

ASCP'09 – 1º Congresso de Segurança e Conservação de Pontes ASCP
Lisboa – 2 e 3 de Julho 2009

Causas comuns de anomalias em obras-de-arte de betão armado

João Santos

Instituto de Soldadura e Qualidade – Construção Civil – Geotecnia, Pontes e Reabilitação Estrutural

Humberto Varum

Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Civil, Aveiro

Aníbal Costa

Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Civil, Aveiro

Romana Ribeiro

Estradas de Portugal S.A.- Divisão de Gestão Norte, Porto

RESUMO

Neste artigo são apresentados os resultados mais relevantes de uma análise às anomalias mais frequentes em obras-de-arte de betão armado, bem como às causas possíveis mais prováveis. Os dados que são expostos tem como origem relatórios de inspecção principal, feitos a 146 obras-de-arte, distribuídas pelo país. Foram escolhidas obras-de-arte com patologias visíveis, já que o objectivo deste estudo é o de analisar não tanto as patologias encontradas, mas a sua origem. Além das relações directas patologia/causa estudadas, foram também analisadas relações indirectas entre a ocorrência de patologias e: i) a localização da obra; ii) o ano de construção; iii) a agressividade do meio; e, iv) parâmetros indirectos da qualidade de construção.

PALAVRAS-CHAVE

Obras-de-arte, Betão Armado, Patologias, Causas.

1. INTRODUÇÃO

Os dados que são apresentados neste artigo foram obtidos da análise de 146 relatórios de inspecção principal, que incidiram sobre obras distribuídas por todo o país [1]. Foram escolhidos 146 relatórios de inspecção de obras-de-arte que indicassem claramente a ocorrência de patologias, já que o objectivo central deste estudo é analisar as suas causas. O universo de amostragem compreende obras-de-arte de betão armado, como: pontes, viadutos, passagens superiores, inferiores, pedonais, hidráulicas e agrícolas. É importante referir que o registo das patologias é qualitativo e não quantitativo, por exemplo, regista-se a ocorrência de fissuração, no entanto não se distingue os casos de fissuração superficial, da estrutural, ou a extensão na obra.

2. DESCRIÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO E ESTRATÉGIA

As 146 obras analisadas compreendem um total de 10.446,51m de extensão de tabuleiro e foram construídas entre os anos de 1856 e 2005. As inspecções que deram origem aos relatórios analisados decorreram entre 2001 e 2006. A extensão das obras varia entre 3m e 1218m, com um valor médio de 72m. Todas as obras são em betão armado. Salienta-se que a leitura e interpretação da informação patente nos relatórios de inspecção foi realizada para este trabalho pelo mesmo técnico, de forma a tornar objectiva e coerente a análise dos resultados, que se apresentam.

3. DISTRIBUIÇÃO DAS PATOLOGIAS

O primeiro passo neste estudo consistiu em identificar quais os componentes das obras-de-arte mais afectadas pelas anomalias encontradas, distribuindo as patologias pelos componentes em que se manifestam [2, 3, 4]. De uma análise qualitativa, indicando apenas a presença ou não de patologias, sem aferição da sua intensidade e extensão, obtiveram-se os resultados que se apresentam no gráfico da Fig. 1 [5].

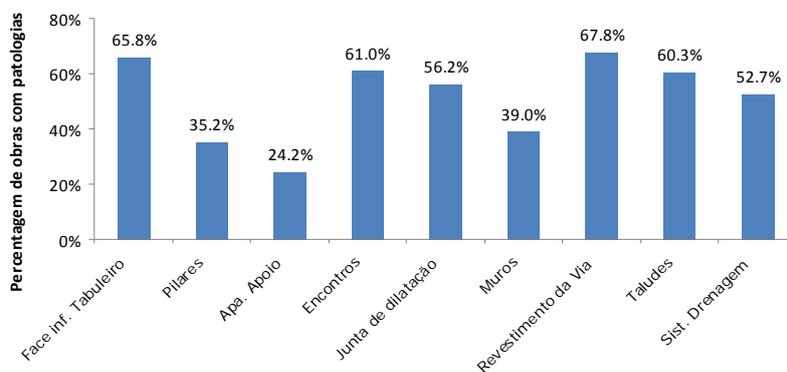


Figura 1. Distribuição das anomalias pelos componentes das obras-de-arte.

Da análise dos resultados patentes na Fig. 1 verifica-se que os componentes mais vezes apontados como tendo patologias são o revestimento da via, a face inferior do tabuleiro, os encontros e os taludes [5].

4. ANÁLISE INDIVIDUAL DOS COMPONENTES ESTRUTURAIS

4.1 Face Inferior do Tabuleiro

Esta designação surge pela necessidade de distinguir duas áreas distintas do tabuleiro, a sua face superior, onde se desenvolvem as faixas de rodagem, bermas e passeios, e a face inferior, onde temos normalmente á vista a secção resistente do tabuleiro.

Da análise da informação relativa à face inferior do tabuleiro registaram-se as patologias indicadas na Fig. 2.

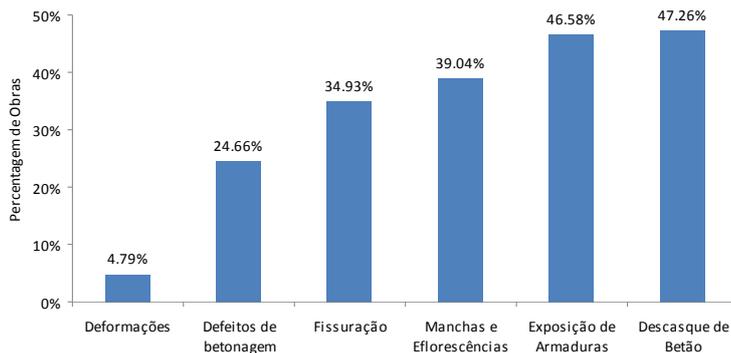


Figura 2 – Patologias na face inferior do tabuleiro.

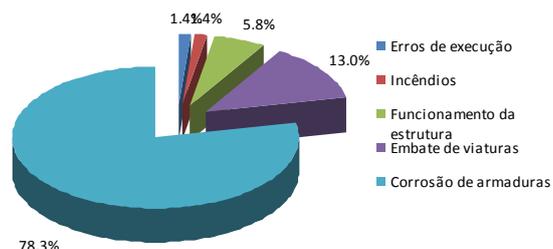


Figura 3 – Causas do descasque de betão na face inferior do tabuleiro.

As patologias registadas com maior frequência na face inferior dos tabuleiros foram: o descasque de betão, a exposição de armaduras, o aparecimento de manchas e eflorescências e a fissuração de betão. As causas possíveis e mais prováveis para o aparecimento do descasque de betão são as indicadas na Fig. 3. A causa apontada em 78% das obras estudadas foi a corrosão de armaduras, surgindo em segundo lugar com apenas 13%, o embate de viaturas.

4.2 Pilares – Apoios Intermédios

Os apoios intermédios nos casos analisados são pilares de betão armado, essencialmente sujeitos a esforços de compressão. São normalmente elementos esbeltos e muito expostos. Estes factores influenciam certamente as patologias que foram registadas nos relatórios de inspecção e que se representam no gráfico da Fig. 4.

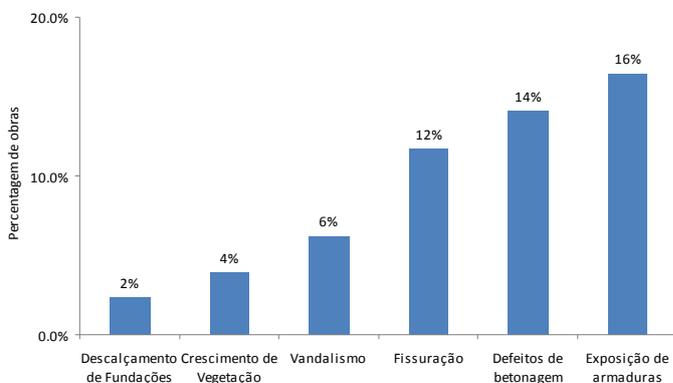


Figura 4 – Patologias registadas nos pilares.



Figura 5 – Causas da exposição de armadura nos pilares.

As 3 patologias que surgem com maior frequência nos pilares são: a exposição de armaduras, os defeitos de betonagem e a fissuração. Apesar da designação atribuída de defeitos de betonagem, esta patologia inclui situações como, nichos de brita, juntas frias de betonagem, diferenças na coloração do betão, porosidade superficial excessiva, vazios e desintegração. Estas patologias podem surgir efectivamente por defeitos aquando das operações de betonagem, no entanto também podem ser fruto de má concepção do betão, uso de cofragens em mau estado ou ainda factores decorrentes de uma inadequada descofragem. Podem ainda advir de uma fase anterior à obra, ou seja, erros de projecto. As causas possíveis e mais prováveis apontadas para a exposição de armaduras em pilares apresentam-se na Fig. 5. Em mais de 90% dos casos analisados, é indicada como causa mais provável da exposição de armaduras nos pilares o recobrimento insuficiente.

Por recobrimento insuficiente entende-se neste estudo um valor que não foi capaz de proteger as armaduras da corrosão, não implicando necessariamente um valor abaixo do regulamentar aquando da construção da obra. Refere-se que os valores mínimos de recobrimento a adoptar nestas obras tem vindo a ser actualizados, à medida que se vão conhecendo melhor os efeitos da agressividade do meio.

4.3 Encontros

As patologias que mais afectam os encontros são semelhantes às que incidem sobre os restantes elementos estruturais de betão, o tabuleiro e os pilares, muito embora possam variar. Ou seja, as condicionantes de cada componente, as acções a que está sujeito, a exposição ambiental, e a sua configuração geométrica. Mostra-se na Fig. 6 a distribuição das patologias registadas nos encontros das obras analisadas.

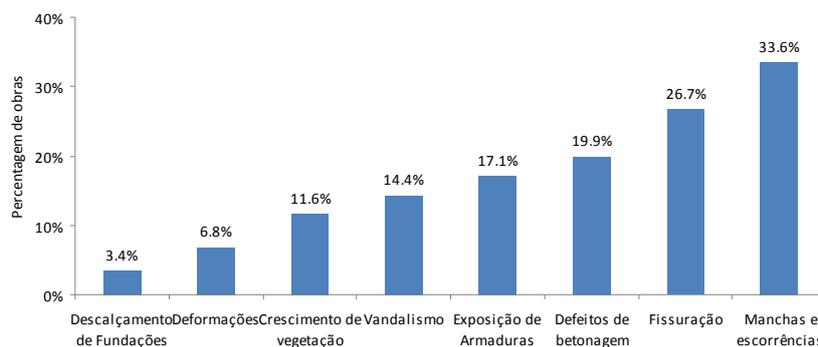


Figura 6 – Patologias registadas nos encontros.

Nos encontros, as patologias que foram mais vezes registadas são: o aparecimento de manchas e escorrências, a fissuração de betão e os defeitos de betonagem. As causas apontadas para a ocorrência de manchas e escorrências nos encontros, assim como de fissuração do betão, apresentam-se nos gráficos da Fig. 7 e Fig. 8, respectivamente.

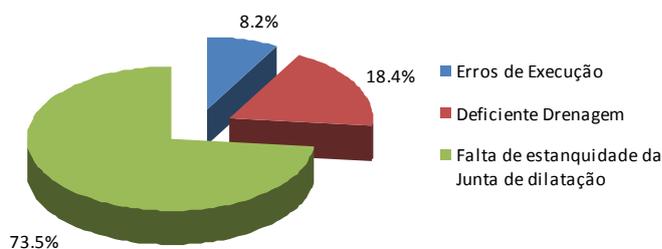


Figura 7 – Causas do aparecimento de manchas e escorrências os encontros.

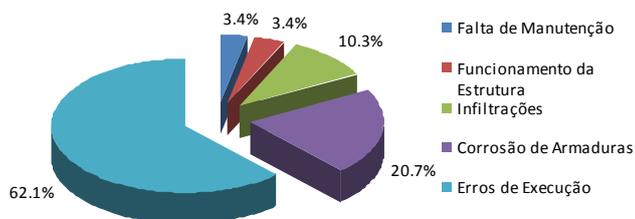


Figura 8 – Causas da fissuração nos encontros

A causa do aparecimento de manchas e escorrências nos encontros que foi registada com maior incidência, em mais de 73% dos casos, é a falta de estanquidade das juntas de dilatação. Esta insuficiência das juntas faz com que o betão dos encontros esteja prolongadamente sujeito à acção da água, quer das chuvas, quer das lavagens, águas de transporte, etc. Surge muitas vezes pela degradação das próprias juntas de dilatação e/ou destruição ou inexistência de chapas cobre-juntas nos passeios e lancis. Verifica-se que é apontada como causa mais incidente para a fissuração de betão nos encontros, em mais de 48% dos casos analisados, a retracção do betão. A retracção do betão, que pode ocorrer por vários motivos, desde a aplicação de uma relação inapropriada água/cimento, a uma cura incorrecta, ou à acção das próprias condições atmosféricas aquando da cura do betão. Normalmente caracteriza-se por uma fissuração em malha, com aberturas pouco expressivas e definindo padrões aleatórios. É facilmente distinguida de uma fissuração

estrutural, podendo no entanto ser confundida com uma fissuração por acção de reacções expansivas no betão.

4.4 Aparelhos de apoio

Nas obras mais recentes, tanto os encontros como os pilares estão normalmente munidos de aparelhos de apoio, de vários tipos, na ligação com o tabuleiro. Já nas obras mais antigas, ou com comprimentos significativamente menores optou-se muitas vezes por uma ligação directa entre os pilares e o tabuleiro, e entre os encontros e o tabuleiro. A extensão reduzida do tabuleiro envolve normalmente acções menores a ser transmitidas aos elementos de suporte por deformação dos tabuleiros, não requerendo assim aparelhos de apoio específicos. Na Fig. 9 mostram-se as patologias registadas nos aparelhos de apoio.

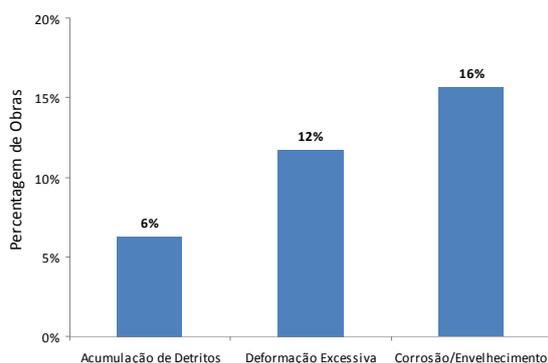


Figura 9 – Patologias registadas nos aparelhos de apoio.

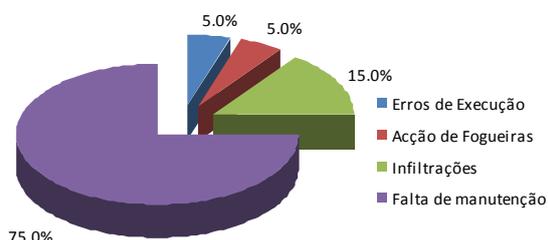


Figura 10 – Causas da corrosão / envelhecimento dos aparelhos de apoio.

As 3 patologias registadas com maior incidência foram: corrosão/envelhecimento, deformação excessiva e acumulação de detritos. Destas, a patologia que surgiu num maior número de casos analisados foi a corrosão/envelhecimento. Esta designação foi usada no sentido de incluir: os aparelhos de apoio constituídos por blocos de neoprene, que sofrem envelhecimento, e os aparelhos de apoio que além do material resiliente têm também componentes metálicos, e ainda os que são puramente metálicos. As causas apontadas nos relatórios de inspecção para a corrosão/envelhecimento dos aparelhos de apoio apresentam-se na Fig. 10. Verifica-se que em 75% das obras analisadas com aparelhos de apoio, a causa apontada para a corrosão/envelhecimento destes aparelhos é a falta de manutenção. O tempo de vida útil de um aparelho de apoio é normalmente inferior ao da obra de arte, requerendo operações de manutenção e conservação.

4.5 Juntas de dilatação

A tipologia das juntas de dilatação nas obras analisadas varia muito. Estes elementos desempenham uma função importante na interface encontros/tabuleiro. Já se por algum motivo a junta de dilatação falhar, e sofrer uma rotura parcial, dependendo do esquema estrutural da obra e do gradiente de temperaturas, poderão ser inviabilizadas as adequadas condições de serviço da obra, não colocando no entanto a obra em risco de colapso. As patologias mais registadas nas juntas de dilatação apresentam-se na Fig. 11.

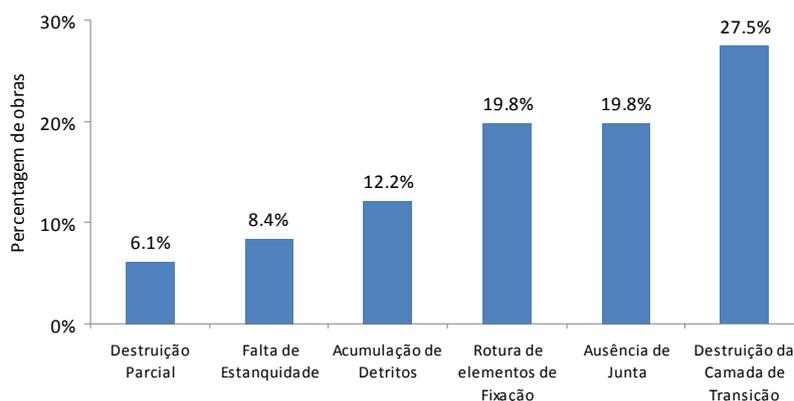


Figura 11 – Patologias registadas nas juntas de dilatação.

Verifica-se que as 3 patologias que foram mais vezes registadas correspondem à destruição da camada de transição, à ausência de junta e à rotura de elementos de fixação. A patologia “ausência de junta de dilatação” inclui não só obras antigas, cujo pavimento de encontra cronicamente fissurado, por não haver nenhum material com elasticidade suficiente para colmatar a junta, mas também obras em que se fez a repavimentação sobre a junta, surgindo a fissuração do revestimento da via e conseqüente aceleração do desgaste. A causa mais apontada para a destruição da camada de transição e rotura de elementos de fixação é a falta de manutenção. As juntas de dilatação têm um tempo de vida útil normalmente inferior ao da obra-de-arte, exigindo operações de manutenção e conservação durante o período de serviço da obra-de-arte.

5. RELAÇÕES ENTRE PATOLOGIAS E FACTORES EXTERNOS

5.1 Relação entre patologias e o ano de construção da obra-de-arte

Das 146 obras de arte que compõem o universo de amostragem analisado, apenas 56 têm registo do ano de construção, diminuindo consideravelmente o número de casos analisados nesta relação. No entanto, tirando ainda partido deste subconjunto com 56 casos, e agrupando-os de acordo com o seu ano de construção em décadas, mostra-se na Fig. 12 as relações entre ocorrência de fissuração, retracção e exposição de armaduras e o respectivo ano de construção.

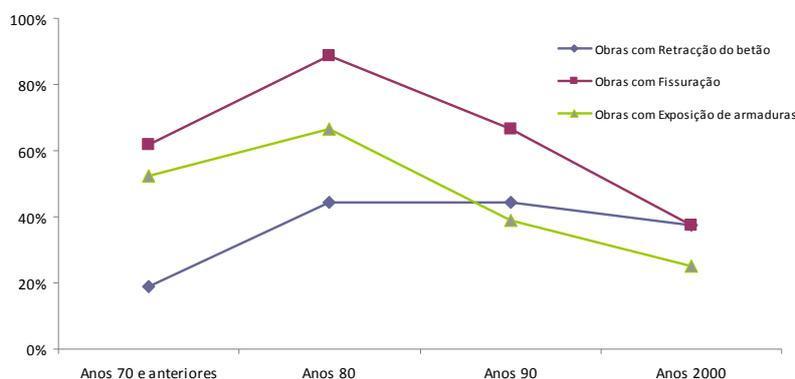


Figura 12 – Relação entre patologias e o ano de construção da obra-de-arte.

Da análise do gráfico da Fig. 12, pode-se verificar que desde a década de 80 observa-se uma tendência geral para a diminuição da ocorrência das patologias registadas, sendo que para a retracção do betão esta diminuição só ocorre a partir da década de 90. Esta tendência global é facilmente justificada pela idade das obras, estando as obras mais

recentes há menos tempo sujeitas às acções de serviço e às condições atmosféricas. No entanto, certamente que a melhoria dos processos construtivos e dos materiais de construção também terão influenciado positivamente esta diminuição de incidência das patologias.

5.2 Relação entre patologias e classe de exposição segundo a E378

Analisando o caso particular da classificação do meio quanto à exposição a carbonatação, e a sua relação com a corrosão de armaduras, obtiveram-se os resultados apresentados no gráfico da Fig. 13.

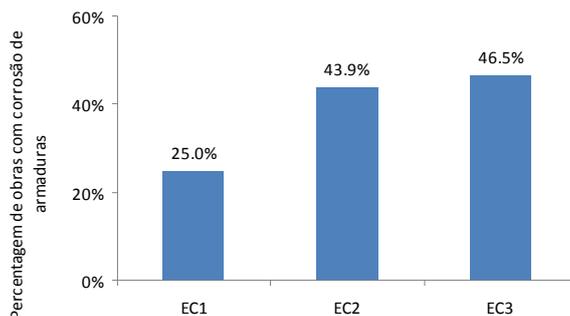


Figura 13 - Relação entre a corrosão das armaduras e a exposição à carbonatação segundo [6].

A classificação aqui descrita está actualmente em desuso, actualizada pela Especificação recente do LNEC E465 [7]. No entanto, por ser a classificação presente nos relatórios de inspecção consultados decidiu-se manter, para evitar erros na correspondência à actual classificação. Como seria de esperar, regista-se um maior número de obras com corrosão de armaduras nos ambientes progressivamente mais propícios à carbonatação do betão, e consequentemente à corrosão das armaduras.

5.3 Relação entre patologias e a localização da obra-de-arte

Para esta análise, classificaram-se as obras-de-arte em estudo em dois grupos, um designado por “Distritos do interior”, onde estão incluídas as obras analisadas pertencentes a distritos do interior do país, sem qualquer fronteira marítima. E o segundo grupo, “Distritos com zona costeira marítima”, onde estão incluídas as obras analisadas que pertencem a distritos que têm fronteira com o mar. Os resultados obtidos representam-se no gráfico da Fig. 14.

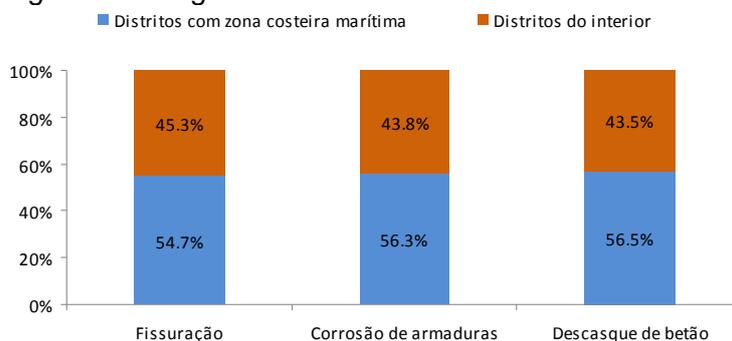


Figura 14 – Distritos do Interior e Distritos com zona costeira marítima.

Verifica-se que para as 3 patologias acima indicadas, a percentagem de ocorrência em obras que estão mais próximas do mar são superiores, naturalmente esta tendência surge associada à maior agressividade do meio.

5.4 Relação entre patologias e o registo de má execução

O registo de erros de execução numa obra, quer seja no tratamento das cofragens, no posicionamento das armaduras construtivas, no acabamento de superfícies, ou outros, poderá ser indício de uma obra com maior tendência para a ocorrência de patologias. Mostra-se na Fig. 15 a incidência de algumas patologias em obras onde foram identificados erros de execução, comparando-se com as obras que não tiveram qualquer registo de má execução.

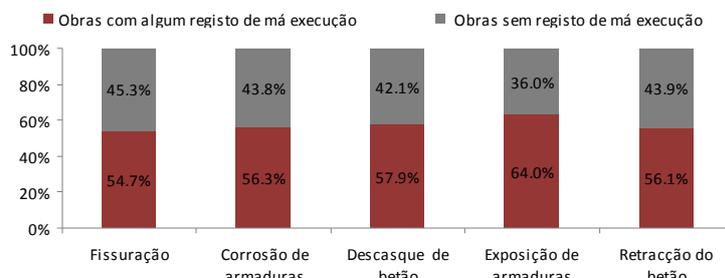


Figura 15 – Relação entre patologias e o registo de má execução.

Verifica-se que existe uma tendência para maior incidência das patologias, indicadas no gráfico da Fig. 15, nas obras com registo de má execução.

6. COMENTÁRIOS FINAIS

Da análise dos resultados deste estudo, verifica-se que nas obras-de-arte existentes observam-se muitas patologias com origem associada a erros durante as fases de projecto, construção e/ou manutenção. Salienta-se que a incidência elevada das patologias observadas e apresentadas neste artigo deve-se à não avaliação da extensão de cada patologia para cada obra, registando-se apenas a existência. Espera-se que estas conclusões possam auxiliar e incentivar as entidades responsáveis pela gestão das obras-de-arte no sentido de aumentar as exigências de qualidade dos projectos e da construção e, por outro lado, no reforço das acções de manutenção.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se a todas as pessoas e entidades que contribuíram para este trabalho, pelo acesso à informação necessário para a sua realização.

REFERÊNCIAS

- [1] Empresa Concessionária, Relatórios de Inspeção principais, 2001 a 2007.
- [2] W. RADOMSKI - "Bridge Rehabilitation" – Imperial College Press, 2002.
- [3] Branco F.A.; Brito J. - "Handbook of concrete bridge management", ASCE Press, 2004.
- [4] Santos, J.A.; Nunes, N.; Fernandes, C.; Varum, H - "Common pathologies in RC bridge structures: a statistical analysis", Electronic Journal of Structural Engineering, Vol. 7, pp. 19-26, 2007.
- [5] Santos, J.A. - "Patologias em obras-de-arte", Tese de mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, 2008.
- [6] E-378 - "Betões: guia para a utilização de ligantes hidráulicos, MEPAT, LNEC, 1996.
- [7] E-465 - "Betões: metodologia para estimar as propriedades de desempenho do betão que permitem satisfazer a vida útil de projecto de estruturas de betão armado ou pré-esforçado" - LNEC, Lisboa, 2005.