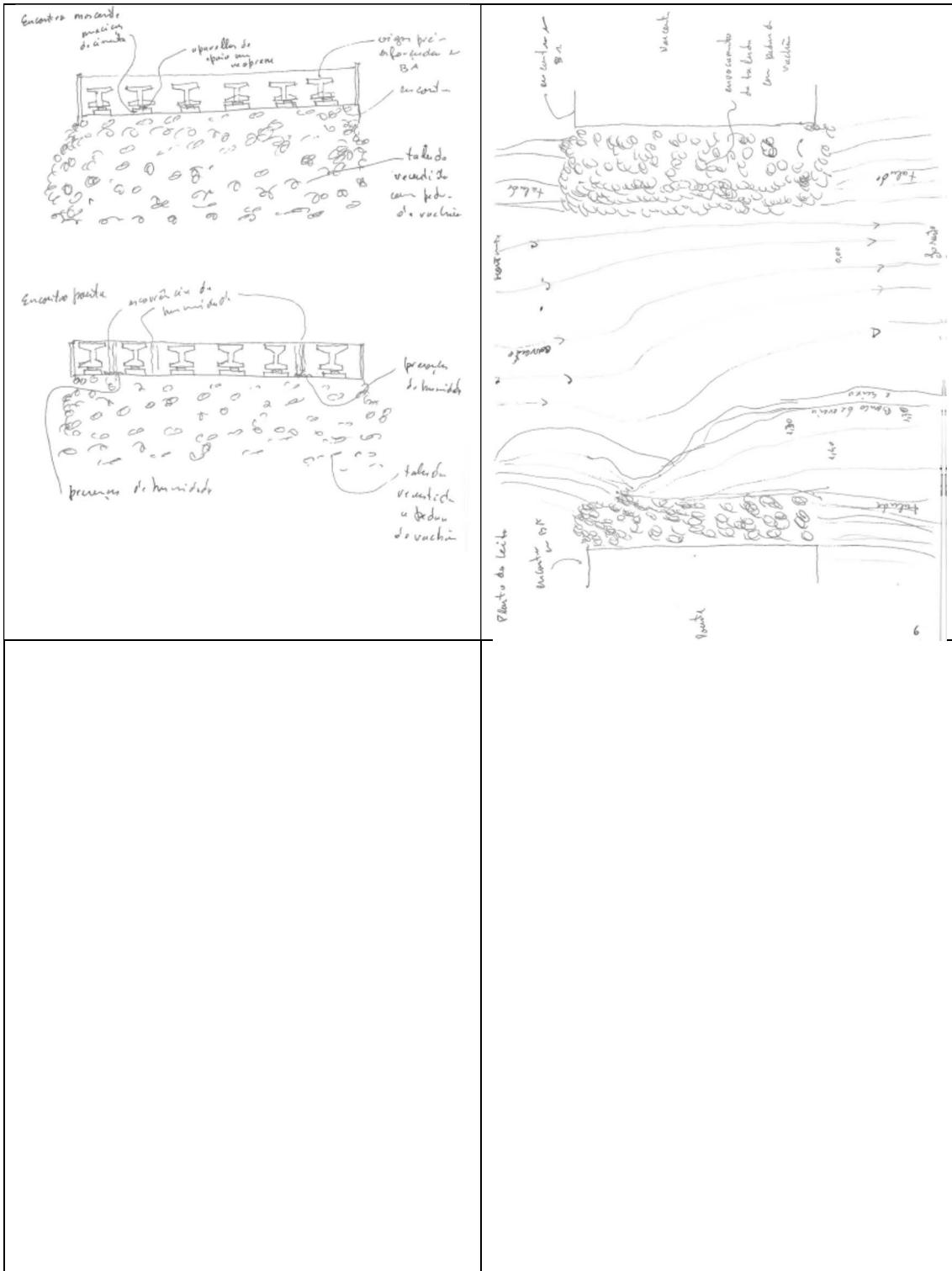
	
a) vista geral do tabuleiro, de sudoeste para nordeste	b) vista do alçado lado montante
	
c) eflorescências em vigas de bordadura de laje de tabuleiro	d) junta dilatação obstruída
	
e) dano em viga pré esforçada para abertura de dreno e drenagem direta	f) eflorescências brancas em vigas de pilares
Figura 3 – Ponte 71	





Código de ponte	76	Data de inspeção visual		09/jan/17			
Elemento		Quantidade total de elementos	Un	Condição			
Descrição das anomalias por elemento				1	2	3	4
				Bom	Razoável	Mau	Grave
Tabuleiro							
Laje		219,1	m ²	219,1			
Pavimento com revestimento betuminoso		258,5	m ²	258,5			
Sistema de drenagem do tabuleiro		4,0	un			4,0	
*A drenagem através dos tubos de queda não tem atingido os elementos primários da estrutura pese embora tal possa acontecer com determinadas condições de chuva e vento, devido ao comprimento insuficiente dos tubos de queda, figura 4		4,0				4,0	
*Entupimento moderado. Não mais de 25% de obstrução dos drenos de pavimento. Sem acumulação de água. Não requer uma análise ao sistema de drenagem, figura 4		4,0				4,0	
Juntas de dilatação							
Junta de dilatação		18,3	m			18,3	
*Destacamento do bordo da junta superior a 25,4mm em profundidade, em 1,50m da junta sobre encontro poente e em 2,50m em junta de encontro nascente, figura 4		4,0				4,0	
*Detritos acumulados e compactados com influência no movimento da junta, na zona das juntas situada a cerca de 2m do lancil, na junta do encontro nascente e do encontro poente, figura		8,0				8,0	
*Entrada moderada de água através da junta de dilatação, indo sair nas face superior dos encontros e no topo do encontro, junta do encontro poente, figura 4		8,0				8,0	
Zona de transição							
Revestimento betuminoso		90,0	m ²	90,0			
Guardas de protecção							
Parte metálica da guarda		48,0	m	48,0			
Parte de betão da guarda							
Superestrutura							
Vigas transversais			m				
Vigas de betão pré esforçado		168,0	m	168,0			
Carlingas de pilar e carlingas de encontro			m				
Aparelhos de apoio							
Aparelhos de apoio		14,0	un	14,0			
Infraestrutura							
Pilares			un				
Encontros		18,3	m	18,3			
*Mais do que um defeito na mesma condição e no mesmo espaço							

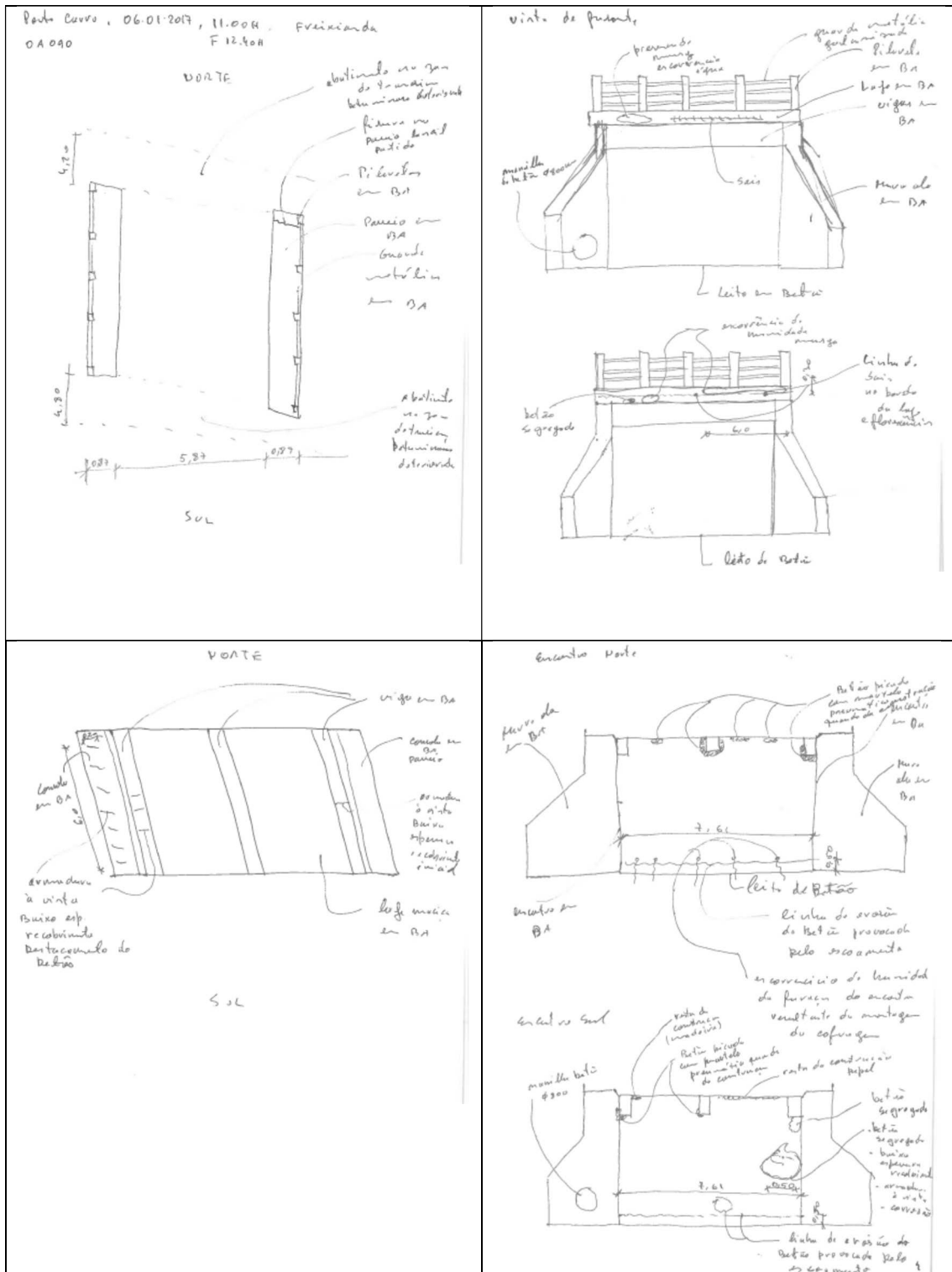
	
<p>a) vista geral do tabuleiro, de nascente para ponte</p>	<p>b) vista do alçado lado jusante</p>
	
<p>c) comprimento insuficiente de tubo de queda</p>	<p>d) obstrução dos drenos de pavimento</p>
	
<p>e) bordo de junta de dilatação deteriorado</p>	<p>f) presença de água no encontro devido a falta de estanquidade de junta dilatação</p>
<p>Figura 4 – Ponte 76</p>	



Código de ponte	90	Data de inspeção visual		06.jan.2017			
Elemento		Quantidade total de elementos	Un	Condição			
Descrição das anomalias por elemento				1	2	3	4
				Bom	Razoável	Mau	Grave
Tabuleiro							
Laje		45,7	m ²	41,5	4,2		
*Destacamento do betão com profundidade < 25,4mm e com diâmetro < 152mm, numa extensão de 6,00x0,20m, face inferior, sob passeio, lado montante, figura 5		1,2			1,2		
*Armadura exposta, numa extensão de 6,00x0,20m, face inferior, sob passeio, lado montante, figura 5		1,2			1,2		
Eflorescências, no bordo de laje lado jusante, sem acumulação ou lexiviação, numa extensão de 2,0x0,30m, figura 5		0,6			0,6		
Eflorescências, no bordo de laje lado montante, sem acumulação ou lexiviação, numa extensão de 6,0x0,30m, figura 5		1,2			1,2		
Pavimento com revestimento betuminoso		35,2	m ²	35,2			
Sistema de drenagem do tabuleiro			un				
Sem sistema de drenagem							
Juntas de dilatação							
Sem juntas de dilatação							
Zona de transição							
Revestimento betuminoso		76,1	m ²		76,1		
Assentamento < 19,5mm, lado sul, figura		38,1			38,1		
Assentamento < 19,5mm, lado norte		38,1			38,1		
Guardas de protecção							
Parte metálica da guarda		12,0	m	12,0			
Parte de betão da guarda		12,0	m	12,0			
Superestrutura							
Vigas longitudinais de betão		18,0	m	18,0			
Aparelhos de apoio							
Sem aparelhos de apoio			un				
Sub-estrutura							
Pilares			un				
Vigas de pilar			m				
Encontros		31,2	m	15,0	16,2		
Abrasão do betão devido a circulação de caudal expondo agregado de brita, sem destacamento do mesmo, no encontro norte a 0,50m de altura do leito e numa extensão de 7,61m, figura 5		7,6			7,6		
Abrasão do betão devido a circulação do caudal expondo agregado de brita, sem destacamento do mesmo, no encontro sul a 0,50m de altura do leito e numa extensão de 7,61m		7,6			7,6		
Destacamento do betão com profundidade < 25,4mm e com diâmetro < 152mm, numa extensão de 0,50m, paramento encontro sul, lado montante, figura 5		0,5			0,5		
Armadura exposta, numa extensão de 0,50m, encontro sul, lado montante, figura 5		0,5			0,5		

*Mais do que um defeito na mesma condição e no mesmo espaço

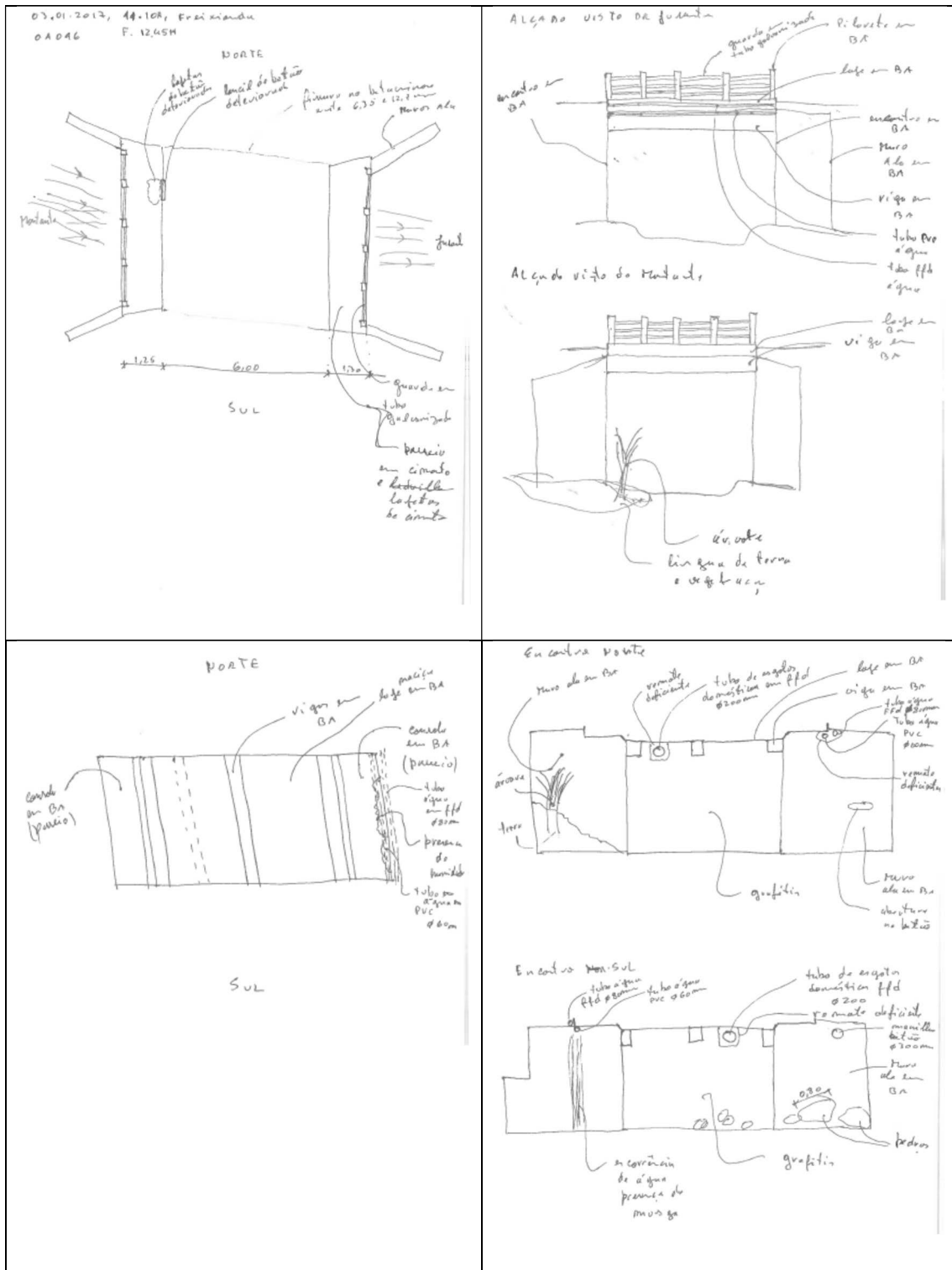
	
a) vista geral do tabuleiro, de sul para norte	b) vista do alçado lado jusante
	
c) destacamento do betão e armadura exposta face inferior laje lado montante	d) eflorescências brancas bordo laje lado montante
	
e) abrasão do betão expondo agregados devido a efeito do caudal, encontro norte	f) destacamento do betão e armadura exposta encontro sul
Figura 5 – Ponte 90	

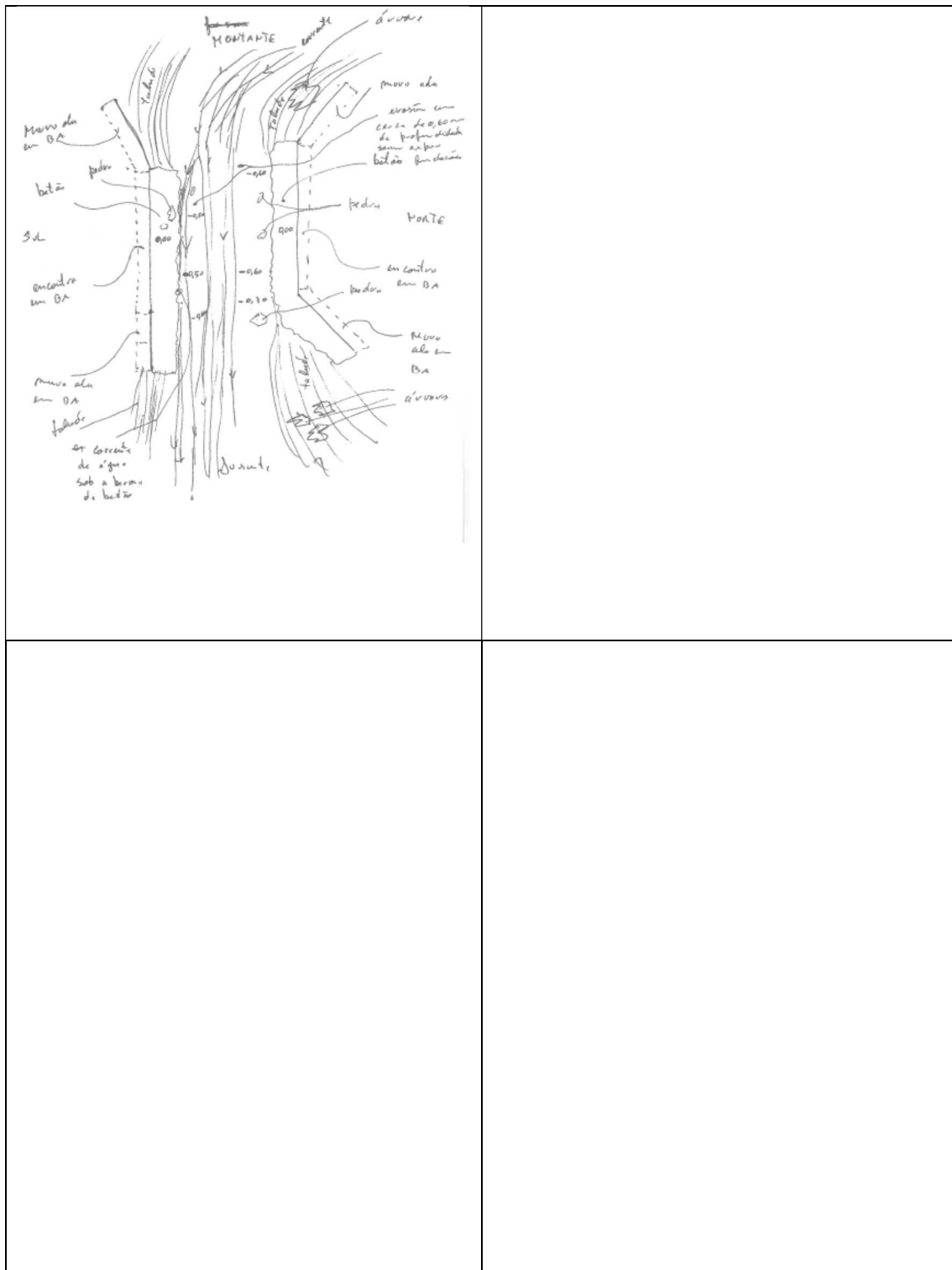




Código de ponte	96	Data de inspeção visual		03.jan.2017			
Elemento		Quantidade total de elementos	Un	Condição			
Descrição das anomalias por elemento				1	2	3	4
				Bom	Razoável	Mau	Grave
Tabuleiro							
Laje		41,9	m ²	41,9			
Pavimento com revestimento betuminoso		29,4	m ²		6,0		
Fissura no pavimento betuminoso, com espessura entre 6,35 e 12,7mm na zona fronteira tabuleiro/via, lado norte		6,0			6,0		
Sistema de drenagem do tabuleiro			un				
Sem sistema de drenagem							
Juntas de dilatação							
Sem juntas de dilatação							
Zona de transição							
Revestimento betuminoso		51,3	m ²	51,3			
Guardas de protecção							
Parte metálica da guarda		9,8	m	9,8			
Parte de betão da guarda		9,8	m	9,8			
Superestrutura							
Laje			m ²				
Vigas longitudinais de betão		14,7	m	14,7			
Aparelhos de apoio							
Sem aparelhos de apoio							
Infraestrutura							
Pilares			un				
Vigas de pilar							
Encontros		33,1	m	16,0	17,1		
Erosão dentro de limites toleráveis ao longo de todo o encontro norte, com 0,60m de profundidade média, sem exposição da fundação, figura 6		8,6			8,6		
Erosão dentro de limites toleráveis ao longo de todo o encontro sul, com 0,60 de profundidade média, sem exposição da fundação, figura 6		8,6			8,6		

	
<p>a) vista geral do tabuleiro, de norte para sul</p>	<p>b) vista do alçado lado jusante</p>
	
<p>c) erosão em ambos os encontros</p>	<p>d) erosão ambos os encontros</p>
	
<p>e) erosão encontro sul</p>	<p>f) erosão encontro norte</p>
<p>Figura 6 - Ponte 96</p>	



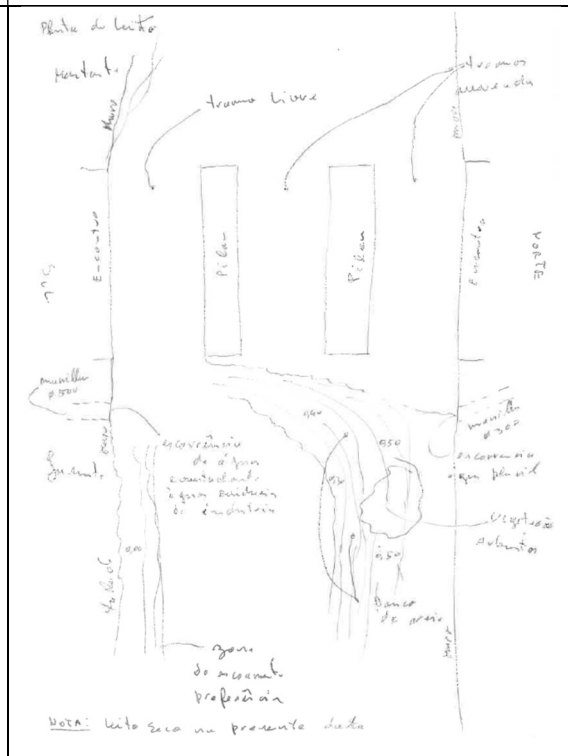
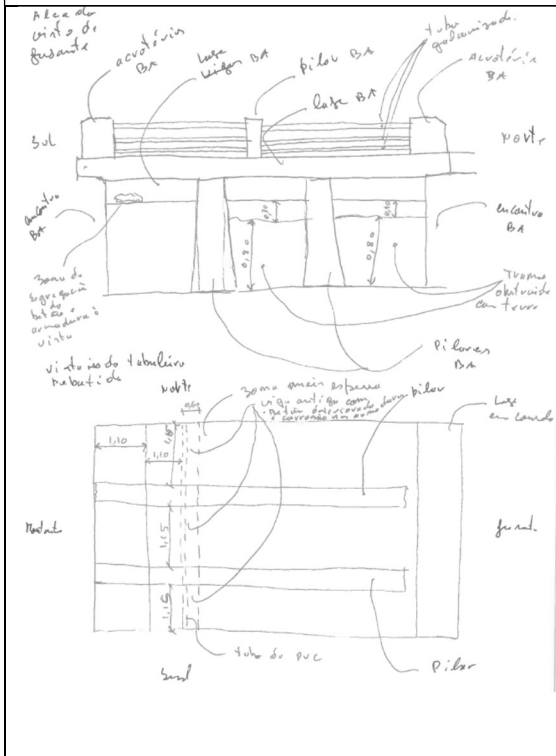
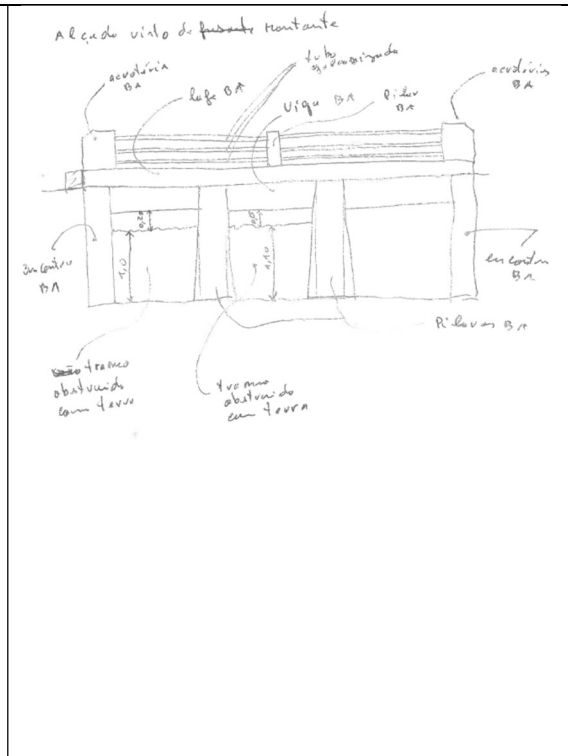
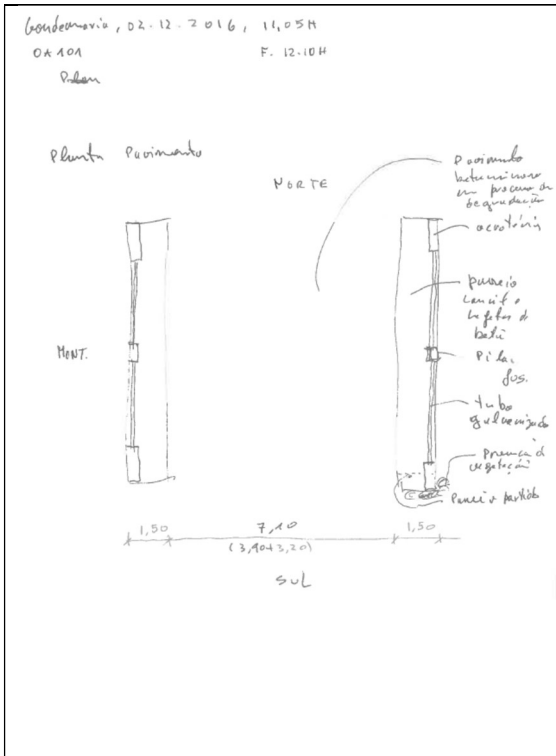


Código de ponte	101	Data de inspeção visual	2 de dezembro de 2016			
Elemento	Quantidade total de elementos	Un	Condição			
Descrição das anomalias por elemento			1	2	3	4
			Bom	Razoável	Mau	Grave
Tabuleiro						
Laje	49,0	m ²	48,5	0,5		
Armadura exposta sem perda significativa de secção, numa extensão de 0,50m ² , em bordo de laje, vão do lado sul, lado jusante, figura 7	0,5			0,5		
Pavimento com revestimento betuminoso	34,4	m ²		34,4		
Deterioração lenta da camada betuminosa, figura 7	34,4			34,4		
Sistema de drenagem do tabuleiro		un				
Sem sistema de drenagem						
Juntas de dilatação						
Sem juntas de dilatação						
Zona de transição						
Revestimento betuminoso	30,3	m ²	30,3			
Guardas de protecção						
Parte metálica da guarda	9,7	m	9,7			
Parte de betão da guarda	9,7		9,7			
Superestrutura						
*Vigas longitudinais de betão	3,5	m			3,5	
**Destacamento do betão com profundidade > 25,4mm ou com diâmetro > 152mm, em viga antiga existente nos três vãos, 3*1,15m, lado montante, figura 7	3,5				3,5	
**Armadura exposta com perda significativa de secção, sem requerer análise estrutural, em viga antiga existente nos três vãos, 3*1,15m, lado montante, figura 7	3,5				3,5	
Vigas transversais		m				
Vigas de betão pré esforçado		m				
Aparelhos de apoio						
Sem aparelhos de apoio		un				
Sub-estrutura						
Pilares parede	25,8	m	25,8			
Vigas de pilar		m				
Encontros	20,2	m	20,2			

*O tabuleiro da ponte foi ampliado, em data que se desconhece, para jusante e para montante para alargamento o perfil transversal. A laje de tabuleiro apoia directamente em encontros e pilares parede. Nesta ponte considera-se que não tem vigas de apoio da laje de tabuleiro. As vigas antigas refenciadas na superestrutura não suportam na realidade a estrutura







** mais do que um dano na mesma condição e no mesmo espaço

	
a) vista geral do tabuleiro, de norte para sul	b) vista do alçado lado montante
	
c) armadura exposta em laje tabuleiro lado jusante, vão sul	d) revestimento do pavimento betuminoso deteriorado
	
e) destacamento do betão e armadura exposta em viga	f) destacamento do betão e armadura exposta com perda significativa de secção
Figura 7 – Ponte 101	



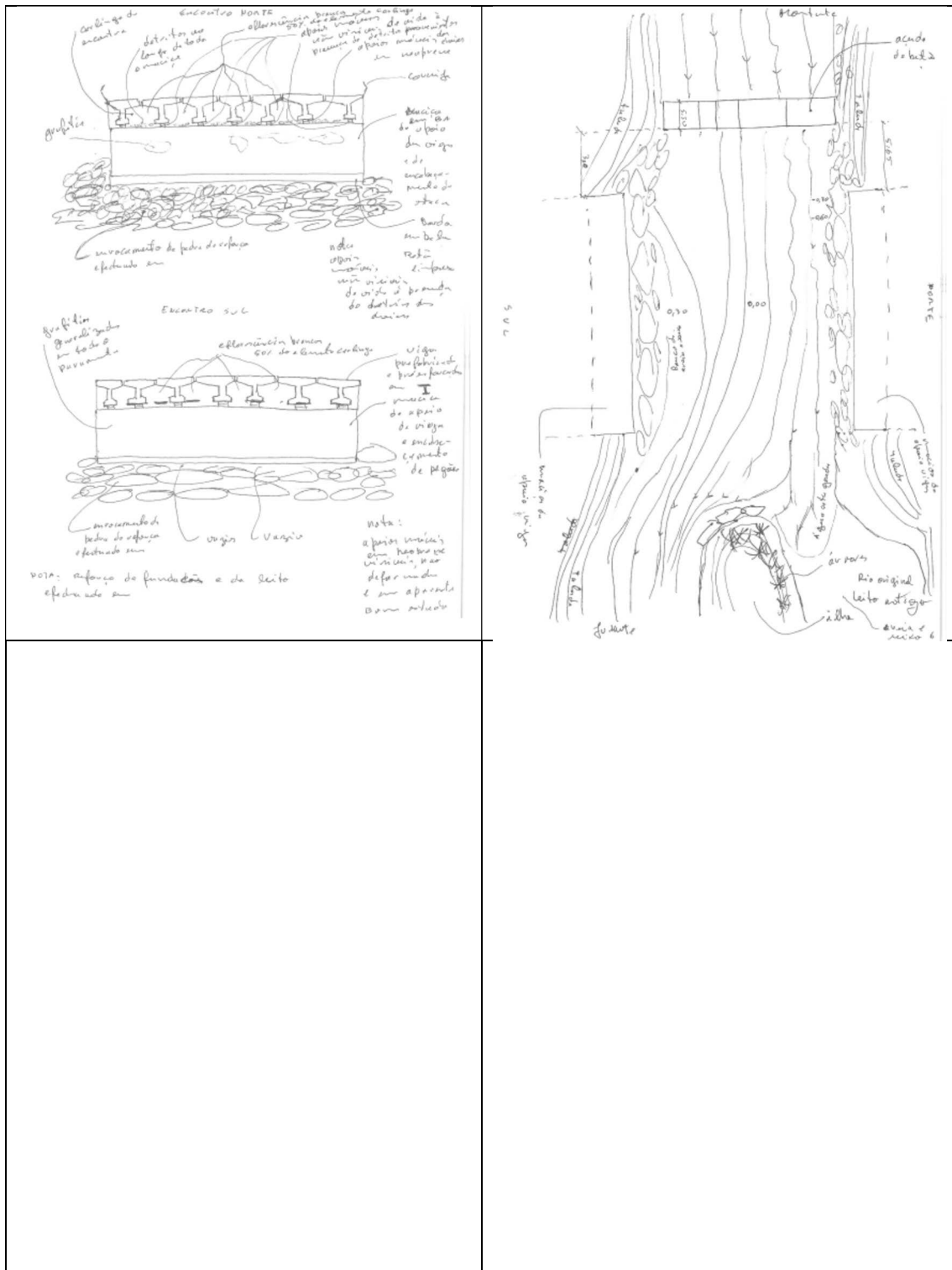
Código de ponte	121	Data de inspeção visual		13-jan-17			
Elemento		Quantidade total de elementos	Un	Condição			
Descrição das anomalias por elemento				1	2	3	4
				Bom	Razoável	Mau	Grave
Tabuleiro							
Laje		44,3	m ²		5,9		
*Destacamento do betão com profundidade < 25,4mm ou com diâmetro < 152mm, face inferior de laje, sob passeio montante, 3m ² , figura 8		3,0			3,0		
*Armadura exposta, face inferior da laje sob passeio montante sem perda significativa de secção de aço, em 3,0m ² , figura 8		3,0			3,0		
Pavimento com revestimento betuminoso		28,4	m ²	28,4			
Sistema de drenagem do tabuleiro			un				
Sem sistema de drenagem							
Juntas de dilatação							
Sem juntas de dilatação							
Zona de transição							
Revestimento betuminoso		60,0	m ²	60,0			
Guardas de protecção							
Parte metálica da guarda		11,8	m	11,8			
Parte de betão da guarda		11,8		11,8			
Superestrutura							
Vigas longitudinais de betão		17,7	m	17,7			
Vigas transversais			m				
Vigas de betão pré esforçado			m				
Aparelhos de apoio							
Sem aparelhos de apoio			un				
Sub-estrutura							
Pilares			un				
Vigas de pilar			m				
Encontros		15,0	m	15,0			

*Mais do que um defeito na mesma condição e no mesmo espaço

	
a) vista geral do tabuleiro, de sul para norte	b) vista do alçado lado montante
	
c) destacamento do betão e armadura exposta	d) destacamento do betão e armadura exposta
	
e) destacamento do betão e armadura exposta sem perda significativa de secção	f) destacamento do betão e armadura exposta sem perda significativa de secção
Figura 8 – Ponte 121	

Código de ponte	134	Data de inspeção visual		11-jan-17			
Elemento		Quantidade total de elementos	Un	Condição			
Descrição das anomalias por elemento				1	2	3	4
				Bom	Razoável	Mau	Grave
Tabuleiro							
Laje		205,2	m ²	205,2			
Pavimento com revestimento betuminoso		153,9	m ²	153,9			
Sistema de drenagem do tabuleiro			un				
Sem sistema de drenagem							
Juntas de dilatação							
Junta de dilatação		24,1	m			24,1	
Juntas de dilatação completamente obtruidas com pavimento betuminoso condicionando os movimentos, lado nordeste e lado sudeste, figura 9		24,1				24,1	
Zona de transição							
Revestimento betuminoso		96,6	m ²	96,6			
Guardas de protecção							
Parte metálica da guarda		34,0	m	34,0			
Superestrutura							
Vigas transversais							
Vigas de betão pré esforçado		119,0	m	106,2	12,8		
Dano em vigas pré esforçadas, com 0,20m cada devido a impacto de máquina ocorrido em obras de reforço de fundações, esquina de banzo inferior, lado jusante nas duas vigas mais próximas de jusante, lado sul, figura 9		0,8			0,8		
Eflorescências brancas sem presença de ferrugem, em 8,0m na face lateral, lado jusante da viga jusante, e em 4,0m da face lateral lado montante, viga montante, figura 9		12,0			12,0		
Carlingas de encontro		24,1	m	12,1	12,1		
*Eflorescências brancas sem acumulação e sem ferrugem em 50% das faces das carlingas de encontros, carlinga de encontro norte e carlinga de encontro sul		12,1			12,1		
Aparelhos de apoio							
Aparelhos de apoio		14,0	un		14,0		
Presença de detritos proveniente das cheias junto dos aparelhos de apoio podendo a prazo impedir o correcto movimento dos aparelhos, figura 9		14,0			14,0		
Sub-estrutura							
Pilares							
Vigas de pilar			m				
Encontros		24,1	m	21,1	3,0		
*Eflorescências brancas sem acumulação e sem ferrugem em 50% da face lateral montante de encontro norte, e em 50% da face lateral jusante do encontro sul		3,0			3,0		
*Mais do que um defeito na mesma condição e no mesmo espaço							

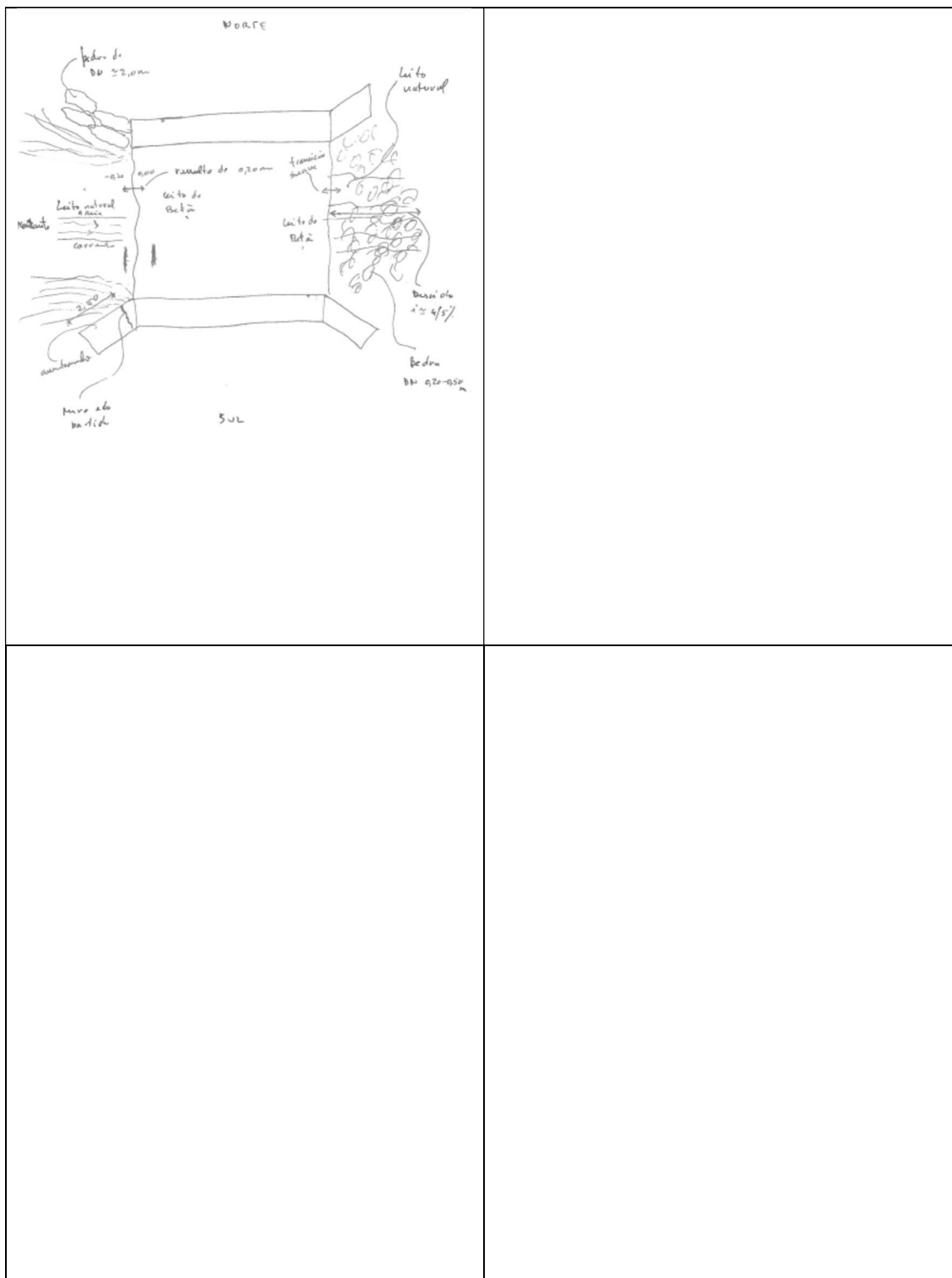
	
a) vista geral do tabuleiro, de sul para norte	b) vista do alçado lado montante
	
c) junta de dilatação obstruída com pavimento betuminoso	d) esquina de viga pré-esforçada deteriorada devido a impacto
	
e) eflorescências em viga pré-esforçada lado jusante	f) presença de detritos junto de aparelhos de apoio
Figura 9 – Ponte 134	



Código de ponte	138	Data de inspeção visual	30-dez-16				
Elemento	Descrição das anomalias por elemento	Quantidade total de elementos	Un	Condição			
				1	2	3	4
				Bom	Razoável	Mau	Grave
Tabuleiro							
Laje		30,1	m ²	10,3		19,8	
	*Destacamento do betão com profundidade > 25,4mm ou com diâmetro > 152mm, na face inferior de laje e sob passeios jusante e montante e entre vigas lado jusante, 9,7m ² , figura 10	9,7				9,7	
	*Armadura exposta, face inferior da laje sob passeios jusante e montante e entre vigas lado jusante com perda de secção de aço mas sem requerer análise estrutural, em 9,7m ² , figura 10	9,7				9,7	
	Bordo de laje de tabuleiro partido causado por impacto, bordo na zona do passeio lado jusante, 0,50m ²	0,5				0,5	
	Pavimento com revestimento betuminoso	26,0	m ²	26,0			
	Sistema de drenagem do tabuleiro		un				
	Sem sistema de drenagem						
Juntas de dilatação							
	Sem juntas de dilatação						
Zona de transição							
	Revestimento betuminoso	47,2	m ²			47,2	
	Assentamento excede limites toleráveis mas não requer análise estrutural > 19,05mm, lado norte, figura 10	23,6				23,6	
	Assentamento excede limites toleráveis mas não requer análise estrutural > 19,05mm, lado sul	23,6				23,6	
Guardas de protecção							
	Parte metálica da guarda	10,2	m			10,2	
	Presença de ferrugem em todos os tubos metálicos das guardas. Perda de secção evidente dos tubos, lado jusante e montante, figura	10,2		10,2		10,2	
	Parte de betão da guarda	10,2					
Superestrutura							
	Vigas longitudinais de betão	15,3	m		1,0		
	*Destacamento do betão com profundidade < 25,4mm ou com diâmetro < 152mm, face lateral de viga jusante sobre apoio encontro do norte, 0,5m, figura 10	0,5			0,5		
	*Armadura exposta, face lateral de viga jusante sobre apoio do encontro norte sem perda de secção de aço, em 0,5m, figura 10	0,5			0,5		
	Vigas transversais		m				
	Vigas de betão pré esforçado		m				
Aparelhos de apoio							
	Sem aparelhos de apoio		un				
Sub-estrutura							
	Pilares		un				
	Vigas de pilar		m				
	Encontros	19,3	m	16,5		0,3	2,5
	Fissura vertical de 100mm de largura e 1,0m de desenvolvimento em muro ala do lado montante sul, figura	0,3				0,3	
	Assentamento de muro, lado montante sul. A condição requer uma avaliação estrutural para determinar o efeito do dano no elemento e na ponte, figura 10	2,5					2,5

*Mais do que um defeito na mesma condição e no mesmo espaço

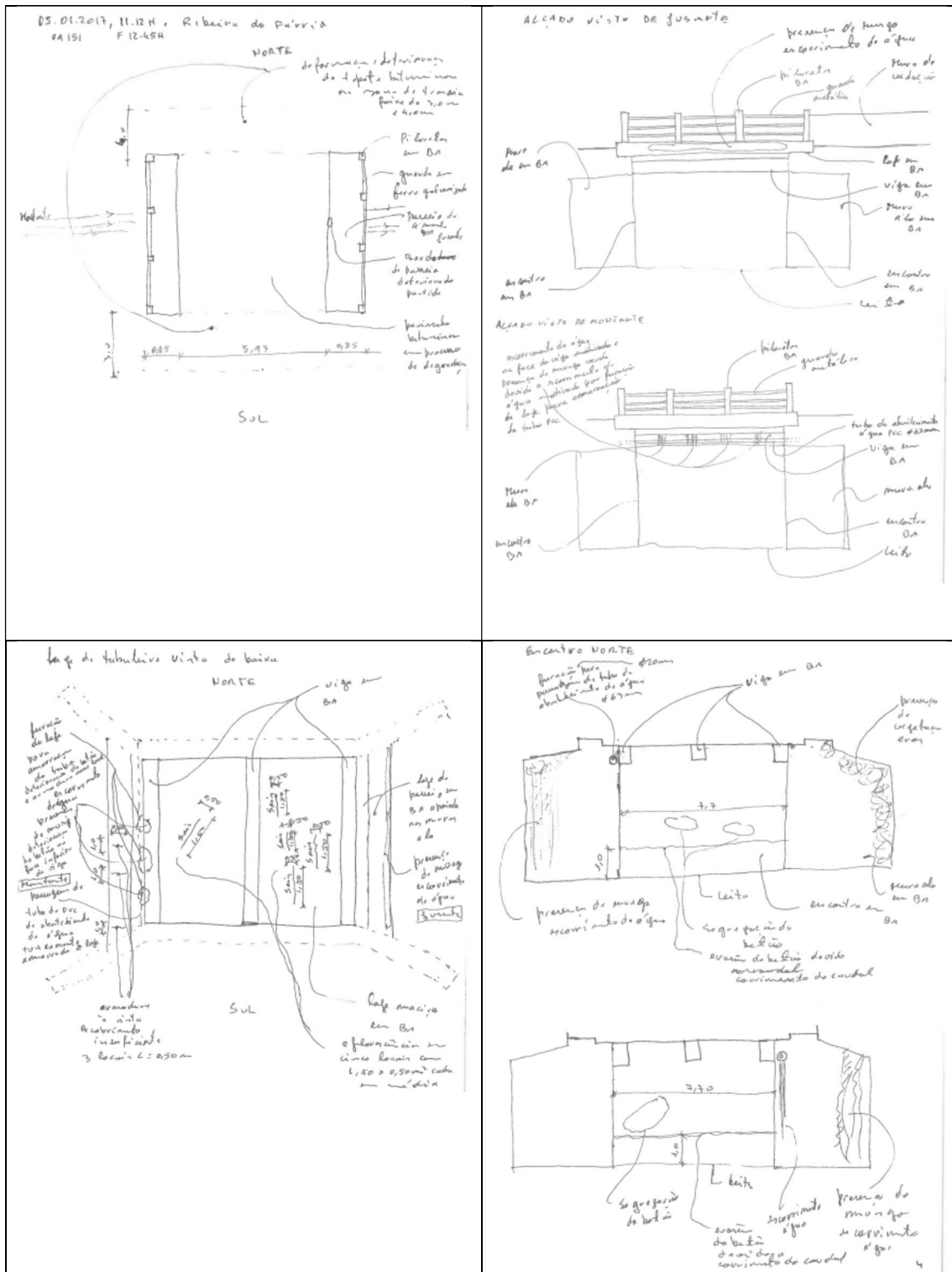
	
<p>a) vista geral do tabuleiro, de sul para norte</p>	<p>b) vista do alçado lado jusante</p>
	
<p>c) destacamento do betão e armadura exposta laje de tabuleiro lado jusante</p>	<p>d) assentamento na zona de transição lado norte</p>
	
<p>e) destacamento e armadura exposta em face de viga da superestrutura, lado norte</p>	<p>f) assentamento de muro ala lado montante sul</p>
<p>Figura 10 – Ponte 138</p>	

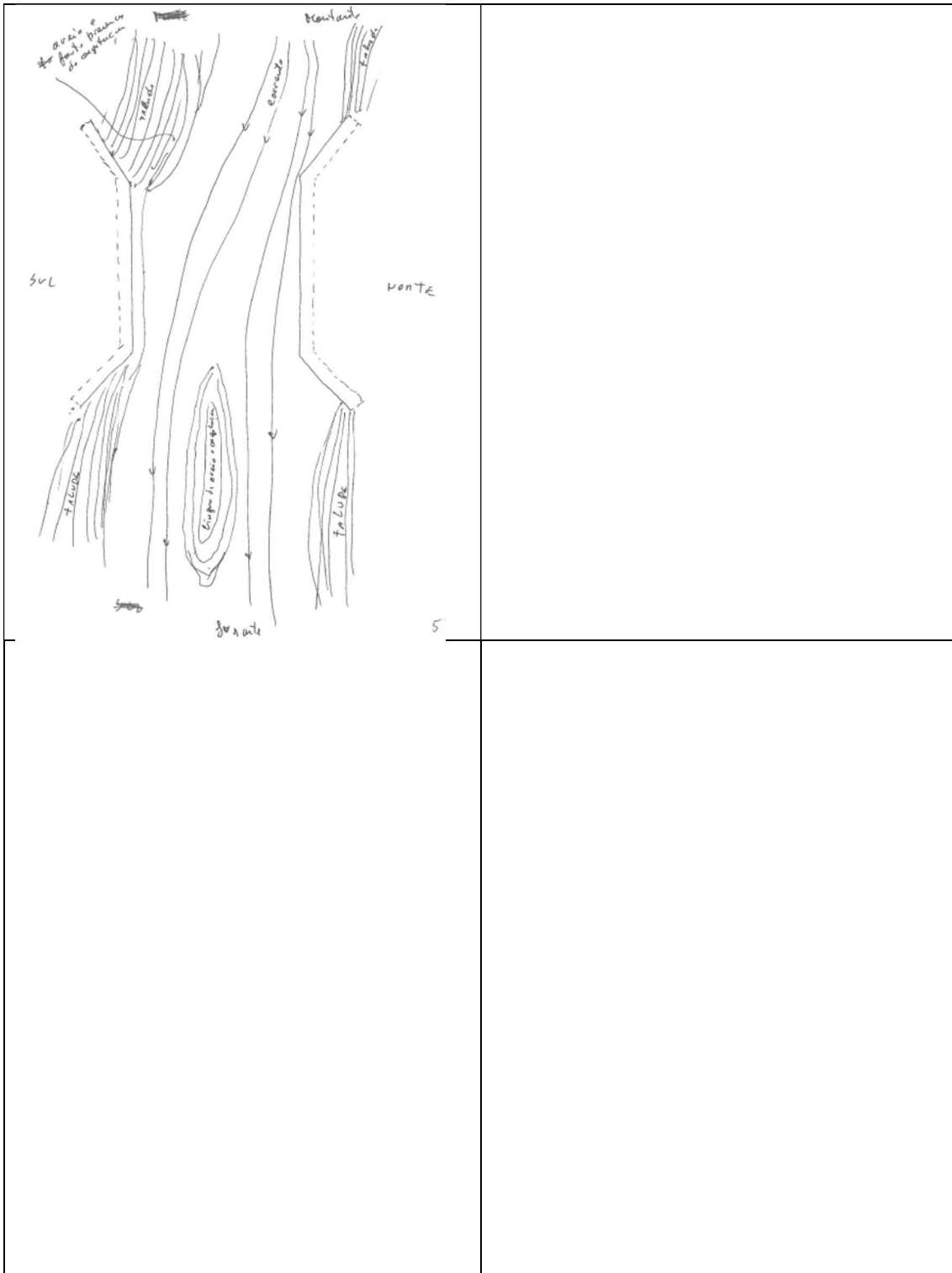


Código de ponte	151	Data de inspeção visual	05-jan-17			
Elemento	Quantidade total de elementos	Un	Condição			
Descrição das anomalias por elemento			1	2	3	4
			Bom	Razoável	Mau	Grave
Tabuleiro						
Laje	32,2	m ²	26,2	2,3	3,8	
*Destacamento do betão com profundidade < 25,4mm e com diâmetro < 152mm, face inferior de laje três locais, 0,50m ² cada, figura 11	1,5			1,5		
*Armadura exposta, na face inferior do tabuleiro sem perda de secção de aço, em três locais diferentes com 0,75m ² cada, lado monante, sob passeio, figura 11	1,5			1,5		
Eflorescências acumuladas com manchas de ferrugem, face inferior da laje em cinco locais, 0,75m ² cada, figura 11	3,8				3,8	
Pavimento com revestimento betuminoso	25,1	m ²		25,1		
Deterioração lenta do pavimento betuminoso	25,1			25,1		
Sistema de drenagem do tabuleiro		un				
Sem sistema de drenagem						
Juntas de dilatação						
Sem juntas de dilatação						
Zona de transição						
Revestimento betuminoso	53,7	m ²			53,7	
Assentamento excede limites toleráveis mas não requer análise estrutural > 19,05mm, lado norte, figura 11	30,7				30,7	
Assentamento excede limites toleráveis mas não requer análise estrutural > 19,05mm, lado sul	23,0				23,0	
Guardas de protecção						
Parte metálica da guarda	8,4	m	8,4			
Parte de betão da guarda	8,4	m	8,4			
Superestrutura						
Vigas longitudinais de betão	12,6	m	12,6			
Vigas transversais		m				
Vigas de betão pré esforçado		m				
Aparelhos de apoio						
Sem aparelhos de apoio		un				
Sub-estrutura						
Pilares		un				
Vigas de pilar		m				
Encontros	31,3	m	16,0	15,3		
Abrasão do betão devido ao corrimento do caudal, expondo agregado de brita, sem destacamento do mesmo, no encontro sul a 1,00m de altura do leito e numa extensão de 7,67m	7,7			7,7		
Abrasão do betão devido ao corrimento do caudal, expondo agregado de brita, sem destacamento do mesmo, no encontro sul a 1,00m de altura do leito e numa extensão de 7,67m, figura 11	7,7			7,7		

*Mais do que um defeito na mesma condição e no mesmo espaço


	
a) vista geral do tabuleiro, de sul para norte	b) vista do alçado lado jusante
	
c) destacamento do betão e armadura exposta laje de tabuleiro lado montante	d) eflorescências laje de tabuleiro
	
e) assentamento da zona de transição lado norte	f) abrasão do betão expondo inertes devido ao caudal, zona inferior encontro sul
Figura 11 – Ponte 151	

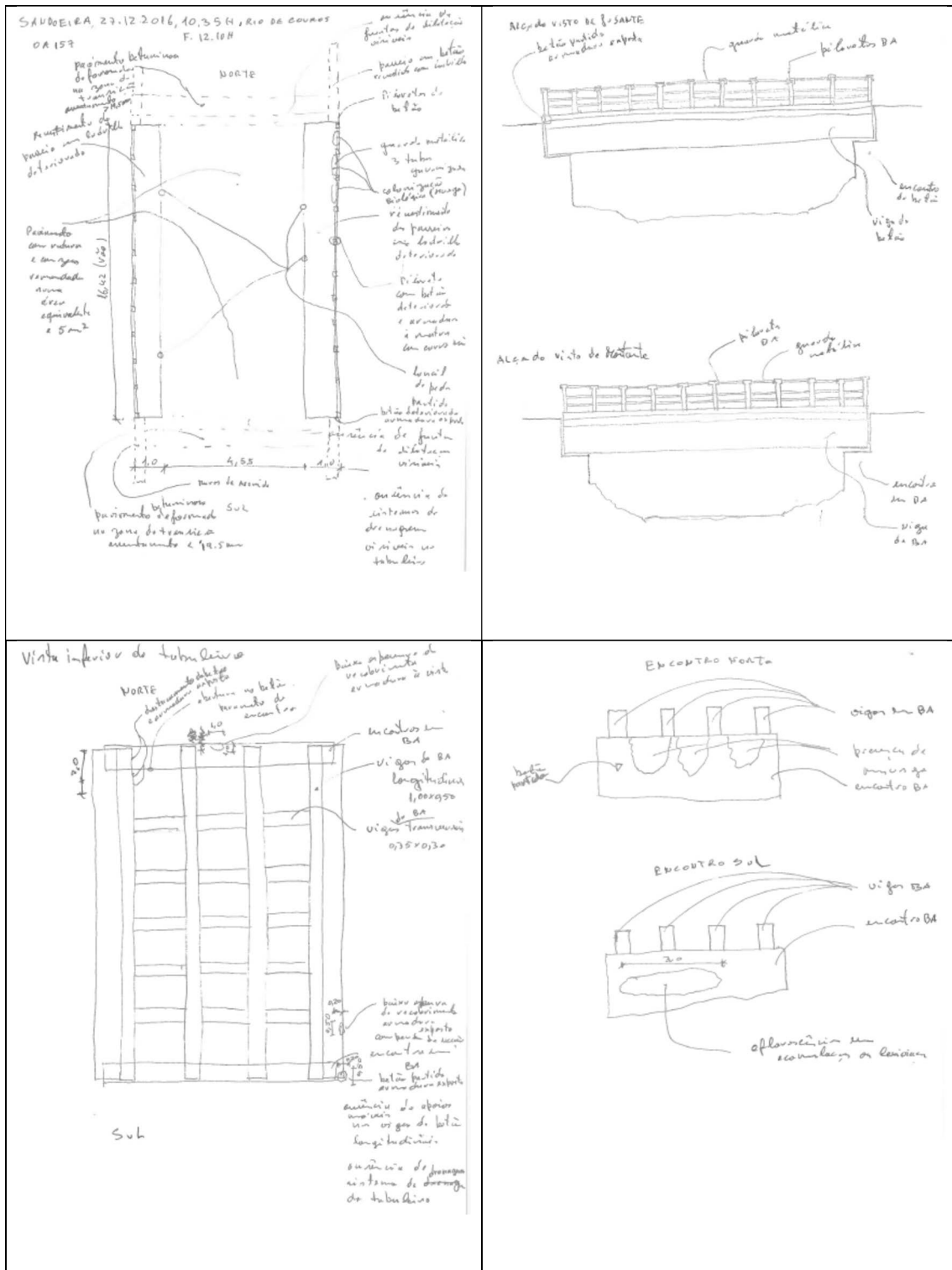


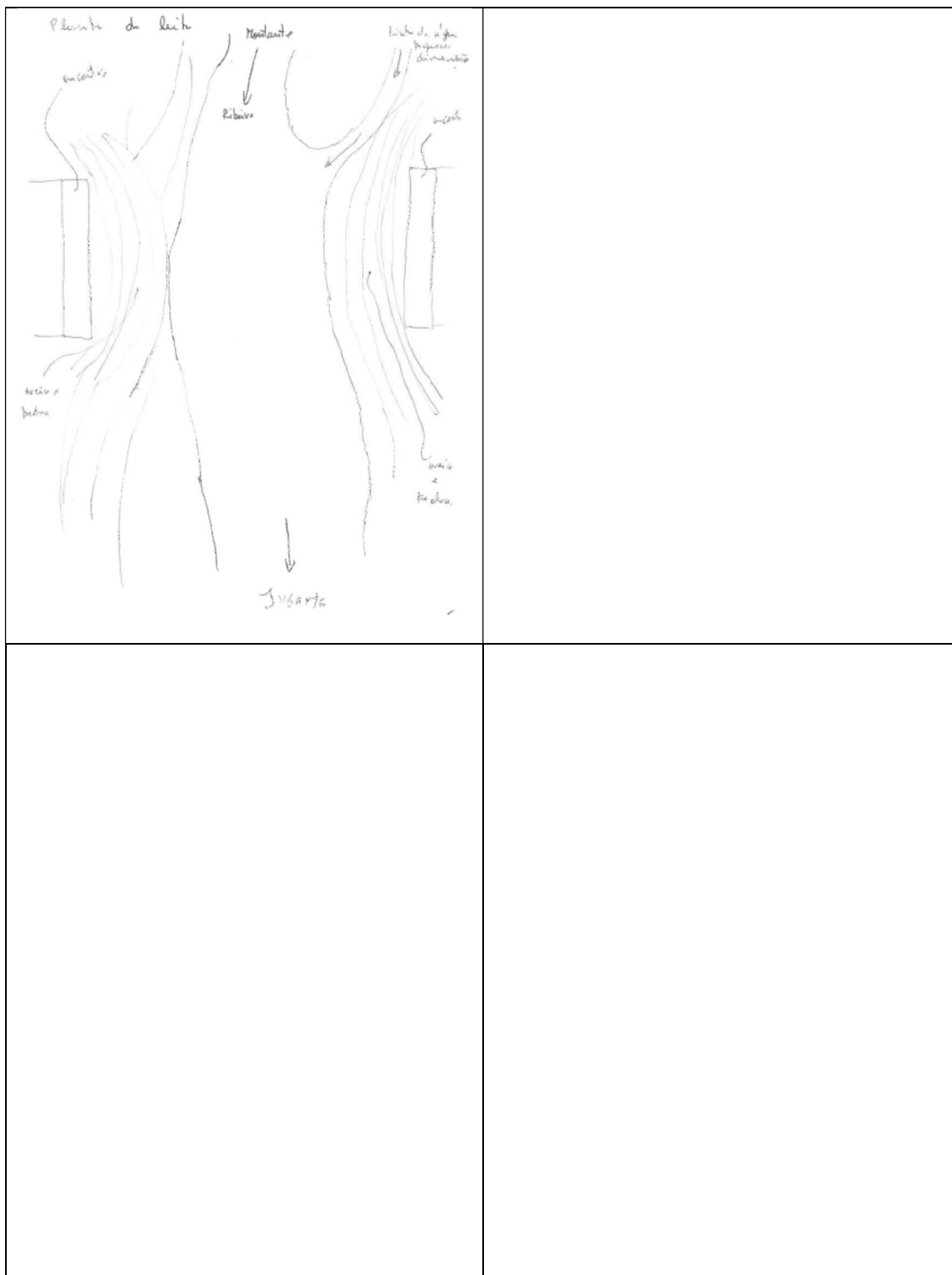


Código de ponte	157	Data de inspeção visual	27-dez-16			
Elemento	Quantidade total de elementos	Un	Condição			
Descrição das anomalias por elemento			1	2	3	4
			Bom	Razoável	Mau	Grave
Tabuleiro						
Laje	98,3	m ²	96,3	2,0		
*Destacamento do betão com profundidade < 25,4mm e com diâmetro < 152mm, figura 4	1,0			1,0		
*Armadura exposta, face inferior do tabuleiro sem perda de secção de aço, sob passeio e sobre encontro norte	1,0			1,0		
*Destacamento do betão com profundidade < 25,4mm mas com diâmetro > 152mm, sob passeio, lado jusante, figura 12	0,5				0,5	
*Armadura exposta com perda de secção de aço, sob passeio, lado jusante, figura 12	0,5				0,5	
Pavimento com revestimento betuminoso	68,3	m ²	28,3	5,0	35,0	
Pavimento com ruturas e com zonas remendadas , numa área de 5,0m2	5,0			5,0		
Fissuras com espessura superiores a 12,5mm, numa área de 35,0m2, figura 12	35,0				35,0	
Sistema de drenagem do tabuleiro		un				
Sem sistema de drenagem						
Juntas de dilatação						
Sem juntas de dilatação						
Zona de transição						
Revestimento betuminoso	65,5	m ²		32,8	32,8	
Assentamento < 19,5mm, lado sul	32,8			32,8		
Assentamento > 19,5mm, lado norte, figura 12	32,8				32,8	
Guardas de protecção						
Parte metálica da guarda	30,0	m	30,0			
Parte de betão da guarda	30,0		29,0	1,0		
*Destacamento do betão com profundidade < 25,4mm e diâmetro < 152mm, em pilarete de betão da guarda, lado jusante e lado montante, figura 12	0,5			0,5		
*Armadura exposta, pilarete de betão da guarda, lado jusante e lado montante, figura 12	0,5			0,5		
Superestrutura						
Vigas longitudinais de betão	82,7	m	78,7	4,0		
*Destacamento do betão com profundidade < 25,4mm e com diâmetro < 152mm, face lateral de viga montante, lado norte sobre encontro, figura 12	2,0			2,0		
*Armadura exposta, face lateral de viga montante, lado norte sobre encontro, figura 12	2,0			2,0		
Vigas transversais	17,8	m	17,8			
Vigas de betão pré esforçado		m				
Aparelhos de apoio						
Sem aparelhos de apoio		un				
Sub-estrutura						
Pilares		un				
Vigas de pilar		m				
Encontros	13,1	m	10,1	3,0		
Eforescências, no paramento frontal do encontro sul, sem acumulação ou lexiviação	3,0			3,0		

*Mais do que um defeito na mesma condição e no mesmo espaço

	
a) vista geral do tabuleiro, de sul para norte	b) vista do alçado lado jusante
	
c) destacamento do betão e armadura exposta em laje, sob passeio, lado jusante	d) fissuras em revestimento betuminoso e assentamento na zona de transição
	
e) destacamento e armadura exposta em pilaretes betão da guarda, lado montante	f) destacamento do betão e armadura exposta, viga montante, sobre encontro norte
Figura 12 – Ponte 157	

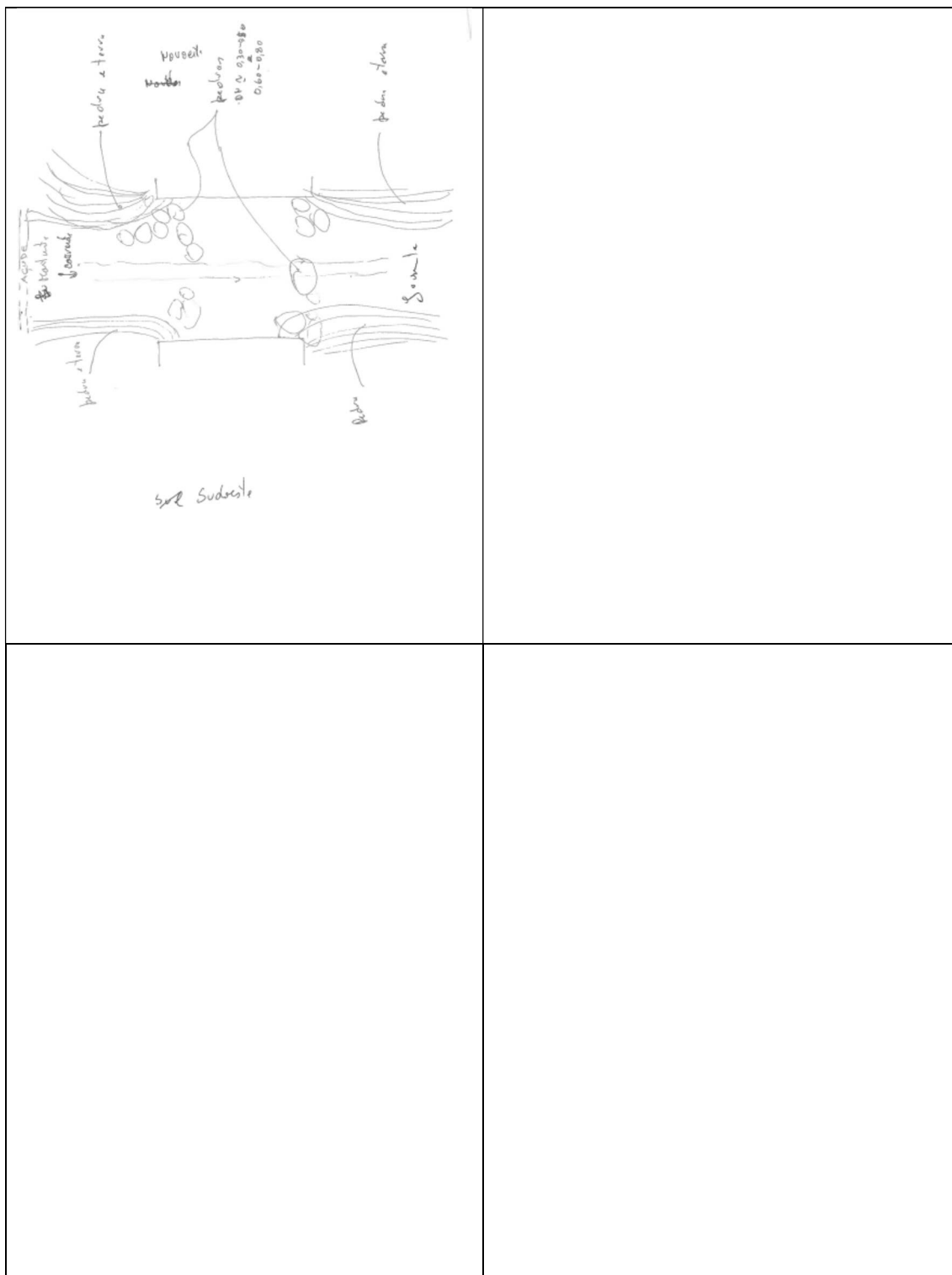










Código de ponte	169	Data de inspeção visual	28-dez-16			
Descrição das anomalias por elemento	Quantidade total de elementos	Un	Condição			
			1 Bom	2 Razoável	3 Mau	4 Grave
Tabuleiro						
Laje	24,6	m ²	21,6	3,0	1,0	
Destacamento do betão, face inferior tabuleiro, sob passeio, lado noroeste jusante, com profundidade < 25,4mm e com diâmetro < 152mm, figura 13	1,0			1,0		
Armadura exposta pontualmente, face inferior do tabuleiro, sob passeio, lado noroeste jusante, com perda de secção de aço, figura 13	1,0				1,0	
*Destacamento do betão, face inferior tabuleiro, lado noroeste jusante, com profundidade < 25,4mm e com diâmetro < 152mm	1,0			1,0		
*Armadura exposta pontualmente, face inferior do tabuleiro, lado montante, sem perda de secção de aço	1,0			1,0		
Pavimento com revestimento betuminoso	18,7	m ²		18,7		
Fissuras no pavimento entre 6,35 e 12,7mm	18,7			18,7		
Sistema de drenagem do tabuleiro	1,0	un				1,0
A drenagem de água afecta membros primários da estrutura, face lateral, viga lateral lado jusante sudoeste, figura 13	1,0					1,0
Juntas de dilatação						
Sem juntas de dilatação						
Zona de transição						
Revestimento betuminoso	36,8	m ²			36,8	
Assentamento excede limites toleráveis mas não requer análise estrutural > 19,05mm, lado noroeste	18,4				18,4	
Assentamento excede limites toleráveis mas não requer análise estrutural > 19,05mm, lado sudoeste, figura 13	18,4				18,4	
Guardas de protecção						
Parte metálica da guarda	8,0	m	8,0			
Parte de betão da guarda	8,0		8,0			
Superestrutura						
Vigas longitudinais de betão	12,0	m	11,6	0,4		
*Destacamento do betão, face lateral viga central, topo noroeste e topo sudoeste, com profundidade < 25,4mm e com diâmetro < 152mm	0,2			0,2		
*Armadura exposta pontualmente, face lateral da viga central, lado noroeste e lado sudoeste, 0,20m cada, sem perda de secção de aço	0,2			0,2		
Vigas transversais		m				
Vigas de betão pré esforçado		m				
Aparelhos de apoio						
Sem aparelhos de apoio		un				
Sub-estrutura						
Pilares		un				
Vigas de pilar		m				
Encontros	12,3	m	12,3			

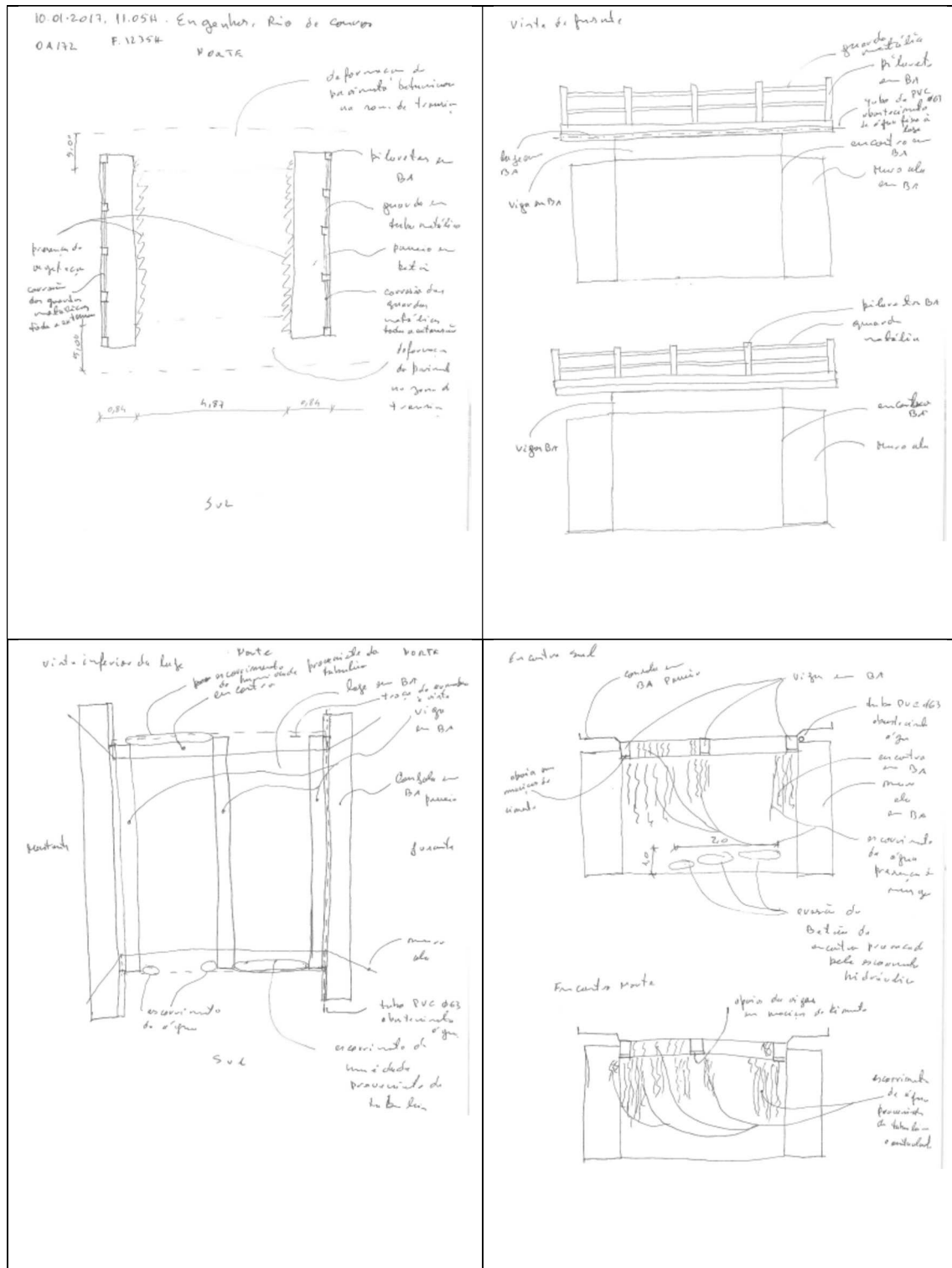
*Mais do que um defeito na mesma condição e no mesmo espaço

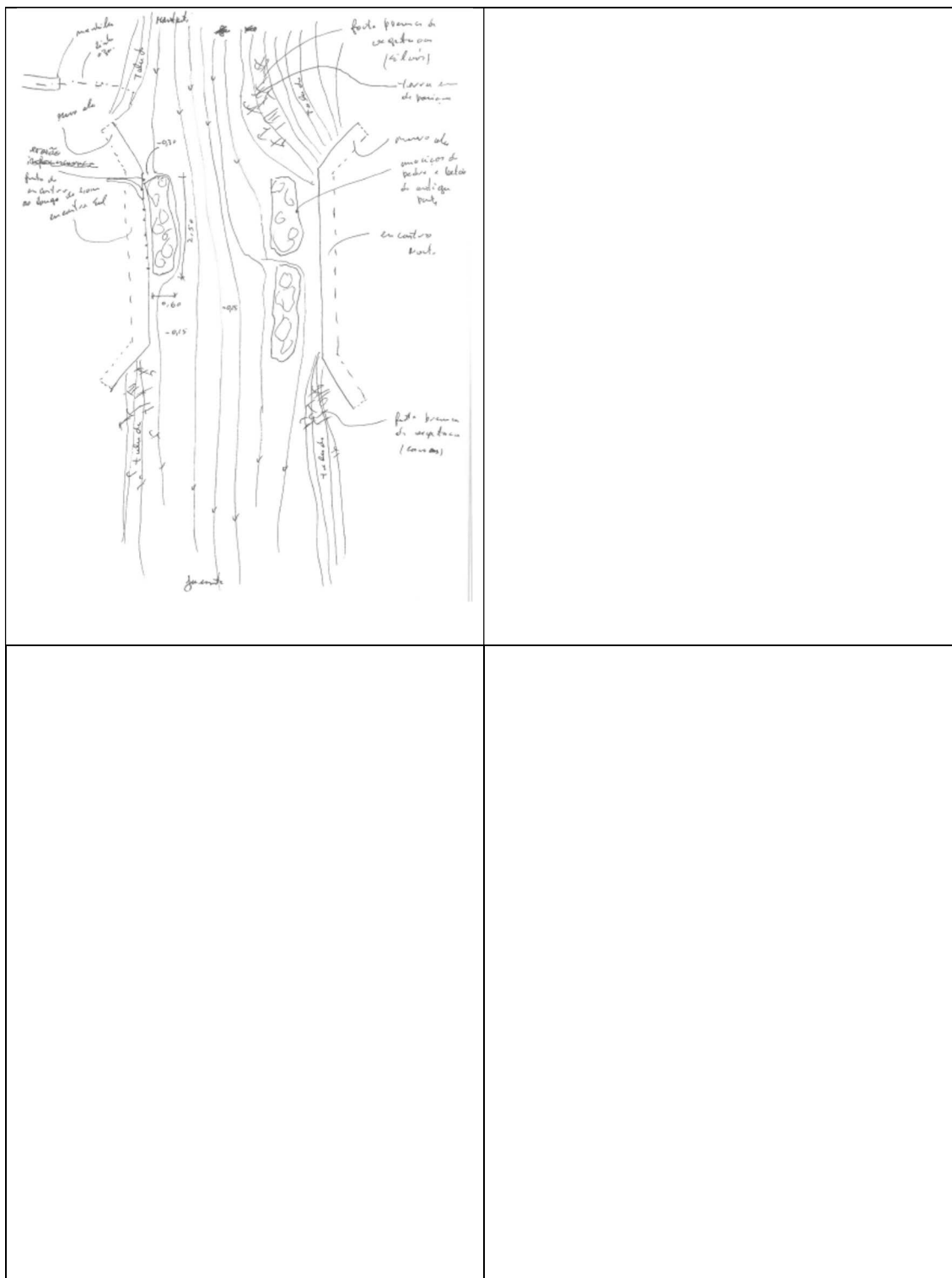
	
a) vista geral do tabuleiro, de sudoeste para noroeste	b) vista do alçado lado jusante
	
c) destacamento do betão e armadura exposta face da laje, sob passeio, jusante	d) drenagem direta sobre elementos estruturais
	
e) drenagem direta sobre elementos estruturais, vista de promenor	f) assentamento da zona de transição lado sudoeste
Figura 13 – Ponte 169	



Código de ponte	172	Data de inspeção visual		10-jan-17			
Elemento	Descrição das anomalias por elemento	Quantidade total de elementos	Un	Condição			
				1	2	3	4
				Bom	Razoável	Mau	Grave
Tabuleiro							
laje		29,5	m ²	29,5			
Pavimento com revestimento betuminoso		21,9		21,9			
Sistema de drenagem do tabuleiro			un				
Sem sistema de drenagem							
Juntas de dilatação							
Sem juntas de dilatação							
Zona de transição							
Revestimento betuminoso		65,5	m ²		65,5		
Assentamento < 19,5mm, lado sul, figura 14		32,8			32,8		
Assentamento < 19,5mm, lado norte		32,8			32,8		
Guardas de protecção							
Parte metálica da guarda		9,0	m		9,0		
Ferrugem em toda a extensão das guardas montante e jusante. Início da corrosão, sem perda de secção, figura 14		9,0			9,0		
Parte de betão da guarda		9,0	m	9,0			
Superestrutura							
Vigas longitudinais de betão		13,5	m	13,5			
Aparelhos de apoio							
Sem aparelhos de apoio			un				
Sub-estrutura							
Pilares			un				
Vigas de pilar			m				
Encontros		21,1	m	16,6	4,5		
Abrasão do betão expondo agregado de brita devido ao corrimento do caudal, sem destacamento do mesmo, no encontro sul a 1,00m de altura do leito e numa extensão de 2,0m, figura 14		2,0			2,0		
Erosão dentro de limites toleráveis, junto do encontro sul, ao longo de 2,50m devido por presença de bloco de pedra e betão no leito, figura 14		2,5			2,5		

	
a) vista geral do tabuleiro, de sul para norte	b) vista do alçado lado montante
	
c) corrosão da parte metálica das guardas	d) assentamento na zona de transição
	
e) abrasão do betão expondo o agregado	f) erosão junto do encontro sul
Figura 14 – Ponte 172	





Código de ponte	177	Data de inspeção visual	12-jan-17			
Elemento	Quantidade total de elementos	Un	Condição			
Descrição das anomalias por elemento			1	2	3	4
			Bom	Razoável	Mau	Grave
Tabuleiro						
Laje	33,1	m ²	22,6		10,5	
*Destacamento do betão com profundidade > 25,4mm ou com diâmetro > 152mm, face inferior de laje, sob passeios jusante e montante, e sobre encontro sul, 5m ² , figura 15	5,0				5,0	
*Armadura exposta, face inferior da laje sob passeios jusante e montante e sobre encontro sul com perda de secção de aço mas sem requerer análise estrutural, em 5,0m ² , figura 15	5,0				5,0	
Bordo de laje de tabuleiro partido causado por impacto, bordo na zona do passeio lado jusante, 0,50m ² , figura 15	0,5				0,5	
Pavimento com revestimento betuminoso	24,2	m ²		24,2		
Degradação lenta do pavimento	24,2			24,2		
Sistema de drenagem do tabuleiro		un				
Sem sistema de drenagem						
Juntas de dilatação						
Sem juntas de dilatação						
Zona de transição						
Revestimento betuminoso	64,2	m ²			64,2	
Assentamento excede limites toleráveis mas não requer análise estrutural > 19,05mm, lado norte	32,1				32,1	
Assentamento excede limites toleráveis mas não requer análise estrutural > 19,05mm, lado sul, figura 15	32,1				32,1	
Guardas de protecção						
Parte metálica da guarda	10,3	m	10,3			
Parte de betão da guarda	10,3		10,3			
Superestrutura						
Vigas longitudinais de betão	15,5	m	15,5			
Vigas transversais		m				
Vigas de betão pré esforçado		m				
Aparelhos de apoio						
Sem aparelhos de apoio		un				
Sub-estrutura						
Pilares		un				
Vigas de pilar		m				
Encontros	21,8	m	19,6	2,2		
*Destacamento do betão com profundidade < 25,4mm ou com diâmetro < 152mm, face de encontro sul, 0,2m, figura	0,2			0,2		
*Armadura exposta, sem perda de secção de aço, encontro sul em 0,20m	0,2			0,2		
Eflorescências brancas sem acumulação ou lexiviação sem manchas de ferrugem, em dois locais do encontro sul, 1,0m cada, figura 15	2,0			2,0		

*Mais do que um defeito na mesma condição e no mesmo espaço

	
a) vista geral do tabuleiro, de sul para norte	b) vista do alçado lado montante
	
c) destacamento e armadura exposta, face de laje sob passeio, lado jusante	d) bordo de laje partido devido a impacto, lado jusante
	
e) assentamento da zona de transição lado sul	f) eflorescência branca e humidade, encontro sul
Figura 15 – Ponte 177	

