



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

**CONTRIBUTO PARA A SISTEMATIZAÇÃO DAS
INSPEÇÕES TÉCNICAS, NA CONSERVAÇÃO E
REABILITAÇÃO EM EDIFICAÇÕES**

Projeto

João António Ferro Marques Maia

Mestrado em Reabilitação Urbana

Construção

Tomar, Novembro de 2014



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

João António Ferro Marques Maia

**CONTRIBUTO PARA A SISTEMATIZAÇÃO DAS
INSPEÇÕES TÉCNICAS, NA CONSERVAÇÃO E
REABILITAÇÃO EM EDIFICAÇÕES**

Projeto

Orientado por:

Professora Doutora Ana Paula Gerardo Machado (IPT)

Projeto apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar
para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção
do grau de Mestre em Reabilitação Urbana

À memória do meu Pai

RESUMO

O Património construído, está sujeito a um constante desgaste dos elementos construtivos e estruturais, desde a sua construção. A agressividade do meio envolvente em que se insere, as características de durabilidade dos materiais constituintes, os excessos cometidos durante a utilização, as deficiências na construção e na conceção, são alguns exemplos de causas comuns que, de forma isolada ou conjugada, resultam numa deterioração das edificações ao longo da sua vida. Para além destes exemplos, acresce a degradação imediata dos elementos da edificação, decorrentes de ações acidentais, normalmente de origem externa às construções.

As intervenções de manutenção, de reparação e de reabilitação são necessárias para restituir as condições iniciais de segurança, funcionalidade e salubridade às edificações afetadas. No entanto, muitas das decisões sobre as medidas a implementar suportam-se em pressupostos técnicos incorretos, por ausência de uma avaliação prévia tecnicamente fundamentada, realizada à edificação ou sua parte. A falta desta informação resulta em deficientes intervenções, com consequências indesejadas. Por este motivo, as inspeções técnicas às edificações revestem-se de grande importância no âmbito da manutenção do património construído, seja residencial, comercial, industrial ou de outro tipo de utilização. As inspeções permitem um conhecimento técnico rigoroso, do estado de conservação, o diagnóstico de ocorrências e a opção por intervenções mais adequadas.

A inspeção de edificações, não se pode dissociar da realização de testes e ensaios, que se encontram ao dispor das equipas técnicas, que podem recorrer às tecnologias atuais, possibilitando uma base sólida e científica para as avaliações dos elementos constituintes e materiais. Neste âmbito é importante saber definir os parâmetros a avaliar, os critérios de uma amostragem válida e também a seleção de equipamentos e o seu controlo.

Palavras-chave: Inspeção, Ensaios, Anomalias, Reabilitação, Edificações

ABSTRACT

The buildings are subject to constant wear their constructive and structural elements, since its construction. The environment aggressiveness its surroundings, the durability characteristics of the constituent materials, the excesses committed during the use, the disabled constructions and conceptions, are some examples, the set of common causes, which alone or combined, result in a deterioration of buildings throughout their life. Beyond these examples, it's also considered the immediate degradation of the elements of the building, from accidental actions, usually by external causes.

Interventions of maintenance, repairing and rehabilitation are necessary to restore the initial conditions of safety, functionality and health to affected buildings. However, many of the decisions on improvements to implement are supported on incorrect technical assumptions, by the absences of a prior assessment, technically supported, and carried out to the building or its part. This lack of information results in poor interventions with unintended consequences. For this reason, the technical inspections of buildings are of major importance within the maintenance of the buildings, whether residential, commercial, industrial, or other use. The technical inspections allows a rigorous technical knowledge, the state of conservation, diagnosis of damages, determine appropriate interventions, prioritizing them.

The inspection of buildings cannot be dissociated from testing, which are available at staffs, using current technologies, enabling a solid and scientific basis for buildings assessments. In this context it is important to know the parameters set to review the criteria for a valid tests sample and also the selection of equipment and its control.

Keywords: Inspection, Tests, Damages, Rehabilitation, Buildings

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Doutora Ana Paula Machado, pela disponibilidade e empenho na orientação deste trabalho, nos conhecimentos transmitidos, constituindo um valioso contributo na elaboração do mesmo;

Ao ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade, que proporcionou-me um conjunto de oportunidades de trabalho, na área da inspeção técnica e que me facultou os recursos necessários para a sua prossecução, que também serviram para o desenvolvimento do caso prático apresentado;

Aos professores do Mestrado, pela transmissão dos seus conhecimentos e também agradeço aos colegas de turma que me ajudaram, neste período tão exigente;

À minha mãe, pelo seu inesgotável e precioso apoio, desde sempre;

Quero expressar um agradecimento especial à *Guida*, por encorajar-me desde o início e proporcionar-me todo o seu apoio ao longo do Mestrado.

INDICE

1	Introdução	1
2	Metodologia	2
3	A necessidade de inspecionar	3
3.1	Porquê inspecionar os edifícios	3
3.2	Breves apontamentos históricos	5
3.3	Diagnosticar, avaliar e tomar decisões	9
4	Caracterização dos edifícios	12
4.1	Anatomia dos edifícios	12
4.2	Principais materiais de construção e sua caracterização	16
4.3	Comportamento das edificações e dos materiais de construção	17
4.4	Patologia das edificações e dos materiais constituintes.....	18
5	Inspeções em edificações	20
5.1	Critérios de inspeção e sua seleção.....	20
5.2	Peritagem em edificações	21

5.2.1	Inspeção forense	21
5.2.2	Vistorias	25
5.3	Inspeções para a avaliação do estado de conservação	26
5.3.1	Avaliação do estado de conservação	26
5.3.2	Determinação do índice de conservação no âmbito do novo regime do arrendamento urbano	27
5.3.3	A aplicação do método de avaliação do estado de conservação de imóveis.....	29
5.4	Inspeção e ensaios na reabilitação de edificações	31
5.4.1	Inspecionar e diagnosticar antes e durante a intervenção	31
5.4.2	Inspeção preliminar e inspeção detalhada	35
5.4.3	Caracterização e diagnóstico	43
5.4.4	Análise estrutural e sua validação	46
5.4.5	Avaliação dos resultados	48
5.4.6	Elaboração dos documentos de estudo.....	48
6	Ensaio e monitorização de edificações.....	49
6.1	Caracterização dos ensaios e seus objetivos.....	49
6.2	Interpretação dos resultados	51
6.3	A amostragem.....	53

6.4	Plano de inspeção e ensaios, exemplo de aplicação	55
6.5	Novas tecnologias de ensaios não destrutivos	60
6.6	Monitorização	63
6.7	Utilização e controlo dos equipamentos	65
6.7.1	Calibração e verificação	65
6.7.2	Análise e aceitação dos resultados de calibração	66
6.7.3	Gestão e manutenção dos equipamentos	68
6.8	Meios logísticos auxiliares nas inspeções	68
6.9	Requisitos dos inspetores.....	69
7	Caso de obra.....	71
7.1	Apresentação do estudo	71
7.2	Apresentação do edifício em estudo	72
7.2.1	Caracterização funcional	72
7.2.2	Caracterização construtiva	73
7.2.3	Caracterização do problema e recolha de informação.....	75
7.3	Definição da intervenção a efetuar	76
7.4	Desenvolvimento dos trabalhos e dados obtidos nas observações	78
7.4.1	Equipa de inspeção e logística	78

Contributo para a sistematização das inspeções técnicas, na conservação
e reabilitação em edificações

7.4.2	Elementos de apoio	79
7.4.3	Estruturas metálicas da cobertura.....	80
7.4.4	Estruturas de betão dos alinhamentos A e B	85
7.4.5	Ensaio complementares de diagnóstico	92
7.4.6	Avaliação da necessidade de reforço	100
8	Conclusões	104
	Referências bibliográficas	108
	Anexos.....	111

INDICE DE FIGURAS

Figura 1- Gravura do castelo de Campo Maior [6]	7
Figura 2 - Fluxograma que relaciona as inspeções preliminares com as inspeções detalhadas [3]	11
Figura 3 - Conjunto das edificações que englobam os edifícios	12
Figura 4 - Exemplo de edificações: 4A - ponte sobre a albufeira da barragem da Caniçada, rio Caldo, concelho de Vieira do Minho; 4B - estrutura-torre de comunicações, em Abrantes....	13
Figura 5- Exemplos de edifícios: 5A - edifício de escritórios, situado no <i>Taguspark</i> , no concelho de Oeiras; 5B - edifício comercial em Massamá, concelho de Sintra	13
Figura 6 - Exemplo de edifícios: 6A - edifícios antigos (antes de 1945); 6B - edifícios recentes, posteriores a 1945	15
Figura 7 - Exemplo da realização de medições, com escalas diferentes: 7A – medição de fissura em superfície de betão; 7B – medição da espessura de uma alvenaria dupla.	36
Figura 8 - Alguns equipamentos básicos e ferramentas úteis, auxiliares nas inspeções: 8A – ferramentas de diversas aplicações; 8B – equipamentos para medições lineares e inclinações.	39
Figura 9 - Exemplo de alguns equipamentos de observação e medição, para inspeções: 9A – endoscópio, medidor de espessuras, lamelas de calibração, câmara termográfica e humidímetro; 9B – pacómetro e seu padrão de verificação, esclerómetro e bigorna de calibração.	40
Figura 10 - Exemplo da utilização de equipamento termográfico: 10A – teto da moradia; 10B – imagem termográfica do mesmo teto.	40

Figura 11 - Exemplos de manifestações anómalas: 11A - em estrutura de betão-armado; 11B - numa alvenaria de tijolo, rebocada com argamassa de cimento e revestida com tinta	46
Figura 12 - Exemplo da monitorização de fissura: 12A – revestimento de parede com a localização da fissura; 12B – ampliação da mesma imagem, com o testemunho em gesso. ...	64
Figura 13 - Vista geral da nave industrial, que foi alvo de inspeção	73
Figura 14 - Desenho de corte vertical, da nave industrial em estudo.....	75
Figura 15 – Pormenor da perna-tipo da asna metálica. 15A – excerto do desenho de pormenor da secção e alçado tipo; 15B – imagem fotográfica.	81
Figura 16 – Pormenor da fixação-tipo do esticador da asna. 16A - excerto do desenho de pormenor da secção e alçado; 16B – imagem fotográfica.	82
Figura 17 - Duas fotografias do mesmo elemento: 17A – antes da remoção da fuligem; 17B - após remoção de fuligem e de gorduras	83
Figura 18 - Exemplo de elementos de asna e de madre. 18A - com esfoliação da tinta de acabamento, mas com as camadas de proteção anticorrosiva ainda aderentes; 18B – deposição excessiva de sujidade.	83
Figura 19 - Exemplo de elemento de apoio e fixação de asna com corrosão generalizada: 19A – aspeto geral; 19B – pormenor.	84
Figura 20 - Excerto do desenho: 20A – pormenorização da viga V2; 20B – seção da viga V2, corte b-b.....	85
Figura 21 - Observação do alinhamento A: 21A - pelo interior da nave, antes da remoção dos reservatórios desativados; 21B - pelo exterior, após remoção dos mesmos reservatórios.....	87
Figura 22 - Vista exterior do alinhamento B, onde se localizam os quatro reservatórios de ácido clorídrico.....	87

Figura 23 - Aspeto da Viga V1, no alinhamento A – 23A; e medição do diâmetro de um varão – 23B	89
Figura 24 - Imagens pormenorizadas do estado da viga V2, no alinhamento B: 24A – observação da face inferior; 24B – observação da face lateral.	89
Figura 25 - Degradação da superfície do pilar – 23A; degradação da superfície do apoio em betão (cachorro) – 23B	90
Figura 26 - Degradação do dente de apoio da viga V2 – 26A; quebra na viga intermédia, por falta de junta de dilatação – 26B	91
Figura 27 - Aspeto da degradação das duas faces das palas de cobertura, que ocorre de forma semelhante, em ambos alinhamentos: 27A – observação pela face inferior; 27B – observação pela face superior	92
Figura 28 - Técnico a realizar a medição de espessuras da película de tinta	96
Figura 29 - Extração de carote, na viga V2 – 29A; observação da carote C2, em laboratório – 29B	98
Figura 30: Furação do betão, na viga V2 – 30A; aspersão para medição da frente de carbonatação – 30B	99
Figura 31 - Extrato do boletim de ensaio, com o quadro de valores obtidos em cada intervalo de profundidade e respetivo perfil de teor.....	100

INDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de adequação dos métodos de inspeção	5
Tabela 2 - Partes fundamentais de um edifício [4].....	14
Tabela 3 – Principal aplicabilidade dos materiais de construção.....	17
Tabela 4 - Exemplo de algumas anomalias comuns em elementos de betão-armado [4].....	19
Tabela 5 - Classificação dos níveis de conservação, de acordo com o Decreto-Lei nº 156/2006	29
Tabela 6 - Níveis de anomalia de acordo com a Portaria nº1192-B/2006	30
Tabela 7 - Classes de inspeção às obras de betão, de acordo com Anexo G da norma NP EN 13670-1:2007	33
Tabela 8 - Elementos auxiliares da inspeção preliminar.....	37
Tabela 9 - Critérios para a obtenção de amostras.....	41
Tabela 10 - Anomalias frequentes e diagnóstico [4].....	43
Tabela 11 - Estrutura geral de um relatório de avaliação.....	49
Tabela 12 - Exemplo da sistematização dos ensaios.....	50
Tabela 13 - Critério da avaliação da qualidade do betão [21].....	53
Tabela 14 - Métodos de ensaios não destrutivos [23]	61
Tabela 15 - Equipa de inspeção do ISQ	78

Tabela 16 - Ensaios realizados nas estruturas metálicas e de betão-armado [30].....	93
Tabela 17 - Principais equipamentos utilizados	94
Tabela 18 - Resultados das medições de espessuras de tinta	95
Tabela 19 - Resultados dos ensaios à compressão	97
Tabela 20 - Observação macroscópica da carote C2.....	97
Tabela 21 - Ensaios para medição da espessura de carbonatação no betão	98
Tabela 22 - Resultados dos teores de ião cloreto	99
Tabela 23 - Verificação da condição $M_{rd} > M_{sd}$ [30].....	102

1 Introdução

Investigar é questionar, lançar hipóteses e comprova-las. É diferenciar o que é, daquilo que poderá ser. A inspeção de uma edificação não é mais do que um método de apoio à investigação. Recorre à observação no local onde se manifesta um dado acontecimento, que pode ser complementada com métodos auxiliares para se obter um correto diagnóstico, com base quantitativa.

A inspeção de uma edificação permite concretizar vários objetivos, pelo que a abordagem metodológica será algo diferente em cada uma das situações específicas e tipificadas neste trabalho, como se irá constatar.

A necessidade de intervir numa dada construção ou parte dela, requer um conhecimento prévio do seu estado de conservação, das manifestações anómalas para que se possa decidir na forma de agir e também na escolha dos métodos mais adequados para a reabilitação. Por outro lado, existe a necessidade de investigar e interpretar, pela análise de falha, o processo anómalo que ocorreu numa determinada construção e originou um determinado dano, para se entender quais as consequências decorrentes desse dano. O uso das edificações, as ações envolventes e as características inapropriadas de alguns dos materiais constituintes, são fatores responsáveis pelo decaimento progressivo das capacidades resistentes e de durabilidade das construções. A vigilância periódica através da inspeção ou da monitorização, recorrendo às tecnologias disponíveis, é um meio eficaz na prevenção, melhorando o desempenho construtivo e prolongando o respetivo período utilização.

Para cada objetivo há que adotar métodos adequados de inspeção, para se obterem os dados de forma eficaz, tanto na abordagem dos problemas como na forma da apresentação dos resultados. Dada a diversidade de abordagens, impõe-se a necessidade de estudar as diferentes metodologias de inspeção possíveis de adotar numa determinada edificação. Procura-se identificar os aspetos principais que caracterizam cada uma dessas abordagens, tendo como base principal as experiências que vão ocorrendo em Portugal.

Pode-se considerar as inspeções às edificações, distribuídas por três métodos principais, em função do objetivo que se pretende atingir:

- a. Peritagens (análise de falha)
- b. Avaliação do estado de condição
- c. Inspeção para a reabilitação

Existem outras formas de inspeção, mas que não serão apresentadas neste trabalho, nomeadamente as inspeções classificadas na norma NP ENV 13670-1:2007 [1]. Esta norma insere-se no contexto da verificação da conformidade de produtos e de materiais a usar em obra incluindo a execução dos trabalhos e a monitorização como uma forma de observação, medição e registo de dados ao longo do tempo, o que normalmente ocorre em obras em execução ou em estruturas em plena utilização.

Na organização deste trabalho procurar-se-á respeitar, tanto quanto possível, esta classificação para as inspeções em edificações, sabendo-se que não é difícil identificar situações comuns nas diferentes abordagens, nas suas diversas fases de implementação, o que torna difícil isolá-las na totalidade.

O desenvolvimento dos capítulos seguintes terá como base o conhecimento adquirido ao longo da minha atividade profissional, sobretudo na especialidade de inspeções às edificações e sua manutenção, procurando, sustentar a informação, em dados obtidos na consulta de alguns trabalhos publicados e bibliografia da especialidade, incluindo aspetos importantes mencionados na legislação portuguesa e em normas, o que permitirá sistematizar dentro deste tema, alguma informação pesquisada e bastante útil, mas dispersa.

2 Metodologia

A elaboração do presente trabalho pretende abordar, de forma sucinta, a atividade de inspeção e diagnóstico em edificações, procurando evidenciar a sua importância na sociedade em geral, revelando e justificando os propósitos da sua intervenção, quando utilizada de forma sistematizada. O resultado do trabalho de uma inspeção permite, às entidades gestoras de património, as tomadas de decisões mais adequadas, em cada caso, e ajustar os orçamentos aos trabalhos de manutenção e sobretudo, na reabilitação das edificações.

A organização dos temas, assenta em capítulos não estanques, que se relacionam entre si, em alguns aspetos. A apresentação dos conteúdos baseia-se na experiência e na pesquisa de bibliografia especializada, para suporte do exposto e possibilitar o cruzamento da informação. Serão destacados alguns exemplos, que naturalmente abrangem apenas parte do tema. Alguns subcapítulos referem, sucintamente, aspetos técnicos, cujo conteúdo, não é essencial para o desenvolvimento do presente trabalho, pelo que não são abordados em detalhe.

Faz-se uma abordagem geral da atividade, apresenta-se alguns testemunhos históricos que revelam a importância da aplicabilidade destes conhecimentos, desde que se pretende conservar os edifícios. Trata-se de forma resumida, os edifícios e suas componentes, ao que segue um capítulo específico sobre as inspeções e suas abordagens principais, os aspetos constituintes e os que as diferenciam, os requisitos necessários e a escolha do método adequado em função do tipo de objetivo. Ao longo do texto surgem alguns exemplos para elucidar as questões em estudo.

Destaca-se a importância da experimentação, através dos ensaios e monitorização em edifícios, como meio complementar para o diagnóstico. Por último, como exemplo prático de uma inspeção, apresenta-se um estudo concreto, em que houve oportunidade de participar, contendo particularidades demonstrativas de alguns dos aspetos abordados nos capítulos seguintes.

3 A necessidade de inspecionar

3.1 Porquê inspecionar os edifícios

A inspeção é uma ação de observação atenta a um conjunto de elementos construtivos de uma edificação, para a sua caracterização e avaliação. Dessa observação obtém-se dados específicos cuja análise conduz ao diagnóstico, o que permite classificar o estado de conservação. A determinação das causas da ocorrência e a avaliação das suas consequências permitem definir as intervenções mais adequadas para uma ação de reabilitação ou de reforço. Com base nas informações obtidas na determinação das causas da ocorrência de anomalias, é possível apurar a responsabilidades pelas mesmas, num contexto de investigação de danos.

De acordo com o prefácio escrito por Bárbara Rangel no livro *Método Simplificado de Diagnóstico de Anomalias em Edifícios* [2], um edifício incorpora um conjunto de sistemas que se relacionam, em que apenas uma observação cuidada é capaz de identificar o problema que esteja a interferir com o conjunto, desenvolvendo-se a técnica de inspeção com base em metodologias de diagnóstico, na procura da anomalia, e sua análise, pela forma como se manifesta.

As manifestações anómalas são o ponto de partida para desencadear uma investigação técnica. Ao inspetor cabe um papel importante neste processo, tendo como objetivo a obtenção de uma avaliação correta da situação, pelo que terá de possuir conhecimentos técnicos suficientes e treino na aplicação das metodologias para o diagnóstico, que lhe permite sustentar toda a sua ação.

A perceção e a sensibilidade de cada individuo são fatores relevantes neste tipo de investigação, pelo que na inspeção é importante que os registos dos dados sejam feitos de uma forma organizada e que tenha por base procedimentos bem definidos, para evitar, tanto quanto possível, as discrepâncias nas avaliações efetuadas por diversos inspetores, para uma mesma avaliação. Por este motivo, justifica-se como necessário, sistematizar as atividades de inspeção.

Recorrendo a um exemplo de classificação de ocorrências estruturais, foi possível identificar quatro grupos, diferindo nos objetivos que, de acordo com a norma ISO 13822:2010 [3], utilizada para a avaliação de estruturas de quaisquer edificações existentes, o que permite a opção mais adequada para a avaliação nas seguintes circunstâncias específicas:

- a. Alteração da utilização do edifício ou necessidade de prolongamento da sua vida útil;
- b. Testes de fiabilidade requeridos por autoridades, proprietários ou seguradoras, decorrentes por exemplo da ocorrência de sismos, aumento de carga ou adaptações regulamentares;
- c. Deterioração estrutural devido a ações decorrentes do tempo;
- d. Danos estruturais por ações acidentais.

Apesar da norma referida não mencionar, especificamente, os trabalhos de reabilitação, como uma das circunstâncias possíveis, entende-se que a mesma é enquadrada na situação “a” porque há necessidade de prolongamento da vida útil. Num edifício em que se pretende o prolongamento da vida útil, poderão ocorrer problemas de deterioração devido às ações decorrentes do tempo, pelo que nesta perspetiva poderia haver um enquadramento na situação “c”. Com base nos pressupostos que caracterizam cada grupo, constrói-se uma matriz de abordagem adequada ao método de inspeção, tal como se pode observar na tabela 1.

Tabela 1 - Matriz de adequação dos métodos de inspeção

Circunstâncias das Ocorrências	Abordagens de Inspeção		
	Peritagens (análise de falhas)	Avaliação do Estado de Condição	Inspeção para a Reabilitação
a. Alteração da utilização do edifício ou necessidade de prolongamento da sua vida útil	----	----	Adequado
b. Testes de fiabilidade decorrentes, por exemplo, da ocorrência de sismos ou do aumento de carga	----	Adequado	----
c. Deterioração estrutural devido a ações decorrentes do tempo	----	Adequado	Menos Adequado
d. Danos estruturais por ações acidentais. Deficiências de construção ou de projeto	Adequado	Menos Adequado	----

No pressuposto desta análise depreende-se que a circunstância de ocorrência “a. - Alteração da utilização do edifício ou a necessidade de prolongamento da sua vida útil” implica a elaboração de um projeto de intervenção.

3.2 Breves apontamentos históricos

A necessidade de inspecionar as construções para o conhecimento do seu estado de conservação ou para se avaliar os danos em resultado de alguma ação destrutiva é bastante antiga. Há registos, de várias épocas, que nos revelam situações em que houve necessidade de

conservação das construções, de avaliação da integridade estrutural ou de avaliação para eventual demolição.

As reparações ocorriam, sempre que se verificavam danos nas edificações. Nessas circunstâncias eram chamados aos locais, indivíduos ligados à construção para avaliar as condições das estruturas e determinar as necessidades de intervenção. Tal já acontecia no império romano, mais tarde nas construções da idade média e nas épocas sucessivas.

Consegue-se identificar, na história de Portugal, alguns registos escritos relativos à observação técnica das construções, dos quais se apresenta alguns exemplos.

Vitor Córias refere as observações e estudos necessariamente rudimentares efetuadas, antes da idade moderna [4]. Consistiam essencialmente no registo da aparência física relacionada com as anomalias, como sejam os deslocamentos, os assentamentos, as inclinações, as esfoliações e outras. Havia a necessidade de se obter medições da geometria dos edifícios para controlar os alinhamentos e prumadas.

No final do séc. XIV, na sequência do conjunto de medidas estabelecidas, em conselho régio, para assegurar as condições de defesa contra eventuais invasões de Castela, o rei D. Afonso IV mandou vistoriar, de imediato, os castelos e fortalezas e ordenou que se procedessem às necessárias reparações e se responsabilizasse um fidalgo por comarca, para garantir que se cumpria o estabelecido [4].

Mais tarde, Duarte de Armas, que foi escudeiro da casa real, levou a cabo uma missão entre 1509 e 1510 a pedido D. Manuel I, que foi o da inspeção às fortalezas portuguesas ao longo da fronteira com Castela, donde resultou um manuscrito intitulado *Livro das Fortalezas*, em que se encontram representados desenhos em perspetiva e plantas de 56 castelos incluindo pormenores de muralhas com o registo de deteriorações e das necessárias reparações (fig. 1).

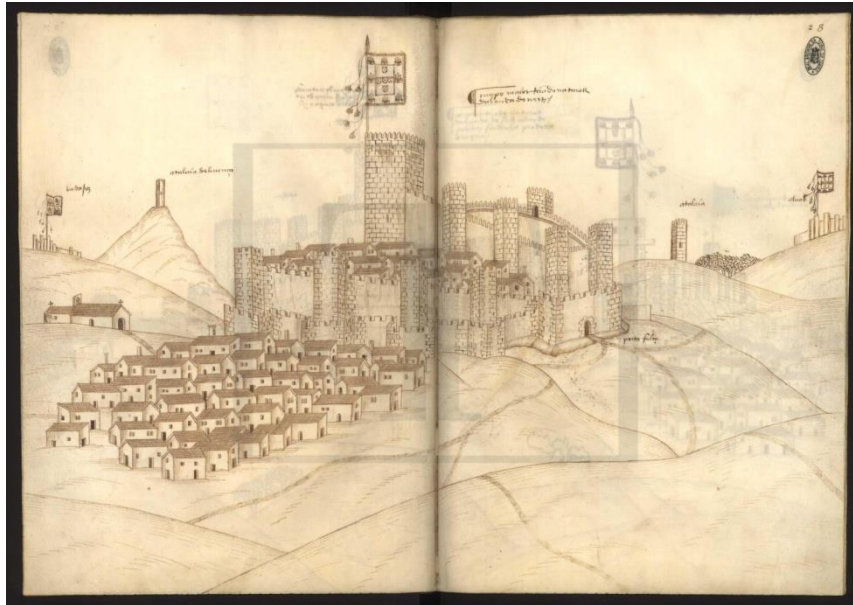


Figura 1- Gravura do castelo de Campo Maior [6]

No que diz respeito às consequências de ações acidentais sobre edifícios, tem-se o exemplo do grande terramoto de Lisboa, ocorrido em Novembro de 1755. Marquês de Pombal, enviou um inquérito, bastante objetivo, a todas as paróquias de Portugal, sobre os efeitos locais do sismo, em 20 de Janeiro do ano seguinte [7]. No preâmbulo desse inquérito remetido diretamente ao Cardeal-Patriarca de Lisboa, é solicitado *que no preciso termo que V. Alteza julgar conveniente procurarem responder a eles, averiguando, e examinando com todo o cuidado, e exatidão o seu contehudo*. Das 13 questões constituintes do inquérito, salienta-se a terceira: - *Que número de cazas arruinaria em cada freguesia, se havia nella edificios notáveis, e o estado em que ficarão?* Para que cada um dos párocos pudesse responder a esta questão e às demais, dentro do rigor solicitado, seria necessário uma observação atenta a cada edifício, ou seja, uma campanha de inspeção para a avaliação dos danos ocorridos e provavelmente, estimar sobre o respetivo estado de segurança. Sabe-se que foi efetuado em simultâneo um inquérito semelhante em Espanha, ordenado pelo então Rei D. Fernando VI, na sequência do mesmo sismo que também fora sentido noutras regiões de península Ibérica.

No período pós terramoto e perante uma cidade de Lisboa cujas construções se apresentavam fortemente destruídas, foram tomadas 14 providências pelo governo do Marquês de Pombal [8], constituídas por um total de 428 documentos sob a forma de Avisos, Circulares, Portarias, Decretos, Instruções de entre outros mecanismos, para dar orientação nas ações emergentes e no restabelecimento rápido e ordeiro da vida na cidade. Na 9ª providência, é referida a

necessidade de nomear dois mestres-de-obras por cada bairro e antes de qualquer ação, terão os mesmos de visitar e examinar todas as paredes sendo que façam demolir aquelas que se apresentarem como perigosas.

Na sequência da décima providência percebe-se, pela carta de resposta do Cardeal-Patriarca de Lisboa, relativamente ao Aviso do governo, que foi efetuada uma inspeção para avaliação de segurança da Igreja de S. Bento, pelo então Engenheiro Tenente Coronel Carlos Mardel, em que se pode ler: *Agora chega à minha Barraca o Engenheiro Carlos Mardel, que por ordem minha foi examinar o estado em que se achava a Igreja de S. Bento, e se com o Terramoto passado tinha experimentado alguma ruína, e me assegura que não a percebeu, nem a tem, e se acha tão sólida e segura que ainda [...] se houvesse outro Terramoto não experimentaria outra ruína. E como o mesmo Engenheiro é portador desta, poderá V. Excelência ouvi-lo, e ser presente a El-Rei meu Senhor com este Aviso o mesmo que ele certifica [...]*. Os registos dos aspetos observados chegam-nos por uma descrição sucinta sob a forma de cartas, não sendo óbvio o recurso a uma descrição de maior detalhe, mas no entanto “certifica-se” a segurança da estrutura.

No limiar do séc. XIX surgem os laboratórios de ensaios de materiais no Reino Unido, em França e na Alemanha, revelando-se importante no apoio às observações de edificações, tornando a atividade mais consistente, na avaliação do comportamento estrutural e sobretudo na caracterização dos materiais o que permitiria as avaliações qualitativas das inspeções, através do diagnóstico.

Portugal aderiu a essa mais-valia técnica, adotando no início do séc. XX, alguns dos conhecimentos científicos dos outros países europeus, em prol dos trabalhos de conservação e reabilitação dos monumentos nacionais, pelo grande interesse demonstrado pelo Estado. Segundo Jorge Custódio [9], a Comissão de Monumentos da 1ª República quis começar da melhor maneira a sua missão de conservação dos monumentos, em todas as frentes da modernidade da instituição, principalmente num dos pontos mais essenciais, a fundamentação científica da conservação. Foi através do pioneirismo do Arq^{to} Adães Bermudes (1864-1948) e dos seus pares que, numa proposta amplamente debatida, revelaram os resultados da observação dos calcários empregues no restauro do Mosteiro da Batalha, cuja seleção se realizara sem qualquer estudo científico. Essas rochas manifestavam maiores problemas de

conservação do que os elementos utilizados na construção inicial. Devido ao desconhecimento da natureza e composição das rochas e das pedreiras existentes em Portugal, desapareciam *muitas das mais notáveis obras de arte nacional*. Tornava-se imperioso que os estudos científicos acerca dos materiais de construção se desenvolvessem em Portugal.

O Arq^{to} Adães Bermudes vai mais longe, pois era também necessário conhecer os processos empregues no estrangeiro para a conservação da pedra, pois estava em causa a integridade dos monumentos e sua preservação, de modo a garantir a sua capacidade e vida útil e de retardar ou evitar a sua ruína. O processo mais adequado para introduzir uma dinâmica científica nos objetivos da Comissão de Monumentos, implicava a correlação entre os seus esforços e o das instituições científicas, que em Portugal se dedicavam aos ensaios laboratoriais. Pretendia-se duas ordens de estudo: Por um lado a classificação dos materiais (assunto da competência do Serviço Geológico) e por outro lado, proceder à análise e ensaios dos materiais de construção (da competência da Direção de Estudos e Ensaios de Materiais de Construção).

A proposta do Arq^{to} Adães Bermudes em 1911, fala de ensaios de resistência, de porosidade, de gelividade, no sentido do conhecimento dos materiais pétreos e dos processos de silicatização e flutuação, destinados à conservação dos monumentos. Ele manifesta-se atualizado com as tendências científicas da época, com a elaboração de estudos laboratoriais sobre materiais de construção na Alemanha, em Viena e em França, com técnicas desenvolvidas para apurar a resistência das pedras ao gelo (ensaios de gelividade). Em 1920, com nova designação, surge o Laboratório de Estudos e Ensaios de Materiais (que mais tarde, em 1946, viria a dar origem ao LNEC), com o duplo objetivo de administração da construção de edifícios públicos e da conservação e restauro dos monumentos.

3.3 Diagnosticar, avaliar e tomar decisões

Perante uma determinada situação é necessário definir uma estratégia e decidir a ação respetiva, com base em pressupostos que vão sendo identificados na inspeção e na análise dos dados.

A norma ISO 13822:2010 [3], que estabelece os requisitos para a avaliação das estruturas de edificações existentes, apresenta um procedimento completo que abrange as várias fases, com

descrição dos aspetos fundamentais de cada uma, cuja aplicabilidade depende dos objetivos da avaliação e das circunstâncias específicas em cada situação. Todavia é recomendada uma visita prévia à edificação para sua observação, antes de iniciar o procedimento. A norma apresenta um fluxograma, figura 2, que caracteriza o referido procedimento.

A inspeção preliminar insere-se numa avaliação prévia da estrutura do edifício, em que se pretende obter alguns dados como a identificação do sistema estrutural e de possíveis danos, através da observação visual recorrendo, se necessário, a simples ferramentas. Essa informação refere-se apenas ao aspeto das superfícies, deformações visíveis, fendas e fissuras, delaminações, corrosões, etc. O resultado dessa inspeção expressa-se em termos de uma graduação qualitativa das condições da estrutura, por possível dano (ex. nenhum, menor, moderado, severo, destrutivo, desconhecido).

Esta avaliação pode ser complementada por outras ações, não menos importantes que a inspeção preliminar, como a pesquisa de documentos relacionados com a edificação que poderá conter aspetos fundamentais para a investigação e também as verificações preliminares para identificar as deficiências críticas relacionadas com a segurança e manutenção da estrutura, com vista a concentrar os recursos sobre estes aspetos na avaliação subsequente.

Com base nesta inspeção, é ponderada a necessidade de uma investigação adicional para a obtenção de mais dados e, principalmente, decidir se uma determinada intervenção deverá ser efetuada no imediato para evitar potenciais riscos. Quando há incerteza nas ações, nos seus efeitos ou nas propriedades da estrutura, deve ser recomendada uma inspeção detalhada, assente na realização de medições ou ensaios.

Para além da informação obtida através das peças do projeto e em outros elementos disponibilizados, as dimensões dos componentes, os detalhes e as propriedades dos materiais a utilizar para a análise devem ser determinados numa inspeção detalhada incluindo a realização de ensaios aos materiais. O planeamento de uma inspeção desta natureza, é baseado em informações disponíveis, o que será convertido num PIE (Plano de Inspeção e Ensaio). A inspeção detalhada traduz-se em dados quantitativos, resultando num conjunto de valores atualizados ou distribuições para determinados parâmetros relevantes que caracterizam as propriedades da estrutura analisada. Este conjunto de informações será a base de decisão

quanto às medidas necessárias implementar numa intervenção de reabilitação, reforço ou de simples ações de manutenção, dependendo do contexto de utilização do edifício, sendo atual ou pretendida.

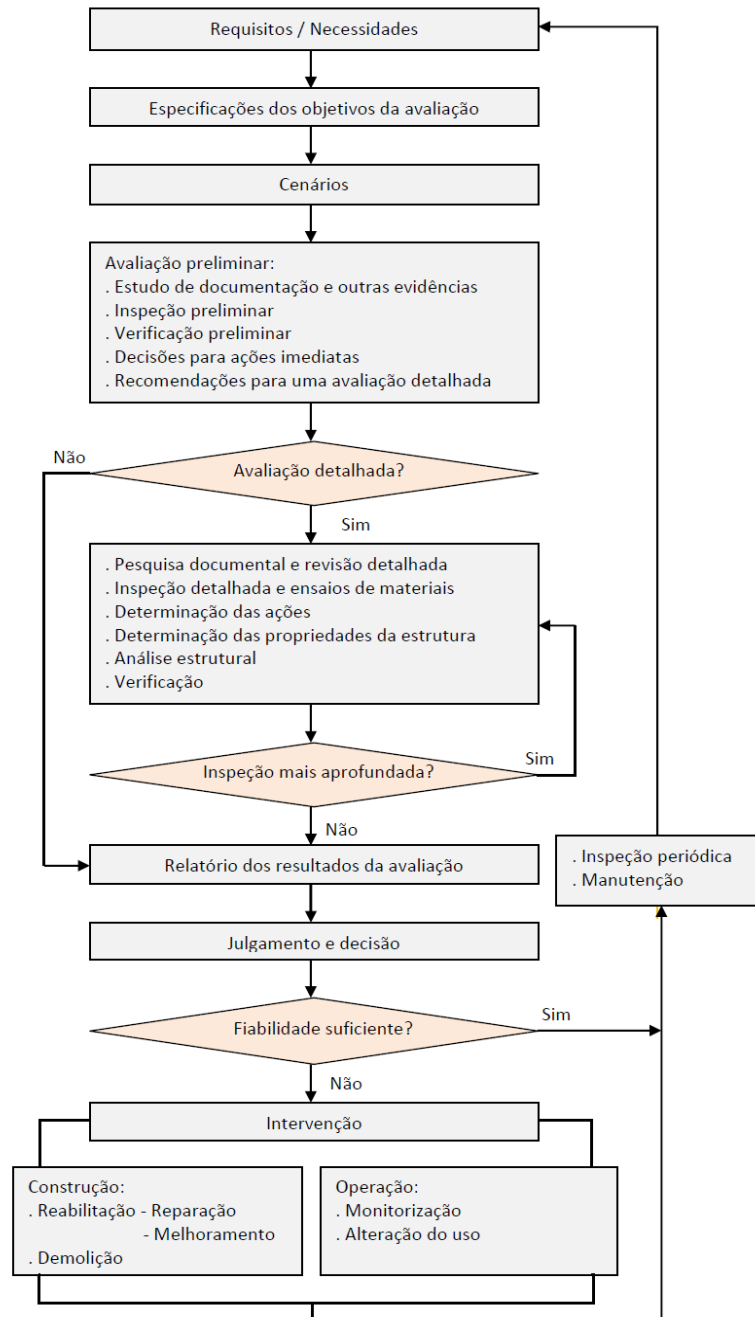


Figura 2 - Fluxograma que relaciona as inspeções preliminares com as inspeções detalhadas [3]

4 Caracterização dos edifícios

4.1 Anatomia dos edifícios

Um edifício é uma construção independente destinada à atividade humana, num espaço compreendido entre paredes externas, que vão desde as fundações à cobertura, independentemente da função principal ser para fins residenciais, comerciais, hoteleiros, hospitalares, militares, serviços, industriais, religiosos, desportivos, culturais, administrativos, ou garagens, distinguindo-se de outras edificações, principalmente, pelo aspeto arquitetónico, como as pontes, barragens, túneis, estradas, muros de suporte, reservatórios, torres, entre outros. Assim, os edifícios são um grupo específico de construções dentro do conjunto das edificações (fig. 3).

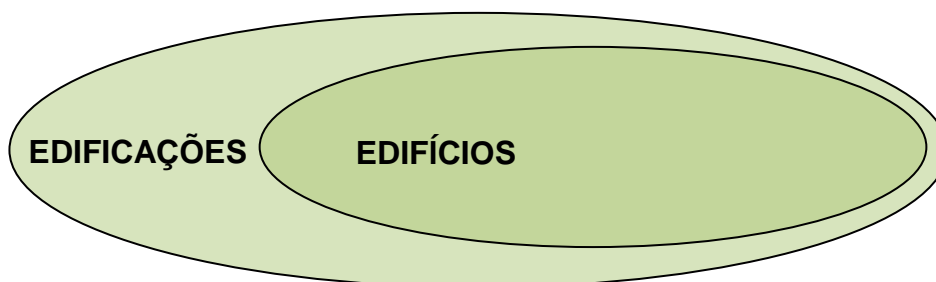


Figura 3 - Conjunto das edificações que englobam os edifícios

Nas figuras 4 e nas figuras 5 podem ver-se exemplos de edificações e de edifícios. Segundo Vítor Córias, o edifício pode ser caracterizado por quatro partes fundamentais, envolvente, envelope, interiores, estrutura e fundações [4], como se apresenta na tabela 2, considerando o espaço envolvente como elemento de influência sobre a construção. No entanto, pode haver algumas partes comuns, que partilham mais que uma função, sobretudo no que aos edifícios antigos diz respeito. Nestes casos os elementos estruturais podem ser considerados como elementos do envelope ou mesmo de interiores. São exemplos as alvenarias portantes de fachadas e divisórias. Nos edifícios mais recentes, é mais óbvia esta separação das quatro partes fundamentais, dado que a estrutura é independente do restante, com raras exceções. De qualquer forma, esta classificação é importante do ponto de vista da inspeção, porque as ações e as consequências são diferenciadas em função do desempenho desses elementos.



4A



4B

Figura 4 - Exemplo de edificações: 4A - ponte sobre a albufeira da barragem da Caniçada, rio Caldo, concelho de Vieira do Minho; 4B - estrutura-torre de comunicações, em Abrantes



5A



5B

Figura 5 - Exemplos de edifícios: 5A - edifício de escritórios, situado no *Taguspark*, no concelho de Oeiras; 5B - edifício comercial em Massamá, concelho de Sintra

Não se considera neste trabalho o estudo específico das instalações e sistemas, ou seja, o conjunto de redes e dispositivos instalados no edifício e parte integrante para o seu funcionamento, como o abastecimento de água, drenagem de esgotos e águas pluviais, redes elétricas, rede de gás, de telecomunicações, ar-condicionado, elevadores, rede de incêndios, sistemas de aquecimento, de ventilação, de transmissão de dados, entre outros, mas é certo que os mesmos interagem com as partes fundamentais, podendo contribuir, significativamente, para a ocorrência de anomalias.

Tabela 2 - Partes fundamentais de um edifício [4]

Partes Fundamentais do Edifício	Características Principais
Envolvente	Local onde se encontra implantado o edifício, seu posicionamento geográfico, existência de linhas de água, proximidade com outros edifícios, etc.
Envelope	Elementos do edifício em contacto com a envolvente, com o exterior: Fachadas, empenas, varandas, pisos sobre passagens abertas, escadas exteriores, pavimentos sobre os terrenos, paredes em cave Coberturas (planas e inclinadas) Elementos de vãos exteriores (portas e janelas)
Interiores	Espaços compartimentados ou não, interiores do edifício. Paredes divisórias e meeiras, escadas, lajes intermédias entre pisos, revestimento de paredes, de tetos e de pavimento, elementos de vãos interiores
Estrutura e Fundações	Parte estrutural resistente do edifício, incluindo as estruturas das fundações

Outra classificação importante para a atividade de inspeção em edifícios relaciona-se com a idade das construções. De acordo com João Appleton [10], edifícios antigos são os que foram construídos antes da utilização massiva do betão-armado, ou seja, todos os edifícios até à década de 40 do séc. XX. Admite-se que a partir desta data quase desaparece o recurso às tecnologias tradicionais de execução das estruturas dos edifícios e regista-se uma profunda alteração na tipologia construtiva, bem como nas dimensões dos edifícios. Também pode-se encontrar nos dados estatísticos do INE (Instituto Nacional de Estatística), sobretudo nos cadernos dos censos de 2001 [11], a divisão de épocas construtivas de edifícios anteriores a 1945 e posteriores a esta data, pelo que se assume este, como sendo o ano que marca a fronteira das construções antigas relativamente às construções mais recentes. A importância desta classificação deve-se à necessidade de se conhecer as técnicas construtivas e materiais aplicados, o que tem implicações nas respostas diferenciadas, quando as estruturas são sujeitas às ações, às exigências de utilização e também da durabilidade dos próprios materiais. Até à década de 40 do século anterior, as técnicas construtivas e os materiais foram praticamente constantes ao longo dos vários séculos, com utilização massiva da pedra (argamassada ou não) em paredes, fundações e pavimentos térreos, cerâmicos, essencialmente

em revestimentos de cobertura e paredes, madeiras nos pavimentos elevados, nas estruturas de coberturas, nas caixilharias de vãos e também o ferro (forjado e fundido) em elementos resistentes pontuais como escadas e guardas de segurança. Os edifícios tinham limitações dimensionais, sobretudo ao nível dos vãos máximos possíveis e também na altura total.

Nos edifícios mais recentes outros materiais são aplicados nas estruturas como o betão-armado e pré-esforçado, o que permite aumentar, significativamente, os comprimentos de vãos e permite moldar os elementos, possibilitando redução no tempo de construção. Utilizam-se, em larga escala, os elementos metálicos, sobretudo os aços, como elementos estruturais principais o que, a par com o betão, possibilita a construção em altura. O vidro surge como elemento fundamental para a constituição de fachadas, possibilitando o aumento de iluminação natural pelos vãos exteriores. As pedras, que tinham um papel preponderante na estrutura, passam para um plano meramente secundário, como a aplicação em revestimento. Na figura 6A observa-se o exemplo de um edifício antigo, construído antes de 1945, existente no centro urbano da cidade de Lisboa. A imagem da figura 6B é o exemplo de um edifício residencial, construído recentemente, no concelho de Sintra.



6A



6B

Figura 6 - Exemplo de edifícios: 6A - edifícios antigos (antes de 1945); 6B - edifícios recentes, posteriores a 1945

É de realçar as características de alguns edifícios dessa década de mudança e seguinte, em que surgem os designados “edifícios de placa”, com paredes ainda em alvenaria de pedra ou tijolo, mas os pavimentos elevados executados em betão-armado.

4.2 Principais materiais de construção e sua caracterização

Os materiais são componentes importantes na construção de uma edificação, sendo o seu conhecimento determinante para um inspetor poder obter informações relevantes nas suas pesquisas e diagnósticos. O domínio sobre os materiais de construção traduz-se, essencialmente, no conhecimento das características intrínsecas e também na análise os seus comportamentos.

Ao longo do tempo a aplicabilidade dos materiais de construção não sofreu alterações significativas ocorrendo, contudo, uma grande alteração com a introdução do betão, tal como se mencionou no subcapítulo anterior, o que ocorreu em finais da década de 40 do séc. XX.

A pedra e a madeira foram durante séculos os materiais de construção, por excelência, em Portugal, seguindo-se o material cerâmico, usado como alvenarias (tijolos), no revestimento de coberturas (telhas) e no revestimento de paredes (azulejos). No limiar do século XIX surge o ferro como elemento estrutural, podendo aplicar-se, em simultâneo, com o tijolo, como os exemplos de edifícios industriais. No início dos anos 30 do século XX, dão-se as primeiras experiências com o betão, vindo este material para ficar e moldar toda a construção a partir da década de 50. Mais recentemente, o aço ganha preponderância na construção, assim como o alumínio, o vidro e os materiais compósitos, nas mais diversas vertentes de aplicação. Não é de esquecer, porém, a utilização preponderante da terra, pedra e madeira que podemos encontrar não só nas construções vernaculares, como também em alguns edifícios nas zonas urbanas. Por último, ocorre a utilização em larga escala do betão, pelo que muitos dos edifícios existentes são construídos com este tipo de solução que, apesar de ser de fácil aplicação e de grande modularidade, possui no entanto uma característica, de ter maior sensibilidade às ações externas, pelo que é recorrentemente visível, a quantidade destas edificações recentes, com deterioração precoce.

A interação entre materiais permite criar soluções com eficácia acrescida, sendo hoje um recurso usual. No entanto, nos edifícios antigos as soluções mistas já eram praticadas com elevado sucesso. São exemplo as paredes de frontal dos edifícios pombalinos [12], constituídas por prumos, travessas e diagonais de madeira interligados, sobre o qual se aplicava a alvenaria de pedra. O sistema de madeira funciona como contraventamento, sendo

parte integrante da estrutura do edifício. A aplicação do betão nos edifícios, não se faz sem a introdução de malhas de armadura ou perfis metálicos, melhorando no conjunto, as características que cada material tem de melhor, a resistência à compressão do betão e a resistência à tração, do aço. As fachadas de edifícios contemporâneos, são constituídas por elementos metálicos estruturais (perfilados em aço ou de outras ligas disponíveis no mercado), sobre os quais se aplicam painéis de vidro, calhas de alumínio e também cordões poliméricos, para vedar ou impermeabilizar, funcionando o conjunto pela interação geométrica dos vários materiais. Na tabela 3 apresenta-se a principal aplicabilidade dos materiais de construção, como elementos estruturais e não-estruturais.

Tabela 3 – Principal aplicabilidade dos materiais de construção

Material	Elementos Estruturais	Elementos Não-estruturais
Pedra	Fundações, paredes	Pavimentos, coberturas, cantarias, fachadas
Madeira	Coberturas, pavimentos, paredes	Pavimentos, escadas, caixilharias, paredes
Cerâmicos	Pavimentos, paredes	Pavimentos, coberturas, fachadas
Ferro /Aço	Pilares, vigas	Fachadas
Betão	Fundações, paredes, pilares, vigas, pavimentos, coberturas, escadas	
Vidro	Pavimentos	Fachadas, vãos

4.3 Comportamento das edificações e dos materiais de construção

As edificações são submetidas a um conjunto de ações, sobretudo pelos agentes existentes na sua envolvente. A forma como reagem a essas ações, define o seu comportamento. A identificação das características das ações é essencial para a compreensão do comportamento das edificações e também dos seus materiais.

O comportamento das edificações pode ser analisado em dois planos distintos e complementares, sendo o primeiro, o comportamento face às ações estáticas e dinâmicas, que atuam a cada instante e o segundo, o comportamento face aos agentes de deterioração, que tendem a reduzir, ao longo do tempo, a sua capacidade de desempenho [4].

No primeiro caso, tem-se as forças, os deslocamentos, as acelerações e as vibrações impostas às estruturas, as ações térmicas, as sobrecargas, a pressão dinâmica do vento, o sismo. No segundo caso, considera-se o exemplo das ações ambientais, como a humidade, a pluviosidade, a exposição solar, os ambientes marítimos, os ambientes poluídos e fabris, de entre outros, que atuam incisivamente sobre o material em si e não tanto nos elementos compostos.

O comportamento das edificações deve apresentar resistências diferenciadas em função do tipo de agressão de que podem ser alvo, nomeadamente a resistência aos esforços e a durabilidade (resistência com o decorrer do tempo). Normalmente os edifícios são concebidos e construídos, tendo uma maior atenção o seu comportamento face aos esforços, pelo que é corrente identificar inúmeros exemplos de edifícios com problemas de durabilidade, dos seus materiais, decorrentes de descuidos neste aspeto, associado à falta de manutenção.

4.4 Patologia das edificações e dos materiais constituintes

Patologia das construções é uma disciplina que se refere ao estudo das anomalias, com a sua deteção, identificação e a conseqüente pesquisa das suas causas [4]. A deteção e a identificação de cada anomalia são realizadas pela observação da forma como ela se manifesta, permitindo a determinação da sua causa, resultando num diagnóstico. Por vezes este estudo é complexo e requer uma análise mais profunda e pormenorizada, que poderá incluir a realização de medições, ensaios no local ou mesmo, a recolha de amostras para ensaios laboratoriais.

A classificação das anomalias das edificações, seus materiais e elementos constituintes, é uma tarefa difícil, considerando a generalidade dos casos, pelo que as classificações especializadas [4], divididas por tecnologias, por idade das construções, por tipologia, ou por tipo de material, são mais comumente aceites.

Como exemplos temos a classificação por patologia dos edifícios antigos e patologias dos edifícios recentes, patologia dos elementos de betão, das alvenarias de tijolo e das madeiras, patologia dos elementos estruturais e patologia dos elementos não-estruturais. Apresenta-se na tabela 4 um exemplo de algumas anomalias nas estruturas de betão.

Tabela 4 - Exemplo de algumas anomalias comuns em elementos de betão-armado [4]

Natureza do Agente	Processo /mecanismo	Anomalia
Origem mecânica		
Carga prolongada	Fluência	Deformação permanente, fissuração
Carga cíclica	Fadiga	Deformação excessiva, fissuração, colapso
Origem química		
Solução ácida	Lixiviação	Desintegração
Sulfatos	Formação de etringite e gesso	Expansão, Desintegração
Alcális-sílica	Formação de gel etringite	Expansão
Dióxido de Carbono	Carbonatação – despassivação de armaduras	Corrosão das armaduras e delaminação do betão
Iões-cloreto	Despassivação de armaduras	Corrosão das armaduras e delaminação do betão
Origem física		
Baixa temperatura	Gelo (Expansão)	Desintegração
Altas temperaturas	Calor excessivo (Expansão)	Deformação (encurvadura), Expansão, Desintegração
Gelo + sais de descongelamento	Introdução de cloretos	Delaminação
Depósitos atmosféricos	Deposição de matéria orgânica	Degradação do aspeto
Pelo uso		
Tráfego	Desgaste	Danificação da superfície
Água corrente	Erosão	Danificação da superfície

É proposto por Vitor Abrantes um sistema pericial de apoio ao diagnóstico de anomalias em edificações para decisão, que assenta no princípio de que, a cada manifestação anómala é possível associar um conjunto de possíveis diagnósticos, entendendo-se que a qualquer anomalia estaria agregada uma lista de possíveis diagnósticos [2].

Com base na teoria da probabilidade, considera-se que, inicialmente, a referida listagem assume que cada diagnóstico possui a mesma possibilidade de ocorrência. No entanto, nas fases seguintes e à medida que se desenvolve o processo, prevê-se o condicionamento progressivo dos diagnósticos anteriormente definidos, resultando no reforço de uns e eliminação de outros.

5 Inspeções em edificações

5.1 Critérios de inspeção e sua seleção

O tipo de inspeção requerida depende da circunstância da ocorrência no edifício alvo, tal como indicado no exemplo já mencionado da Tabela 1, que traduz uma matriz de adequação dos métodos de inspeção.

Para a avaliação do estado de condição ou de conservação de um edifício a metodologia difere de uma peritagem associada a uma análise de falha, assim como difere de uma inspeção com vista à reabilitação. No entanto, as várias abordagens têm em comum a necessidade da observação das anomalias no local e a elaboração de documentação escrita de suporte à atividade, sob a forma de relatório técnico descritivo das observações e experimentações efetuadas, complementadas com esquemas desenhados, imagens fotográficas ou resultados de ensaios e medições. Esses documentos são sempre factuais e nunca conjunturais, contendo na maioria das vezes conclusões expressas, baseadas na análise dos dados extraídos das observações efetuadas no local e também dos resultados de testes realizados.

Apresenta-se nos subcapítulos seguintes os aspetos fundamentais que caracterizam cada uma dessas três abordagens principais.

5.2 Peritagem em edificações

5.2.1 Inspeção forense

Segundo Vitor Córias, a *Inspeção Forense diz respeito aos serviços prestados por engenheiros no âmbito da atividade dos tribunais* [4], ou seja, na inspeção por peritagem ordenada num determinado processo judicial em que seja necessário a análise de falha, para a determinação de causa de sua ocorrência.

A elaboração de um relatório de perícia é fundamental, sendo considerado um elemento de prova em processos judiciais ou em outras situações particulares, como o apoio às decisões de uma seguradora, face ao pedido de acionamento de um seguro.

Se ter uma formação técnica especializada é de elevada importância para a realização das peritagens nas edificações, não menos importante será o saber transmitir e expor de forma clara e convincente o resultado dessa mesma peritagem [13]. Para além disso é importante ter-se uma série de competências sociais e capacidade de comunicação tanto escrita como oral, assim como um comportamento e atitudes adequadas para responder a determinadas situações. A peritagem no âmbito das edificações é uma investigação técnica na análise de falha, que pretende contribuir para a diminuição do risco da incerteza, no processo decisório dos litígios relacionados com a responsabilização, pelas causas dos danos.

No caso de reclamações por via judicial, só os relatórios de peritagem realizados por técnicos independentes podem ser aceites em Tribunal, por ser necessário conhecimentos especiais, situação prevista no artigo 388º do Código Civil português. O Tribunal pode também ordenar a necessidade de realizar a inspeção, prevista no artigo 390º do mesmo documento.

Uma inspeção de peritagem pode ser requerida por qualquer uma das três partes, no processo judicial, ou seja pelo Autor da ação judicial, pelo Réu ou pelo Tribunal.

Um relatório de peritagem é um meio de prova elaborada por uma ou várias pessoas com experiência na área em apreço, que reportam ao Tribunal informações e conhecimentos técnicos sobre os factos que estão em julgamento. O Técnico Perito atua como um auxiliar da

justiça e tem como dever facilitar toda essa informação de maneira objetiva e eficaz, com honradez e honestidade [13]. Os mesmos atributos do Técnico Perito aplicam-se nas situações em que este realiza uma inspeção de peritagem no âmbito de uma avaliação de danos num edifício, resultante de um sinistro, ao abrigo de um seguro, ou também nos casos recorrentes de avaliação de danos ocorridos nas primeiras idades, quando o edifício ainda se encontra no período de garantia contratual, por parte do construtor.

Segundo a opinião de Juan Achell, o Técnico Perito deve reunir, para além de elevados conhecimentos técnicos da especialidade, um conjunto de qualidades pessoais e condutas morais, dada a especificidade do trabalho que executa e, principalmente, as suas implicações, porque dos seus relatórios podem derivar responsabilidades que afetam a vida de pessoas ou empresas [13]. A independência e a imparcialidade, a ética, a honradez e a honestidade, a confidencialidade, a descrição e prudência, a veracidade e objetividade, a constância e a perseverança, são características pessoais consideradas fundamentais por este autor, que também apresenta alguns aspetos a ter em conta para a realização da inspeção de peritagem em edifícios e na elaboração dos respetivos relatórios:

- O Técnico Inspetor dever ter profundos conhecimentos técnicos e experiência comprovada em patologia da construção, nos materiais utilizados na construção e reparações, nas técnicas construtivas e conhecimento em regulamentos e normas técnicas. Deverá colocar em prática as suas capacidades para descobrir as causas das anomalias.
- Sempre que possível deve-se consultar os elementos relativos ao projeto ao edifício (peças escritas e desenhadas) e/ou telas finais. Na falta desses elementos, por parte dos proprietários, pode-se solicitar uma cópia nas entidades municipais locais, apenas das partes que interessam para o trabalho, a fim de evitar despesas desnecessárias ao proprietário. Estes elementos são bastante úteis na compreensão das soluções construtivas e conhecimento dos materiais aplicados, especialmente das partes que se encontram ocultas no momento.
- Caso haja necessidade de se efetuar uma janela de inspeção para observação ou obtenção de medições *in situ*, deverá ser solicitado, ao proprietário, e explicitado o

objetivo da ação, indicando os impactos negativos que estas operações, normalmente produzem. Por vezes, as origens das manifestações anómalas estão ocultas e só com este tipo de procedimento se consegue desfazer dúvidas.

- Numa situação de acidente, deve-se visitar os locais afetados e recolher todas as informações possíveis, logo após a ocorrência, durante a remoção de escombros e construção de estruturas provisórias e após a limpeza dos locais, para que todos os aspetos sejam considerados no ato da peritagem, evitando-se perder informação relevante. Tudo deverá ser fotografado ou filmado, em detalhe, sempre que possível com registo dimensional.
- Um relatório de peritagem não é algo que deva obedecer a uma estrutura fixa. Existe um conjunto de pontos que se podem considerar na elaboração do relatório, sendo exemplo os seguintes:
 - Frontispício – Indicações informativas que identificam o objetivo do trabalho, o edifício, o proprietário, o requerente o técnico da peritagem e datas;
 - Declaração de idoneidade por parte do Técnico Perito – Poderá ser, por exemplo, um conjunto de manifestações declaradas pelo Técnico Perito que evidencie não ter interesses resultantes da resolução do assunto, não ter afinidades ou dependências das pessoas constituintes das partes, seus advogados ou procuradores, entre outras possibilidades;
 - Objetivo do relatório – descrição sucinta da inspeção de peritagem efetuada e do seu propósito;
 - Antecedentes – incluir informação diversa tal como as circunstâncias prévias à intervenção, que serviram para contextualizar a inspeção, listagem de documentação de suporte à inspeção, indicação de eventuais relatórios anteriores sobre o assunto ou outra situação ocorrida no edifício, datas das intervenções, indicação relativa aos acessos às partes interessadas no estudo;

- Descrição breve do edifício ou parte de intervenção – Não se pretende elaborar uma descrição extensa como se de uma memória descritiva se tratasse sobre a construção do edifício, mas apenas uma breve descrição das suas características principais;
- Descrição das manifestações anómalas – Neste ponto e no seguinte, devem-se usar imagens fotográficas, explícitas e/ou desenhos de representação, auxiliares e complementares ao texto escrito, para enriquecer a descrição dos aspetos observados;
- Análise das manifestações anómalas – Tem por base todos os dados obtidos na observação direta, no local, podendo incluir os dados obtidos na interpretação da documentação facultada e interpretação de ensaios e medições entretanto efetuadas. Estas informações devem ser analisadas numa perspetiva global, procurando atribuir um peso real a cada uma das anomalias descritas anteriormente, porque os dados se relacionam, ajudando na investigação do técnico perito. Um aspeto importante a considerar é a redação do texto que deve ser compreendido pelos leitores. Esta parte do relatório, e as conclusões, são as que contém mais informação técnica e explicações teóricas sobre os vários aspetos relacionados com o edifício. É conveniente empregar uma linguagem simples e perceptível, sem perder o carácter técnico e científico das questões;
- Conclusão e recomendações – As conclusões devem ser claras, concisas, completas e convincentes, constituindo a parte principal do relatório de peritagem. As recomendações poderão não ser requeridas em algumas das situações. São apresentadas indicações das ações requeridas para solucionar um ou mais problemas, atuando simultaneamente na resolução das causas e na reparação dos danos sem, contudo, detalhar-se em especificações técnicas, quantidades de trabalho e estimativas orçamentais. Por vezes, em situações de litígio do âmbito judicial e de acionamento de seguros, requer-se a apresentação de estimativas orçamentais indexadas às reparações, normalmente para determinação de eventuais indemnizações. Nestas

circunstâncias é necessária a elaboração de um estudo para além da peritagem, mais detalhado e com a produção de documentação própria para o efeito, nomeadamente a identificação dos procedimentos de trabalho requeridos, quantidades de trabalho e preços de mercado.

5.2.2 Vistorias

As vistorias são inspeções efetuadas por um técnico ou por uma comissão de técnicos nomeados por uma entidade oficial com jurisdição sobre o edifício em questão, com o objetivo específico da verificação da conformidade, na aplicação prática dos regulamentos técnicos, cláusulas contratuais e disposições licenciadas nos edifícios em fase de construção ou em fase de conclusão, sejam novas construções ou trabalhos de reabilitação.

Das vistorias resulta sempre a redação de um auto, subscrito pelas pessoas, oficialmente participantes nessa inspeção, o qual permite ajudar na decisão de cada uma das situações em análise. Apresenta-se, como exemplo, as vistorias previstas no CCP (Código dos Contratos Públicos) [14] e no RJUE (Regulamento Jurídico da Urbanização e da Edificação) [15]:

- O CCP prevê que a receção provisória de uma empreitada ou sua parte e a receção definitiva da mesma, seja baseada na realização de uma vistoria, em que estejam presentes e subscrevam o respetivo auto, as partes interessadas na mesma, nomeadamente o Dono de Obra e o Empreiteiro, para verificar se todas as obrigações contratuais e legais foram cumpridas de forma integral e perfeitas;
- O RJUE prevê também a possibilidade da concessão pelas Câmaras Municipais, de licença de utilização de edifícios aos seus proprietários, mediante o resultado do auto de vistoria, inspeção esta que será efetuada por uma comissão de três técnicos nomeados pela própria Câmara Municipal, podendo eles serem funcionários municipais ou de uma entidade externa contratada para o efeito. De qualquer forma, dois dos técnicos terão de estar habilitados para a realização de projetos equivalentes ao que serviu de suporte para a construção em análise;

- O RJUE prevê para as situações correntes de utilização e conservação do edificado, o dever de conservação com obras a ocorrer pelo menos em períodos de 8 anos, devendo o proprietário, independentemente desse prazo, realizar todas as obras necessárias à manutenção da sua segurança, salubridade e arranjo estético. A Câmara Municipal pode determinar a execução de obras de conservação para a correção das más condições de segurança, melhoria da salubridade ou do arranjo estético;
- O RJUE prevê a proibição de deterioração, pelo que o proprietário não pode dolosamente provocar ou agravar uma situação de falta de segurança ou salubridade, provocar a deterioração no edifício ou prejudicar o seu arranjo estético. Tanto esta situação como a do ponto anterior terá de ser analisada com base numa vistoria, a ser solicitada.

5.3 Inspeções para a avaliação do estado de conservação

5.3.1 Avaliação do estado de conservação

A avaliação do estado de conservação de um edifício, é efetuada de acordo com a determinação do nível de anomalias e respetiva quantidade, existente durante a inspeção, em comparação com as condições que o mesmo edifício tinha quando foi construído, ou quando foi sujeito a uma intervenção de reabilitação profunda. A essa avaliação deverá estar associada uma métrica, que possibilite estabelecer os estados em cada situação e também as análises efetuadas por diferentes técnicos de inspeção. Pode-se adotar expressões qualitativas do estado de cada elemento inspecionado, recorrendo a termos como *nenhum*, *menor*, *moderado*, *severo*, *destrutivo*, ou até mesmo, *desconhecido*. Os subcapítulos seguintes apresentam uma nomenclatura um pouco diferente mas com um significado semelhante.

Com base na avaliação é possível determinar as necessidades de intervenção, que poderão ser maiores ou menores, consoante o nível de conservação atribuído. Há situações que requerem intervenções urgentes e outras que necessitam de simples ações de manutenção. Em ambos os casos, será possível traçar-se um plano de manutenção que auxilia no estabelecimento de uma calendarização para a concretização das intervenções, em função dos orçamentos disponíveis. Neste âmbito, será necessário identificar e separar as anomalias, agrupando-as por níveis de

gravidade, começando pelas que apresentam repercussões mais severas, até chegar às mais simples e estabelecer-se assim, uma ordem de prioridade, escalonada num tempo estabelecido.

Por vezes, a par do plano de manutenção, pode ser necessário estabelecer um plano de monitorização de uma determinada ocorrência, para se avaliar a sua estabilidade ou eventual evolução ao longo de um determinado período (ex. o aparecimento de uma fissura ou fenda numa parede). Normalmente considera-se recomendável, o período mínimo de um ano, antes de se proceder à sua reparação.

5.3.2 Determinação do índice de conservação no âmbito do novo regime do arrendamento urbano

Alguns documentos legislativos portugueses previam desde há algumas décadas, a necessidade de ações de inspeção, de manutenção e de conservação das edificações, contudo sem que a comunidade, em geral, encarasse essas premissas como obrigatoriedade, pelo que são inúmeros, os exemplos da não aplicabilidade dessas recomendações. Existe na legislação os seguintes exemplos:

- O RGEU (Regulamento Geral das Edificações Urbanas) [16], no seu artigo 9º refere que *as edificações existentes deverão ser reparadas e beneficiadas pelo menos uma vez em cada período de oito anos, com o fim de remediar as deficiências provenientes do seu uso normal e de as manter em boas condições de utilização, sob todos os aspetos que trata o presente regulamento.*
- O REBAP (Regulamento de Estruturas de Betão-Armado e Pré-esforçado) [17], no seu artigo 176º (manutenção), refere que *As estruturas devem ser mantidas em condições que preservem a sua aptidão para o desempenho das funções para que foram concebidas. Com essa finalidade, deverão ser objeto de inspeções regulares e, se necessário de reparações adequadas. Durante a vida da estrutura devem ser efetuadas inspeções regulares, a fim de detetar possíveis danos e permitir a sua reparação em tempo útil. A periodicidade destas reparações depende de vários fatores, entre os quais o tipo de utilização da obra, a importância desta e as*

condições de agressividade. Nas inspeções deverá ser dada particular atenção a mudanças localizadas de cor dos revestimentos, a descasques destes, ao aparecimento de ferrugem, a fendilhações e a deformações excessivas, fatores estes que podem ser sinais de anomalias da estrutura que sejam necessários corrigir. No caso de as inspeções revelarem qualquer deficiência no comportamento da estrutura, haverá que investigar as suas causas com vista a proceder aos necessários trabalhos de reparação.

O REBAP é explícito na necessidade de realização de inspeções periódicas, para manter sob vigilância as estruturas construídas, fornecendo algumas pistas do modo de proceder e de algumas manifestações tipificadas que possam ocorrer. No RGEU, não é clara a necessidade de inspeção, mas para realizar as obras de manutenção e de conservação, será necessário a realização prévia de uma avaliação das necessidades, baseadas numa inspeção.

Com a alteração do regime de arrendamento, em 2006, pela publicação da Lei nº 6/2006, surge o NRAU (Novo Regime do Arrendamento Urbano), que prevê uma forma de atualização das rendas antigas, baseada no estado de conservação dos edifícios ou frações autónomas, determinado no cálculo do respetivo coeficiente. Associado ao referido regime surge o Decreto-Lei nº 156/2006 que cria um método de avaliação mais objetivo e imparcial possível, do estado de conservação, através de inspeções. Os níveis de conservação refletem o estado de conservação de um prédio urbano, de acordo com a classificação da tabela 5. Aplica-se esta avaliação a edifícios arrendados ou a frações do mesmo, desde que solicitada a intervenção, não sendo contudo obrigatória.

É publicada a Portaria nº 1192-B/2006, a 3 de Novembro, que aprova a ficha de avaliação, em anexo, a qual integra uma lista dos elementos relevantes para a determinação do nível de conservação, a determinar de acordo com um método de avaliação do estado de conservação de imóveis, da autoria do LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil).

Entretanto, surge em 2012, uma nova revisão ao regime de arrendamento urbano com a publicação da Lei nº 31/2012 que, de entre um conjunto de alterações, anula o recurso da avaliação do estado de conservação em edifícios e frações autónomas, para a atualização de rendas. No entanto, fica estabelecido que o procedimento técnico de avaliação se mantém para

as avaliações a qualquer edifício, para os fins de necessidades de manutenção, reabilitação e de avaliação imobiliária, de entre outras utilizações, o que permite uma base sólida para a atribuição de classificação em função das anomalias identificadas e avaliadas.

Tabela 5 - Classificação dos níveis de conservação, de acordo com o Decreto-Lei nº 156/2006

Nível	Estado de Conservação
5	Excelente
4	Bom
3	Médio
2	Mau
1	Péssimo

5.3.3 A aplicação do método de avaliação do estado de conservação de imóveis

A avaliação do estado de conservação de um edifício, ou de uma fração autónoma, é uma tarefa complexa devido à necessidade de verificar elementos distintos, em diferentes conjugações e também equipamentos de diferentes naturezas, muitas vezes com estados de conservação bastante distintos. Esta situação obriga os inspetores a julgamentos parciais do estado de conservação daqueles elementos, com a consequente avaliação, que pode tornar-se, subjetiva e de difícil concretização se não forem devidamente estruturadas.

No ano de 2006, no âmbito da revisão legislativa do regime do arrendamento urbano, foi desenvolvido pelo LNEC um manual com um método que permite determinar o estado de conservação dos edifícios, de forma expedita e com maior uniformidade possível, através das inspeções visuais nos locais, efetuadas por técnicos qualificados, de engenharia civil e de arquitetura, inscritos nas respetivas ordens profissionais. Este manual teve como base legislativa a Portaria nº1192-B/2006 (ver anexo I), com a ficha de avaliação anexa e descrição dos níveis de anomalias, como se apresenta na tabela 6.

Os níveis de anomalia são avaliados consoante a sua gravidade, tendo-se adotado a seguinte correspondência:

- a. Anomalias muito ligeiras – Ausência de anomalias, ou anomalias sem significado;

- b. Anomalias ligeiras – Anomalias que prejudicam o aspeto e requerem trabalhos de limpeza, substituição ou reparação de fácil execução;
- c. Anomalias médias – Anomalias que prejudicam o aspeto e que requerem trabalhos de correção de difícil execução; Anomalias que prejudicam o uso e conforto e que requerem trabalhos de correção de fácil execução;
- d. Anomalias graves – Anomalias que prejudicam o uso e conforto e que requerem trabalhos de correção de difícil execução, são anomalias que colocam em risco a saúde e a segurança, podendo motivar acidentes sem grande gravidade e requerem trabalhos de correção de fácil execução;
- e. Anomalias muito graves – Anomalias que colocam em risco a saúde e a segurança, podendo motivar acidentes sem grande gravidade, e que requerem trabalhos de correção de difícil execução; Anomalias que colocam em risco a saúde e a segurança, podendo motivar acidentes graves ou muito graves; Ausência ou inoperacionalidade de infraestrutura básica.

A cada nível de anomalias é associado o *Índice de Anomalia* (IA), cuja pontuação é determinada por um conjunto de regras sequenciais. Inicialmente determina-se para cada elemento funcional a pontuação do seu nível de conservação, em função do tipo de anomalia. Esse valor será afetado de um coeficiente de ponderação em função da importância dos elementos, obtendo-se uma pontuação final, sob a forma de IA, a que corresponderá o estado de conservação do edifício, ou sua parte em análise.

Tabela 6 - Níveis de anomalia de acordo com a Portaria nº1192-B/2006

Nível de anomalia	Muito ligeiras	Ligeiras	Médias	Graves	Muito graves
Índice de anomalias	5,0> IA >4,5	4,5> IA >3,5	3,5> IA >2,5	2,5> IA >1,5	1,5> IA >1,0
Estado de conservação	Excelente	Bom	Médio	Mau	Péssimo
Nível de conservação	5	4	3	2	1

Para dar corpo às necessidades do procedimento de avaliação, foi elaborada uma publicação com instruções técnicas de aplicação, MAEC (Método de Avaliação do Estado de Conservação de Imóveis) [18], que permite, catalogar um conjunto de anomalias por elemento funcional, tipo de material e equipamento, com exemplos de várias manifestações anómalas possíveis e ilustradas com imagens fotográficas para exemplificar. Essas anomalias abrangem os vários níveis de gravidade definidos na legislação. Para além da catalogação de anomalias, a publicação do LNEC resume, de forma lógica, todos os aspetos previstos na legislação sobre o tema da determinação do coeficiente de conservação em imóveis, como os critérios adotados, os níveis de gravidade, o modelo da ficha de avaliação e a forma de preenchimento, os cálculos e também todo o procedimento administrativo para a realização de uma inspeção desta natureza.

Com a revisão do regime jurídico de arrendamento urbano em 2012, a atualização das rendas antigas deixou de estar sujeita à avaliação do estado de conservação dos edifícios /frações alugadas face ao estado de conservação. Porém, o MAEC passou a ser utilizado para outros fins, sempre ligado à necessidade de avaliação do estado de conservação, como exemplo na determinação da realização de obras coercivas ou de demolição, legalmente da competência das câmaras municipais, ou de forma geral para a determinação de obras de reabilitação, ou de manutenção, na priorização de intervenções, determinação do valor imobiliário ou na avaliação da viabilidade económica das intervenções.

5.4 Inspeção e ensaios na reabilitação de edificações

5.4.1 Inspeccionar e diagnosticar antes e durante a intervenção

As inspeções permitem o conhecimento do atual estado de uma construção ou parte da mesma, pela recolha de informação, através da observação, pela avaliação dos dados obtidos, dos ensaios e das medições [4]. Essa recolha de informação poderá ser agrupada em três grandes áreas interrelacionadas:

- a. Elementos e materiais da construção;
- b. Envolvente à construção e ações sobre esta;
- c. Comportamento da construção.

Os elementos e materiais da construção devem ser conhecidos, permitindo tanto quanto possível, a caracterização dos vários materiais quanto à sua constituição e comportamentos, quanto às características dimensionais e também quanto à identificação das anomalias ou das alterações que ocorrem.

O conhecimento da envolvente permite caracterizar os elementos mecânicos, físicos e químicos, atuantes na construção e avaliar as suas consequências.

Quanto ao comportamento da construção, a sua análise permite conhecer a interação com a envolvente, especialmente em termos de durabilidade dos materiais quando sujeitos a ações químicas e físicas ou em termos da integridade estrutural quando submetido a ações mecânicas, a que responde instantaneamente ou no decurso do tempo.

A inspeção antes de uma intervenção, ocorre com objetivos diferenciados das inspeções durante e após a intervenção. No primeiro caso a inspeção permite identificar uma necessidade de intervenção, contribuindo para a sua decisão, no que respeita à estratégia e à seleção dos métodos, através da especificação de soluções. Esta análise consta de uma avaliação geral de qualquer edificação ou parte dela, através de uma abordagem metódica e sequencial, cujas fases vão sendo atingidas, na proporção das necessidades de decisão a tomar pelos responsáveis desses edifícios, baseando-se na informação recolhida e analisada por quem realiza as inspeções e avaliações.

A inspeção durante a intervenção permite testar os materiais, assegurando-se que o seu fabrico, manuseamento e aplicação sejam efetuados de forma correta e que responda aos requisitos de projeto. O controlo do fabrico é normalmente assegurado pelo fornecedor, a montante da obra, resultando na emissão de certificados de conformidade dos respetivos produtos. Na obra o controlo da qualidade consiste em dois tipos de tarefas:

- a. Verificação da conformidade das operações de obra, em pontos de controlo previamente definidos (inspeção e análise);
- b. Realização de inspeções, ensaios e recolha de amostras, com a respetiva análise dos resultados.

Estas ações baseiam-se nos requisitos previamente definidos num PIE (Plano de Inspeção e Ensaio), elaborado para sistematizar a verificação da conformidade dos projetos, normativos e códigos aplicáveis.

A norma portuguesa NP ENV 13670-1:2007 referente às regras gerais para execução de estruturas de betão, prevê a inspeção em obra para assegurar que estas são executadas em conformidade com os requisitos da norma e com as disposições específicas de projeto, no âmbito do controlo do produto, dos materiais e da execução dos trabalhos [1].

Pretende transmitir ao construtor o conjunto dos requisitos estabelecidos pelo projetista e assegurar a ligação entre o projeto e a execução. Assim, remete para a fase de elaboração das especificações do projeto, a definição dos requisitos da inspeção, sua classe (ver Tabela 7) e seu responsável.

Tabela 7 - Classes de inspeção às obras de betão, de acordo com Anexo G da norma NP EN 13670-1:2007

Item	Classes de Inspeção		
	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Por tipo de construção	Edifícios < 3 andares	. Pontes correntes . Edifícios ≥ 3 andares	. Pontes especiais . Edifícios de grande altura . Grandes barragens . Edifícios de centrais nucleares . Reservatórios
Por tipo de elementos estruturais	. Lajes e vigas em betão armado com vãos <10m . Paredes e pilares simples . Estruturas de fundações simples	Lajes e vigas em betão armado com vãos >10m . Pilares e paredes esbeltas . Maciços de encabeçamento de estacas . Arcos < 10m	. Arcos e abóbadas em betão armado . Elementos fortemente comprimidos . Fundações delicadas e complicadas . Arcos > 10m
Por tipo de construção /tecnologias utilizadas	. Estruturas com elementos prefabricados	. Estruturas com elementos prefabricados	. Estruturas com elementos prefabricados . Tolerâncias especiais
Por tipo de material e obra: - Classe de resistência - Classe de exposição - Armaduras	. Até C25/30 inclusive . X0, XC1, XC2, XA1, XF1 . Passivas	. Qualquer classe de resistência . Qualquer classe de exposição . Passivas e de pré-esforço	. Qualquer classe de resistência . Qualquer classe de exposição . Passivas e de pré-esforço

Os requisitos definidos em projeto deverão prever as competências do pessoal para a inspeção, definir as inspeções e ensaios de receção de produtos sem marcação CE ou sem certificação, por entidade independente e verificar a adequabilidade do âmbito das inspeções definidas na norma, podendo ser adotados requisitos adicionais.

A norma apresenta um conjunto de linhas de orientação sobre o que inspecionar e como o fazer, dependendo da classe de inspeção adequada, nas obras de betão armado e pré-esforçado.

As ações de controlo devem ser expressas num PIE, que deverá indicar todas as observações e ensaios a efetuar para evidenciar a qualidade dos materiais e dos procedimentos de execução. Assim, para cada ponto de controlo, o plano deve estabelecer os seguintes aspetos:

- a. Indicar os requisitos;
- b. As referências normativas e especificações de projeto;
- c. O método de inspeção, monitorização ou ensaio;
- d. A definição da secção a inspecionar;
- e. A frequência da inspeção, monitorização ou ensaio;
- f. Os critérios de aceitação;
- g. A documentação de suporte;
- h. O inspetor responsável;

De forma semelhante, a norma NP EN1504-10:2007 relativa à aplicação de produtos, sistemas e controlo de qualidade de obras de reparação de betão [19], prevê a necessidade de se implementar, em obra, um plano de qualidade para o controlo das propriedades do substrato, a aceitação da aptidão dos produtos e sistemas, as condições para a sua aplicação e as suas propriedades finais. Para a realização desse controlo é indicado num quadro as observações e os ensaios aplicáveis para cada situação e método utilizado nas reparações, nas situações seguintes:

- a. Condições do substrato antes ou depois da preparação;
- b. Aceitação de produtos e sistemas;
- c. Condições e requisitos antes ou durante a aplicação;

d. Condição final do endurecimento;

Estas metodologias, uma vez sistematizadas, poderão ser extensivas a outras obras de reabilitação ou de reforço estrutural, que não as de betão-armado. Aplicam-se, sobretudo, em fase de projeto na elaboração das especificações, dos requisitos de inspeção e de ensaios a assegurar em obra e conseqüentemente, e na elaboração do respetivo PIE.

5.4.2 Inspeção preliminar e inspeção detalhada

Uma inspeção preliminar é geralmente um exame não invasivo [20]. Realiza-se, recorrendo à observação visual nas zonas de acesso normal, para a identificação de anomalias nos componentes e materiais constituintes, sempre que possível, com base em normas de apoio por forma a reduzir a subjetividade inerente ao inspetor. É importante que a finalidade da inspeção seja definida e acordada entre o dono-da-obra e o inspetor. Esta inspeção não permite revelar todos os problemas existentes, sobretudo os que estão ocultados. Apenas se consegue observar as manifestações anómalas que estejam acessíveis ao ato da observação ou com a utilização de simples ferramentas. O resultado da inspeção visual expressa-se numa relação de graduação qualitativa sobre as condições dos componentes em análise ou dos seus materiais. Para a graduação qualitativa utilizam-se termos como *nenhum*, *menor*, *moderado*, *severo*, *destrutivo* e *desconhecido*. Esta classificação tem em conta as circunstâncias das anomalias e as conseqüências, segundo os seguintes critérios:

- a. Tipo de material e de elemento (estrutural /construtivo) onde se encontra a anomalia
- b. Causas da ocorrência da anomalia
- c. Estado evolutivo da anomalia (sua extensão)
- d. Conseqüências previsíveis da anomalia

A análise de critérios poderá ser sustentada numa base comparativa de anomalias observadas e registadas, podendo ser da mesma natureza ou de natureza diferente, quando indiciam efeitos diferenciados.

A inspeção resulta na elaboração de um relatório em formato escrito, com referências aos aspetos anómalos, sendo que todas as evidências relatadas se referem à data das observações.

A par de uma inspeção preliminar deverá ser consultada a documentação de apoio relativa à edificação, o que permitirá obter informação complementar (especialmente documentos de projeto e relatórios de ensaios). São também importantes os relatos de pessoas que podem ter um conhecimento do estado atual, da fase de construção ou de outros factos anteriormente ocorridos.

Um inspetor pode identificar uma anomalia e diagnosticar, rapidamente, os problemas mais elementares, tais como uma infiltração ou fissuração de uma alvenaria, ou a delaminação do betão por insuficiência de recobrimento. No entanto, para os problemas mais difíceis de diagnosticar, pode recorrer a uma inspeção mais pormenorizada que poderá incluir a realização de sondagens para observação, medições, ensaios *in situ* e amostragens para ulteriores ensaios em laboratório. Nestas circunstâncias desenvolve-se uma inspeção detalhada. Em certos casos as observações /medições podem estender-se por prazos alargados, por forma a ter em conta os efeitos da envolvente sobre o comportamento da estrutura, numa visão integrada no tempo [4], como o exemplo da monitorização da evolução de uma fenda numa alvenaria. As medições realizadas durante as inspeções são uma importante fonte de informação, referenciando valores reais e permitindo comparações, tal como se pode exemplificar na figura 7, com a medição de fissura em superfície de betão, em 7A e a medição da espessura de uma alvenaria, em 7B.



7A

7B

Figura 7 - Exemplo da realização de medições, com escalas diferentes: 7A – medição de fissura em superfície de betão: 7B – medição da espessura de uma alvenaria dupla.

A observação, nas inspeções preliminares, pode ser realizada com auxiliares para a obtenção da máxima informação possível, que nos casos mais simples permitirá chegar a um

diagnóstico. Os elementos auxiliares são sobretudo instrumentos, ferramentas e outros utensílios, como os exemplos referidos na tabela 8, sendo alguns fabricados para este propósito.

Tabela 8 - Elementos auxiliares da inspeção preliminar

Designação	Principal Utilização
Martelo de geólogo	<ul style="list-style-type: none"> . Percussão de superfícies de betão, rebocos, para deteção de vazios, delaminações, desagregações . Avaliação expedita da compacidade do betão, da argamassa e da pedra . Execução de pequenas cavidades para vários usos . Recolha de amostras de betão, de argamassas, de pedra, etc.
Comparador de fissuras	<ul style="list-style-type: none"> . Medição de espessuras de fissuras, por comparação (normalmente com escala de 0,1mm a 2,5mm)
Medidor ocular de fissuras	<ul style="list-style-type: none"> . Medição ocular e ampliada de fissuras (normalmente com escala de 0,05mm a 1,5mm)
Pacómetro	<ul style="list-style-type: none"> . Detetor de armaduras, por indução magnética . Medição de recobrimentos, espaçamento entre varões e seus diâmetros
Esclerómetro de Schmidt	<ul style="list-style-type: none"> . Avaliação expedita da qualidade do betão, pela sua resistência superficial . Comparação entre vários elementos de betão
Fita métrica ou distanciómetro	<ul style="list-style-type: none"> . Realização de medições lineares
Paquímetro	<ul style="list-style-type: none"> . Realização de medições de precisão e em espaços exíguos, tal como a medição de varão de armadura exposto
Espelho com haste	<ul style="list-style-type: none"> . Observação em zonas de muito difícil acesso
Lanterna a pilhas	<ul style="list-style-type: none"> . Iluminação para observação em zonas de menor intensidade de luz ou mesmo em zonas escuras
Humídimetro	<ul style="list-style-type: none"> . Deteção de humidade . Medição expedita da distribuição de teores de humidade em paredes e outros elementos
Chave de fendas, furador ou formão	<ul style="list-style-type: none"> . Deteção de zonas deterioradas nas madeiras

continua ...

Designação	Principal Utilização
Martelo de resina ou borracha	. Avaliação expedita da compacidade e da integridade da madeira
Máquina fotográfica	. Obtenção de fotografias. Registo de imagens. Organização das fotos por numeração e/ou setas indicativas
Câmara termográfica	. Câmara de medição de temperaturas, por emissão de feixe laser, que revela as temperaturas superficiais de uma área. É possível comparar zonas frias (húmidas), face às restantes.
Nível de bolha, fio-de-prumo e suta	. Detecção expedita de desníveis, inclinações e desaprumos
Trincha, escova e espátula metálica	. Limpeza das superfícies a observar . Remoção de detritos, de revestimentos e eflorescências
Bloco de apontamentos	. Registo das observações . Elaboração expedita de esquemas e de outras anotações

O inspetor deve fazer-se acompanhar, sempre que possível, do procedimento sobre a atividade que vai desenvolver, caso exista, de uma lista de verificação ou de um plano de inspeção, onde conste o conjunto de anotações prévias sobre os vários aspetos que deverão ser observados em campo. Essa documentação de apoio pressupõe uma visita prévia ao edifício, para a preparação adequada da inspeção.

A inspeção resulta na elaboração de um relatório em formato escrito, que para além dos aspetos anómalos observados e classificados, deverá conter, explicitamente, outras referências, desde a identificação do inspetor até à data da sua subscrição, sendo que todas as evidências relatadas se referem ao período até essa mesma data. É importante que o relatório da inspeção contenha recomendações explícitas e tecnicamente sustentadas quanto à necessidade de uma dada intervenção ou apresente opções estratégicas a disponibilizar ao dono-da-obra. As opções podem, inclusivamente, referir-se à realização de uma inspeção detalhada para esclarecer determinadas dúvidas ou para a caracterização estrutural com vista às definições de um projeto de intervenção como a reabilitação, o reforço ou a simples reparação local da edificação.

Na figura 8, pode-se observar um conjunto de ferramentas ligeiras e equipamentos simples para o auxílio das observações, permitindo obter informação quantitativa de diversas características que interessam. Como exemplo podemos considerar o martelo de geólogo, maço de borracha, humidímetro, medidor de espessuras de tinta, lanterna, câmara fotográfica, espelho com haste extensível, medidor ocular de fissuras, bússola, suta, espátula, pincel e régua de nível de bolha. Existem também alguns equipamentos de medição, tal como régua, comparador de fissuras, medidor ocular de fissuras, fita-métrica, paquímetro e suta com bolha e medição digital de ângulos. A quantidade de equipamentos disponíveis no mercado, não se esgota nestes exemplos.



8A



8B

Figura 8 - Alguns equipamentos básicos e ferramentas úteis, auxiliares nas inspeções: 8A – ferramentas de diversas aplicações; 8B – equipamentos para medições lineares e inclinações.

A inspeção detalhada, tem uma forte componente de ensaios e de medições que permitem obter resultados quantitativos das várias análises efetuadas. Estes valores são úteis para a compreensão do comportamento dos elementos analisados, permitindo a comparação com elementos de projeto ou com disposições normativas. A análise desses resultados é importante na tomada de decisão, durante a conceção de um projeto de reabilitação ou de reforço estrutural.

A figura 9, pode ver-se alguns dos equipamentos usados frequentemente nas inspeções, o endoscópio de haste flexível, o humidímetro, medidor de espessuras, a câmara termográfica, o pacómetro (detetor de armaduras) com o seu bloco de calibração, o esclerómetro de *Schmidt* digital com bigorna de calibração.



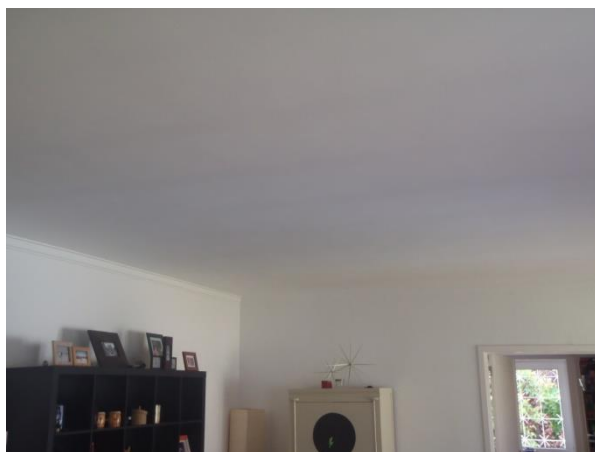
9A



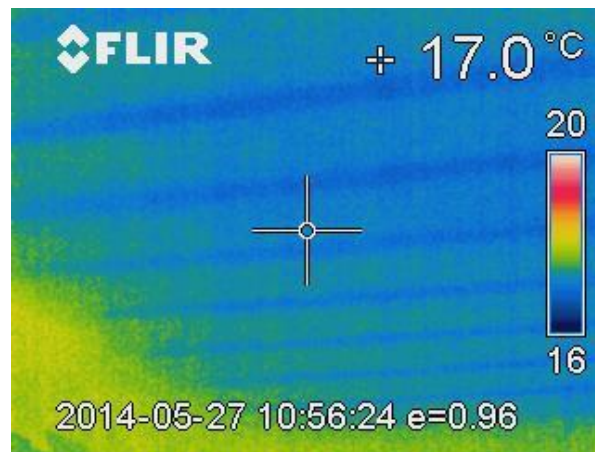
9B

Figura 9 - Exemplo de alguns equipamentos de observação e medição, para inspeções: 9A – endoscópio, medidor de espessuras, lamelas de calibração, câmara termográfica e humidímetro; 9B – pacómetro e seu padrão de verificação, esclerómetro e bigorna de calibração.

Na figura 10 apresenta-se um exemplo de utilização da câmara termográfica, por ação da tecnologia de medição de temperaturas por infravermelhos. A imagem termográfica, 10B, evidencia por diferenças de tonalidades, as diferentes temperaturas no revestimento do teto de uma moradia, em Cascais, em 10A, onde se nota a existência de vigotas pré-esforçadas, como zonas mais frias (azul mais escuro, sendo uma cor mais “fria”).



10A



10B

Figura 10 - Exemplo da utilização de equipamento termográfico: 10A – teto da moradia; 10B – imagem termográfica do mesmo teto.

Sendo a inspeção detalhada uma necessidade identificada na inspeção anterior, a sua especialização na investigação de causas de ocorrências, na caracterização dos materiais e na medição das extensões anómalas, requer a elaboração prévia de um plano de trabalhos ou, de um PIE. A elaboração deste plano assenta numa avaliação da informação obtida previamente sobre o edifício (antecedentes, relatório de inspeção preliminar, elementos de projeto, alguns

ensaios e medições efetuados), que resulta na especificação de um plano de amostragem, de ensaios e medições [21].

O PIE numa inspeção detalhada deverá incluir os seguintes aspetos fundamentais:

- a. Plano de amostragem
- b. Elementos abrangidos
- c. Seleção das técnicas de ensaio e quantidades de ensaios, por tipo
- d. Identificação dos equipamentos requeridos e materiais necessários
- e. Planificação dos acessos aos elementos a inspecionar

Uma vez reconhecido o edifício (ou parte do mesmo) através dos dados obtidos até esta fase, procura-se dividir por zonas classificadas com determinadas características e/ou condições que sejam representativas. Os pontos de amostragem e ensaio são identificados em cada uma destas zonas, de forma que as avaliações considerem cada situação em particular. Na tabela 9 apresenta-se, como exemplo, os cinco critérios para amostragem.

Tabela 9 - Critérios para a obtenção de amostras

Critério de diferenciação	Exemplos de aplicação
Materiais distintos	Amostragens em estruturas de madeira e amostragens em estruturas de betão-armado
Diferentes exigências mecânicas	Uma alvenaria de pedra rebocada, de uma fachada de um edifício gaioleiro tem uma exigência estrutural diferente, de uma alvenaria da empena do mesmo edifício
Características originais	Uma laje em betão-armado de um edifício terá provavelmente características diferentes de uma outra laje, também em betão-armado construída no mesmo edifício, mas em ocasião posterior
Meios envolventes	Um pórtico em betão-armado de um edifício, diretamente exposto e numa zona marítima, sujeita a nevoeiros locais, é diferente de outro pórtico, no mesmo edifício em zona mais protegida desse meio ambiente
Estados de degradação /deterioração	Uma viga de betão que tenha fissuração terá necessidades de investigação diferentes de uma outra viga de betão com problemas de delaminação

A classificação das zonas deve basear-se nos objetivos da inspeção e ser orientada de forma a facilitar a determinação das causas de anomalias e a de caracterização dos materiais, em particular.

Tendo por base os critérios enunciados, haverá que realizar uma subdivisão específica para a identificação final das amostras. Para a realização desse trabalho deve-se considerar o elemento (ou componente), o lote (elementos com as mesmas características) e a quantidade (ou seja, o número de amostras, que depende da dimensão da estrutura e da magnitude do problema).

A seleção das técnicas de ensaio considerada nas inspeções detalhadas tem como base o parâmetro que se pretende avaliar (ex. resistência do material, potencial elétrico, estado de tensão, medição de espessuras, teores de contaminação). A opção por uma técnica pressupõe a identificação dos equipamentos, dos acessórios e das ferramentas mais adequadas para a sua execução.

Uma condicionante importante, durante a inspeção, é o acesso aos elementos ou zonas do edifício em estudo, que interessam à investigação e, nem sempre são fáceis de aceder. São exemplos recorrentes destes casos as fundações e os pavimentos elevados de madeira ocultados por tetos falsos. Para o caso da avaliação das fundações, recorre-se à abertura prévia de poços anexos, de acesso às mesmas, com a possível necessidade de escoramento da trincheira aberta, antes da operação de inspeção ou dos ensaios. Para a situação da avaliação das madeiras de pavimento ocultadas, será necessário a remoção prévia dos painéis de teto falso. Por vezes essa situação torna-se mais difícil, quando os tetos não devem ser removidos ou destruídos, por razões de preservação. Nestas circunstâncias, pode-se recorrer à remoção das tábuas do soalho para o acesso ao vigamento e realização de ensaios e medições.

É importante que os desenhos dos elementos do edifício em estudo, identifiquem os locais de amostragem para medições e ensaios *in situ*. Nesses desenhos as anomalias identificadas devem ser representadas por meio de grafismo ilustrativo, designando-se por *mapeamento de anomalias*. Se possível, devem ser acompanhados de fotos esclarecedoras dos problemas em análise.

5.4.3 Caracterização e diagnóstico

Os resultados das inspeções permitem obter uma caracterização dos elementos estruturais ou materiais construtivos e também o diagnóstico de anomalias e defeitos detetados nos elementos.

A caracterização dos elementos permite evidenciar as qualidades específicas, traduzindo a sua constituição, a identificação dos materiais presentes, as interações entre os mesmos e as dimensões, podendo incluir as características mecânicas e físicas. Para a obtenção deste tipo de informação poder-se-á, em algumas situações, recorrer ao método descritivo baseado na observação visual. No entanto é comum recorrer-se a ensaios e medições, cujos valores são indicativos de determinadas características.

O diagnóstico é a identificação da causa ou a explicação do mecanismo pelo qual o fenómeno afeta o comportamento ou a condição do elemento estrutural ou do material, com base numa investigação das manifestações anómalas.

A tabela 10, apresenta, de forma sintética, algumas anomalias mais frequentes na generalidade dos edifícios, antigos e recentes, assim como o respetivo diagnóstico.

Tabela 10 - Anomalias frequentes e diagnóstico [4]

Anomalia	Diagnóstico
Anomalias na generalidade dos edifícios	
Manchas e alterações nos revestimentos	Infiltrações de água, motivada por telhas partidas, impermeabilizações deterioradas, drenagens de cobertura entupidas ou deterioradas, caixilharias não estanques
<i>Idem</i> , nas paredes interiores	Fugas de tubagens de abastecimento de águas, esgotos, ou aquecimento
<i>Idem</i> , junto ao piso térreo	Humidade ascendente, devido a falta de isolamento nas fundações, ou em muros de suporte de terras
Formação de bolores em paredes	Humidade por condensação, normalmente em pontes térmicas de paredes, ou em instalações sanitárias com muito uso e deficiente ventilação

continua ...

Anomalia	Diagnóstico
Eflorescências, criptoflorescências	Nas situações anteriores, quando ocorre fissuração simultânea e existência de sais em abundância, que migram do interior pela ação da água
Paredes fendilhadas, guarneimento de vãos quebrados e rebocos destacados	Assentamento diferencial das fundações, ou diferenças térmicas nos elementos
Crostras negras e outras sujidades	Ação dos poluentes atmosféricos
Anomalias em edifícios antigos	
Deformações nas paredes de alvenaria (tipo “barrigas”), Abaulamentos	Cedência das alvenarias devido a modificações ou aumento de cargas. Degradação da capacidade resistente da alvenaria. Evidenciam deslocamentos da alvenaria, sendo mais graves se envolverem apenas os paramentos exteriores, por corresponder à sua desintegração
Fendas e fissuras	Evidenciam deformações da alvenaria. Podem ser antigas ou recentes, podendo estar ativas ou estabilizadas
Fratura localizada de revestimentos e cantarias	Expansão por corrosão de elementos metálicos embebidos, como grampos, ferrolhos ou chumbadouros
Juntas abertas nas alvenarias	Alteração e erosão das argamassas. Ação da vegetação infestante
Vãos distorcidos, portas desalinhas	Indiciam assentamentos diferenciais, associados, por exemplo a alterações dos pisos inferiores ou a assentamentos das fundações
Fendas e fissuras nos materiais de revestimento	O mesmo diagnóstico que a anterior Se for acompanhado de desprendimento (som cavo quando percutido), ocorre uma desagregação, como acontece no caso de um reboco, por ação da humidade infiltrada
Alveolização e erosão da pedra	Deterioração agravada pela ação do vento. Ação de agentes agressivos presentes na atmosfera ou água das chuvas
Podridão em elementos de madeira, em particular junto dos apoios nas alvenarias	Devido à presença de humidade, por infiltração, fugas de água em tubagens. Ação de fungos
Empenos das estruturas de madeira	Ação prolongada de cargas permanentes, que originam a deformação por fluência, não sendo possível recuperar a geometria inicial
Enfraquecimento de elementos de madeira seca	Ataque por insetos xilófagos
Enfraquecimento de elementos de madeira em zonas com humidade, junto ao solo e nas entregas	Ataque por térmitas

Anomalia	Diagnóstico
Anomalias em edifícios recentes (betão-armado)	
Fissuração em varandas e outros elementos salientes em consola	Fluência desses elementos
Delaminação superficial, com exposição de armadura	Expansão motivada pela corrosão das armaduras devido a recobrimento insuficiente, betão superficial poroso, carbonatado ou com elevado teor em cloretos
Fissuração sub-horizontal junto à laje de cobertura	Variações térmicas entre a laje e os outros elementos
Manchas de ferrugem à superfície	Deficiências na execução do elemento em betão, deixando pontas de arames, ou outros metais que oxidaram, ou deposição prolongada de varões sobre cofragem húmida, antes da betonagem
Delaminação ou escamação superficial	Elemento excessivamente comprimido no mesmo plano do local
Flechas excessivas a meio vão de lajes e de vigas	Sem fissuras, poderá dever-se à cedência da cofragem antes do endurecimento do betão. Se for acompanhado de fissuras na face tracionada, deve-se a excesso de sobrecarga ou a deficiente conceção do elemento estrutural (défice de armadura resistente, ou elemento extremamente esbelto)
Fissuração vertical em elementos de viga.	Momentos fletores atuantes excessivos
Fissuração diagonal em elementos de viga	Esforços transversos atuantes excessivos
Juntas de dilatação abertas. Fissuração diagonal nos painéis de parede	Assentamentos diferenciais ao nível das fundações
Fissuração passiva transversal à secção do elemento	Retração ou variação térmica no elemento de betão restringido
Fissuras superficiais passivas	Retração plástica, deficiente cura por perda de água superficial, vento ou calor excessivo durante a betonagem. Normalmente essa fissuração apresenta-se reticulada
Ninhos de brita ou chochos	Deficiente qualidade da cofragem (não estanque), permitindo a fuga da calda de cimento. Deficiente procedimento de compactação

A figura 11 apresenta dois exemplos distintos de manifestações anómalas. A fotografia da imagem à esquerda, 11A, refere-se à fissuração por delaminação de um dos montantes de betão-armado (contraforte), num edifício industrial, em Setúbal. A fotografia da direita, 11B, mostra o efeito de degradação do revestimento de uma alvenaria de tijolo, por ação da humidade ascensional, com migração de sais, de um edifício residencial, em Lisboa.



11A

11B

Figura 11 - Exemplos de manifestações anómalas: 11A - em estrutura de betão-armado; 11B - numa alvenaria de tijolo, rebocada com argamassa de cimento e revestida com tinta

5.4.4 Análise estrutural e sua validação

Na realização da análise estrutural de um edifício em serviço (ou parte), antigo ou recente, não existem normas que definam as metodologias de abordagem, pelo que se dispõe de liberdade para aplicar critérios sob restrita responsabilidade [22].

Para a caracterização dos materiais e obtenção de resultados dos ensaios recorre-se a documentos normativos aplicáveis, assim como a métodos de cálculo que são sustentados por normas e regulamentos. Apenas os critérios para a abordagem ao problema, são próprios de cada inspetor, em cada análise.

Se não se dispõe da informação documental do projeto, telas finais e se a estrutura em apreço apresenta danos e outras manifestações anómalas que de alguma forma influem no seu comportamento resistente, será necessária uma caracterização geométrica, uma caracterização do comportamento mecânico e também de danos, para se poder quantificar com maior verosimilhança, as propriedades atuais da estrutura.

Assim, não é lógico que, numa análise estrutural de um elemento, com anos de serviço, se apliquem os mesmos critérios que se usam na fase de projeto, podendo ter-se como resultado uma rejeição por falta de segurança de uma estrutura que não cumpra os limites definidos pelos regulamentos atuais, quando se aplicam os coeficientes de segurança. A aplicação de

um critério desta natureza, resultaria em avultadas intervenções de reforço ou até mesmo à demolição de alguns edifícios existentes.

Em todo o caso, a análise estrutural de um determinado elemento deverá atender ao seguinte critério geral, relativo ao estado limite último:

$$R_d > S_d \quad (1)$$

em que: R_d = valor resistente do elemento estrutural

S_d = valor majorado, da combinação das cargas atuantes

A validação da análise estrutural ocorrerá por meio de experimentação, no próprio elemento em estudo, cuja parametrização das ações e o espectro de resposta estejam previstos nessa avaliação. Dois exemplos de testes que se podem efetuar como forma de validação da análise estrutural são:

- a. Ensaio de carga numa laje, com definição de dispositivo de carga, em incrementos sucessivos, e leituras em extensómetros calibrados, para medição de eventuais deformações perpendiculares ao plano da laje.
- b. Medição do estado de tensão de alvenarias de pedra, através da inclusão de macacos planos paralelos, sujeitos a incrementos sucessivos de pressão hidráulica, com medição da deformação por extensómetros ou por defletómetros calibrados.

Há que ter em atenção os níveis de solicitação exigidos nos testes de validação, em que se requer um patamar de carga dentro dos parâmetros de segurança, para evitar alcançar os níveis expectáveis para a deformação plástica, ou mesmo de possível rotura.

Existe a possibilidade de recorrer a *software* de cálculo e aplicar uma simulação numérica para a análise da resposta da estrutura, baseada em métodos não lineares e de comportamentos espectáveis dos materiais, em resultados dos ensaios de caracterização e diagnósticos entretanto realizados. Para a simulação deve recorrer-se ao modelo mais adequado à situação e ter em consideração o nível de carga e também as condições ambientais.

5.4.5 Avaliação dos resultados

Os resultados de ensaios e medições devem ser analisados em função do seu tipo e da sua representatividade na estrutura. Uma caracterização satisfatória implica um mínimo de valores que indiquem uma tendência de resposta a um estímulo ou de caracterização, sem grande dispersão de valores.

Assim, para além da natureza dos ensaios e das medições requeridas, há que definir a quantidade necessária que permita obter valores representativos e prever algumas situações de reserva, para resultados não válidos ou necessidade de repetição.

Algumas normas apresentam, em detalhe, propostas de vários métodos, de base estatística, para a avaliação dos resultados obtidos. São exemplos a Norma ISO 13822:2010 e o método ACI 228.1R-03, da *American Concrete Institute* [23].

5.4.6 Elaboração dos documentos de estudo

Os resultados dos estudos podem ser apresentados sob a forma de relatório devendo conter, de forma sistematizada, a informação, que consta na tabela 11, elaborada com base no exemplo apresentado no anexo-G da norma ISO 13822:2010.

De uma forma geral, o relatório indica a equipa interveniente no estudo, na inspeção, caracteriza o edifício, descreve sucintamente o âmbito e o objetivo do trabalho de inspeção /avaliação e apresenta, de forma detalhada, o conteúdo técnico de todos os aspetos relevantes para o estudo, incluindo as referências externas de suporte aos ensaios, nomeadamente documentos normativos e regulamentares. Dos vários conteúdos enunciados, interessa ressaltar a importância da discussão dos aspetos relevantes, as conclusões e recomendações, com propostas de intervenção na reabilitação, no reforço estrutural, reparações localizadas ou simples ações de manutenção. Por vezes é útil ouvir os testemunhos de pessoas que, ocasionalmente acompanharam determinados acontecimentos relacionados com o edifício, e que poderão fornecer pistas úteis ao estudo.

Tabela 11 - Estrutura geral de um relatório de avaliação

Capítulos	Principais conteúdos	
Capa do relatório	Título, Data, Cliente, Autor (nome do técnico e/ou organização)	
Intervenientes	Nome do(s) Técnico(s) que realizaram o trabalho de inspeção e outros que participaram (ex. subcontratados)	
Sumário	Texto resumido em uma ou duas páginas, em linguagem simples. Deve ser apresentado o problema, as inspeções efetuadas, as principais conclusões, as recomendações e as exclusões, se aplicável	
Exposição do Conteúdo	Âmbito da avaliação	
	Descrição do edifício /estrutura	
	Inspeção efetuada	Documentação examinada
		Obtenção dos dados e registo fotográfico
		Amostragens de ensaios efetuados
		Resultados dos ensaios
	Análise e verificação dos resultados obtidos	
	Discussão dos aspetos relevantes e revisão das opções de intervenção	
	Conclusões e recomendações	
	Documentos de referência	
Anexos		

6 Ensaios e monitorização de edificações

6.1 Caracterização dos ensaios e seus objetivos

Existe atualmente uma disponibilidade alargada de ensaios que permitem a recolha de informação para a caracterização de materiais e ajuda na compreensão dos fenómenos relacionado com anomalias e danos em elementos construtivos. Esses ensaios dependem das tecnologias disponíveis, aproveitando as valências mensuráveis, para se conseguir obter formas de quantificação que traduzam os estados dos materiais e auxiliem o diagnóstico de anomalias.

A sistematização dos ensaios, pode ser feita com diferentes abordagens, considerando os locais onde eles se realizam (sobre as construções ou em laboratório sobre amostras ou provetes), os princípios de funcionamento dos equipamentos de ensaio, o tipo de material sujeito a ensaio (madeira, pedra, cerâmicos, alvenarias de pedra, elementos metálicos, estruturas de betão) ou os objetivos a obter com a sua realização. A tabela 12, exemplifica alguns exemplos dessa classificação.

Tabela 12 - Exemplo da sistematização dos ensaios

Sistematização	Designação	Exemplos
Local de realização	Ensaio <i>in situ</i>	<ul style="list-style-type: none"> . Ensaio esclerométrico . Medição da resistividade elétrica no betão . Determinação do estado de tensão de uma alvenaria com macacos planos
	Ensaio laboratoriais	<ul style="list-style-type: none"> . Determinação da classe de resistência do betão por compressão de carotes . Medição do teor em cloretos contidos numa amostra de betão em pó . Análise petrográfica de lamelas de betão
Técnicas aplicadas	Observação e Medição geométrica	<ul style="list-style-type: none"> . Observação de cavidades e fendas, com endoscópio . Medição de distâncias com distanciómetro laser . Medição de distâncias com fita métrica . Medição de fissuras com fissurómetros oculares . Verificação de verticalidade com fio-de-prumo e com nível de bolha (suta) . Medição de inclinações com inclinómetros . Fotogrametria para levantamento de fachadas e de outros paramentos em edifícios . Topografia na verificação de alinhamentos . Termografia por infravermelhos para observação de elementos construtivos
	Ação mecânica simples	<ul style="list-style-type: none"> . <i>Pull-Off test</i>. Ensaio de aderência por tração . Determinação da resistência de uma argamassa por ação do arrancamento de uma hélice . Ensaio esclerométrico . Sondagens mecânicas com penetração dinâmica SPT (<i>standard penetration test</i>)
	Ação mecânica por dispositivos elétricos ou oleomecânicos	<ul style="list-style-type: none"> . Resistógrafo para avaliação da integridade de madeiras . Determinação de forças de compressão, por meio de células de carga, como a determinação da classe de resistência do betão por compressão de carotes numa prensa . Ensaio com macacos planos, para avaliação do estado de tensão de alvenarias

É importante que se conheçam as possibilidades disponíveis no mercado, as suas aplicações, os equipamento mais eficazes para cada tipo de ensaios e também as restrições associadas, para se garantir a obtenção de resultados fiáveis.

Para além do conjunto de técnicas referidas como exemplos, existem ainda as propagações de ondas elásticas, como seja os ultrassons, os métodos elétricos, os métodos eletromagnéticos, as análises de vibrações com recurso a acelerómetros, as reações químicas e eletroquímicas.

Os ensaios, no âmbito das inspeções, podem caracterizar-se, na generalidade, como sendo não-destrutivos ou, em algumas situações, consideram-se reduzidamente destrutivos, casos em que podem causar danos localizados, mas que são facilmente reparados [4].

Por vezes, pode haver necessidade de recurso a outros métodos, para a obtenção de informação, sendo exemplos os ensaios destrutivos que causam danos significativos nos elementos das edificações. De acordo com o expresso no anexo I - *Heritage Structures* da norma ISO 13822:2010, este tipo de ensaio poderá ser usado, quando a informação pretendida não possa ser obtida por outros métodos. Esses ensaios, a ocorrerem, deverão ser realizados, tanto quanto possível, em áreas que não afetem as características dos elementos. Todavia, as informações obtidas neste método, com eventuais perdas na edificação, deverão compensar o custo de uma intervenção que por falta de informação poderia implicar maior volume de trabalho tornando-se mais onerosa e, eventualmente, menos eficaz [3].

O principal objetivo na realização dos ensaios de apoio na reabilitação das edificações, prende-se com a caracterização dos materiais, o conhecimento do estado de conservação e do espectro de resposta face às ações a que é sujeita, para a parametrização de um modelo numérico de comportamento de um edifício em serviço, validando-se a resposta da estrutura (ex. deformações, tensões instaladas) e permitir a decisão correta face a determinada situação, como o exemplo da avaliação da necessidade de reforço estrutural.

6.2 Interpretação dos resultados

As normas de ensaio referem as unidades em que os resultados devem ser expressos. Os resultados dos ensaios, podem ser analisados de forma isolada, isto é, apenas o resultado de

um tipo de ensaio requerido, ou de forma integrada, com maior vantagem, através da análise dos resultados dos vários ensaios. Desta forma, é possível obter-se informação útil sobre o comportamento dos materiais ou estruturas, especialmente na avaliação da durabilidade.

Constitui exemplo o caso da difusão do teor de iões-cloreto ao longo da profundidade de um elemento de betão, ou o caso da espessura da frente de carbonatação. A necessidade de avaliação da espessura de recobrimento da armadura na zona de amostragem e a medição do potencial elétrico, que pode evidenciar uma possível atividade corrosiva. Caso essa corrosão não seja evidenciada, os resultados dos ensaios podem ser usados para prever o período de tempo a partir do qual se pode originar atividade corrosiva.

Sabendo que o processo de difusão da frente de carbonatação depende da raiz quadrada do tempo [24], é possível estimar o período, em anos, a partir do qual um varão de armadura será alcançado por essa frente, desde que se conheça a espessura do recobrimento respetivo, que se obtém por deteção, com pacómetro:

$$X_c = K_c \cdot \sqrt{t}, \text{ ou seja:} \quad (2)$$

$$t = \left(\frac{X_c}{K_c} \right)^2 \quad (3)$$

em que: X_c = Profundidade da espessura de carbonatação, expressa em mm

K_c = constante de carbonatação, expressa em mm/ano^{0,5}

t = tempo, expresso em anos

Neste exemplo os resultados de dois ensaios cruzam-se e permitem obter informação útil sobre o tempo ao fim do qual, a armadura poderá começar a ser afetada pela alteração do PH do betão, nessa zona, perdendo a sua alcalinidade.

Em determinados ensaios, a interpretação dos resultados é uma tarefa que requer alguns dados adicionais baseados em elementos que podem influenciar os valores das medições como, é o caso da determinação da qualidade de um elemento de betão através da medição da onda de

ultrassom. A realização de várias medições permite obter parâmetros estatísticos, que indicam tendências de resultados, É importante o conhecimento dos seguintes fatores:

- Distância entre os transdutores (emissor e recetor)
- Posição da armadura, principalmente no sentido da propagação da onda
- Densidade do betão, que depende da composição e das condições da sua colocação
- Idade do betão

Existem vários critérios de avaliação da velocidade de propagação da onda de ultrassom, normalmente associados a especificações de fabrico dos equipamentos de leitura. Um desses critérios poderá ser o que se apresenta na tabela 13, cujos valores de leitura deverão ter em conta os fatores anteriormente descritos.

Tabela 13 - Critério da avaliação da qualidade do betão [21]

Velocidade de Propagação	Qualidade do betão
< 2000 m/s	Deficiente
2001 a 3000 m/s	Normal
3001 a 4000 m/s	Alta
> 4000m/s	Elevada durabilidade

Neste caso os resultados deverão ser interpretados como indicativos de um estado ou de uma tendência e não como valores absolutos, principalmente aqueles que se encontram próximos das fronteiras de estado. Um valor de 2010 m/s não significa, por si só, um betão de qualidade normal. Poderá ser neste caso um betão com uma qualidade normal inferior, cujas medições adicionais permitirão confirmar a tendência. Paralelamente aos resultados há que analisar o elemento estrutural em causa, a sua importância do ponto de vista da segurança e da inserção ambiental, importante para a avaliação da durabilidade.

6.3 A amostragem

Do ponto de vista da estatística, a amostragem é entendida como um processo de recolha de informação de uma parte, geralmente pequena, relativa a elementos que constituem um dado

conjunto. Da análise dessa parte pretende-se obter informações que representem todo o conjunto.

Para a realização dos ensaios de diagnóstico e de caracterização dos materiais, recorre-se a critérios de amostragem, porque não é possível testar a totalidade dos elementos constituintes de uma edificação. Essa amostragem deve ser representativa das características intrínsecas do material ou elemento alvo de estudo e/ou representativa do grau de deterioração associado ao elemento, ou também às condições ambientais da envolvente. Os ensaios e medições permitem quantificar determinadas características, com níveis de confiança que dependem da quantidade de amostras. Pode-se optar pela inferência estatística nos casos em que há vários dados disponíveis para uma mesma análise.

Os critérios de amostragem são planeados, considerando as seguintes fases sequenciais:

- Identificação do objeto de estudo e das características que se pretende analisar;
- Escolha dos ensaios e medições a efetuar;
- Definição do número e da dimensão da amostra por cada ensaio.

O método estatístico de amostragem numa atividade de investigação que é neste caso a inspeção, não deverá ser aleatório, mas sim do tipo dirigido, não casual, o que significa que são definidos os locais específicos para se proceder ao estudo dos materiais pela medição /ensaio, ou obtenção de amostras para ensaios em laboratório, havendo interesse deliberado e justificado, em se estudar determinado local.

No entanto, não há regra estabelecida para estimar as quantidades de amostras (dimensão da amostra) por cada tipo de ensaio. O inspetor, ou o técnico que irá dispor da informação a recolher, deverá definir a quantidade de amostras e a localização das amostragens. Deve estabelecer uma quantidade que lhe permita ter confiança, concluir sobre os resultados obtidos e planear as ações consecutivas. Por outro lado, há que ter em conta, não ser possível realizar tantos pontos de amostragem quanto o desejável para garantir o mais elevado nível de confiança, por três razões:

- Por questões económicas, uma vez que a realização de cada amostragem e ensaio envolve custos;
- Por dificuldade, ou mesmo impossibilidade, de acessos;
- Por necessidade de manter a integridade estrutural, sobretudo quando se recorre a ensaios destrutivos ou moderadamente destrutivos.

Não havendo regras que estabeleçam formas sistematizadas para as amostragens de ensaios e medições em inspeções de edificações, encontra-se, contudo, algumas referências em vários documentos, sobre alguns aspetos a ter em conta e que, analogamente, poderão servir de exemplo para outras situações.

Destaca-se a recomendação do *anexo I - informativo* sobre estruturas patrimoniais, da norma ISO 13822:2010 [3], onde se refere que, caso seja necessária a obtenção de amostras, deverão as mesmas ser o mínimo possível e restringidas a partes das estruturas que sejam de menor valor patrimonial.

O Relatório do Comité 364 da *American Concrete Institute* [25], apresenta recomendações a ter em consideração nas amostragens para betão, por carotagem. Para as carotes destinadas à realização de ensaios de caracterização do betão, por compressão ou na determinação do seu módulo de elasticidade, indica um mínimo de 3 carotes por tipo de ensaio, podendo-se nesse caso obter um valor médio. Nestas condições, cada uma destas carotes deverá, sempre que possível, ter um diâmetro 3 vezes superior à dimensão máxima do agregado presente na carote.

6.4 Plano de inspeção e ensaios, exemplo de aplicação

Há várias formas de apresentar um PIE (plano de inspeção e ensaios), dependendo essencialmente de quem o elabora e da complexidade das estruturas e dos tipos de ensaios requeridos. Estes planos podem ser simples tabelas com informações sucintas e esquematizadas ou, ser descritos em textos com explanação de objetivos, metodologias, procedimentos, restrições e outras informações úteis. O exemplo que se apresenta, insere-se neste último tipo de PIE, pelo detalhe abrangente, sendo totalmente descritivo e justificando as opções contidas. Neste documento evidencia-se a necessidade do projetista, seu autor,

querer partilhar com o inspetor as razões para determinadas ações a desenvolver durante a campanha, assim como os métodos e procedimentos de suporte à inspeção a realizar e o tipo de informação a ser obtida, resultando num plano de elevado detalhe técnico.

Um município do norte do país, lançou no início de 2014, um concurso para a reabilitação e reconversão da utilização do conjunto de edifícios antigos, pelo que foram elaborados documentos técnicos e administrativos colocados a concurso, dos quais constava o *Plano de Inspeção de Estruturas e Fundação* [26]. Este plano serve de exemplo para a justificação de determinados ensaios e verificações numa campanha de inspeção para avaliação e diagnóstico de conservação e do comportamento estrutural do conjunto de edifícios. Não são descritos no documento, os edifícios existentes no complexo, sendo contudo, edifícios antigos, de acordo com as sucessivas descrições singulares que se vão identificando ao longo do texto.

Essa inspeção é justificada pelo facto da intervenção prevista ao nível estrutural obrigar a uma caracterização, adequada, do seu estado de conservação. Estas informações permitirão avaliar as reais condições de segurança estrutural, bem como a definição das características residuais da estrutura resultantes do processo de deterioração. Para o tipo de edifícios existentes no complexo, considerou-se necessária a recolha de informações para a caracterização das asnas de madeira, paredes de alvenaria de pedra e suas fundações, lajes de abóbadas e elementos metálicos.

Foi prevista uma investigação realizada com recurso a exame visual da estrutura complementado por ensaios. A inspeção tem como principal objetivo obter informação relativas às atuais condições das estruturas, procedendo-se a um mapeamento das anomalias, identificando o tipo e a intensidade, de forma a determinar-se a necessidade de realizar as ações preconizadas. A avaliação do estado de conservação e a quantificação das reais condições de segurança da estrutura pretende a caracterização e quantificação das seguintes anomalias:

- a. Anomalias na madeira das asnas existentes, originadas pelo ataque de agentes bióticos, a existência de defeitos, danos relacionados com agentes atmosféricos e, particularmente, com a existência de ciclos molhagem /secagem da madeira;

- b. Anomalias nos pisos de abóbadas, elementos metálicos e paredes de alvenaria onde se salientam as anomalias relacionadas com destacamento de material, fissuração e eventual aparecimento de agentes bióticos como a vegetação;
- c. Anomalias nas fundações

Os procedimentos gerais de inspeção contemplados no documento, são os que a seguir se enumeram, considerados como úteis na averiguação do estado da estrutura:

- a. Levantamento da geometria do edifício, incluindo asnas de cobertura e alçado das paredes de alvenaria de pedra;
- b. Observação dos desvios da geometria, nomeadamente na verticalidade das paredes de alvenaria de pedra e da separação de elementos, por exemplo, em aberturas;
- c. Levantamento e caracterização dos materiais constituintes das paredes, pavimentos e coberturas, incluindo a avaliação das suas propriedades e caracterização das suas alterações;
- d. Identificação de todas as zonas problemáticas e levantamento das principais anomalias e áreas afetadas, incluindo o registo das suas possíveis causas;
- e. Identificação de elementos com deformações excessivas;
- f. Observação, pormenorizada, das zonas mais esforçadas, nomeadamente apoios de asnas de cobertura e das vigas metálicas nas paredes de alvenaria;
- g. Identificação das fissuras e averiguação de potenciais causas, e no caso de serem muito extensas ou causarem grande impacto estrutural, monitorização dos seus movimentos com fissurómetros;
- h. Realização de poços de inspeção e sondagens em torno das fundações.

O plano refere neste capítulo que, para além do equipamento de fotografia e de topografia clássica, os procedimentos deverão envolver a instalação em obra de instrumentos de observação, de diverso tipo, como inclinómetros para a medição de inclinações, defletómetros para o controlo de assentamentos e deformadas, fissurómetros para o controlo e medição de abertura de fendas.

Relativamente aos ensaios previstos, é referido, inicialmente, o facto de os edifícios do complexo serem classificados como *Monumento de Interesse Público* pelo IGESPAR. Face a

este facto, a necessidade de se realizarem ensaios destrutivos deve ser sempre, cuidadosamente, avaliada e a sua localização deve ser colocada à aprovação do projetista. Recomenda-se a utilização de técnicas e instrumentos não destrutivos ou ligeiramente destrutivos. É referido que os ensaios terão de obedecer aos procedimentos normativos, entre os quais a garantia de manutenção e calibração dos equipamentos.

Ensaio a realizar nas paredes de alvenaria de pedra e de tijolo, após a remoção dos rebocos:

- a. Ensaio de dureza superficial com esclerómetro, para o conhecimento das características mecânicas da pedra;
- b. Medição da humidade superficial com humidímetro e avaliação a altura da ascensão capilar;
- c. Aplicação de fissurómetros em fissuras de maior relevância e consequente análise ao longo do tempo, incluindo no decorrer da obra de reabilitação;
- d. Ensaio sónico para o conhecimento da composição das paredes e das características mecânicas;
- e. Introdução de macacos planos duplos e de reduzida espessura nas paredes após a abertura de rasgos paralelos, para a identificação das propriedades mecânicas da parede e avaliação do estado de tensão *in situ*.

Ensaio a realizar nos elementos metálicos de ferro, após a decapagem da corrosão existente e limpeza das superfícies:

- a. Análise química laboratorial sobre amostras obtidas em obra, para determinação da composição química (carbono, silício, manganês, fósforo, enxofre e azoto);
- b. Ensaio laboratoriais de tração, em provetes preparados a partir das amostras obtidas em obra, para a determinação da tensão de cedência e tensão de rotura;
- c. Medição por ultrassons de espessuras do material metálico;
- d. Medição de partículas magnéticas para a deteção de danos
- e. Medição com líquidos penetrantes, para a deteção de danos superficiais

Ensaio sobre os elementos de madeira, para obter informações, que permitam suportar a decisão de manutenção ou substituição parcial ou total, de elementos de madeira:

- a. Determinação da classe de resistência de provetes obtidos a partir de amostras, nos ensaios de corte, de compressão, de flexão e de determinação da massa volúmica;
- b. Avaliação da existência e extensão da degradação biológica, com recurso a sistema de percussão, medição do teor de humidade, aplicação de lâmina metálica e deteção de insetos xilófagos por meio de equipamento de deteção de sons emitidos pelos insetos;
- c. Utilização de ultrassons para obter informações sobre as condições internas dos elementos de madeira, nomeadamente a presença e dimensão de defeitos locais e sobre a sua capacidade resistente residual;
- d. Utilização de um resistógrafo, para avaliar o estado de conservação dos elementos estruturais, em toda a secção, identificar situações de degradação, vazios ou podridões internas, definir secções residuais úteis e estimar algumas características mecânicas da madeira.
- e. Com recurso a um humidímetro, avaliar o teor de humidade dos elementos de madeira em análise.

Para além dos ensaios aos elementos de madeira, há a necessidade de um exame visual que permita identificar a espécie de madeira dos elementos observados, detetar a existência de defeitos, e a sua relação com os esforços aplicados às peças, identificar a presença de fendas e deformações excessivas e suas origens, detetar sintomas de fungos, orifícios de saídas de insetos, mudança de coloração e identificação do tipo de degradação biológica. Há ainda que verificar a existência de manchas indiciadoras da ocorrência de focos de humidade e observar a entrega de elementos resistentes nas paredes de alvenaria.

O PIE determina, também, a necessidade da realização de uma prospeção de natureza geológico-geotécnica, essencialmente dentro do perímetro de um dos edifícios, com as seguintes atividades:

- a. Sondagens mecânicas verticais com sonda de percussão ou de rotação com ensaios SPT, com comprimento estimado de 10m;
- b. Emissão de relatórios diários;
- c. Fotografias e critérios de classificação das amostras, com apresentação dos índices de qualidade.

O referido documento aborda a forma de apresentação do relatório e pontos do seu conteúdo. A elaboração desse relatório deverá incluir análise da vida útil, a verificação da capacidade estrutural, a exequibilidade da intervenção e a apresentação de propostas alternativas.

Face ao exposto considera-se que este PIE é um exemplo que conjuga, através de um plano, as necessidades do projetista, com as técnicas de ensaio e de inspeção disponíveis no mercado, ao alcance dos técnicos no terreno, para a obtenção de dados característicos da obra.

6.5 Novas tecnologias de ensaios não destrutivos

Os métodos dos END (Ensaio Não Destrutivo), na notação internacional *NDT* (*Nondestructive Testing*), são utilizados para determinar propriedades dos materiais estruturais das edificações, sendo ensaios que não provocam danos nos elementos analisados [27]. Os métodos de END têm aplicabilidade nas seguintes situações:

- Controlo da qualidade nas novas construções;
- Investigação nas inspeções efetuadas às estruturas;
- Controlo da qualidade nas obras de reabilitação e reparação;

As tecnologias dos END estão em constante evolução com base na pesquisa contínua, para melhorar os métodos existentes e desenvolver novos métodos, sendo crescente a aplicabilidade, sobretudo, a estruturas de betão, apesar da ausência, na sua maioria, de padrões que permitam uma maior confiança e maior aplicação na utilização destas tecnologias. Tradicionalmente o controlo da qualidade de estruturas de betão tem sido realizado, em grande parte, por inspeção visual e por ensaios mecânicos sobre amostras de betão fresco ou amostras em betão endurecido. Os END têm a vantagem de permitir obter dados sobre as propriedades do betão endurecido, sem a necessidade da obtenção de provetes, tendo como exemplos as seguintes características:

- Constante elástica, densidade e resistividade elétrica;
- Dimensões de elementos, sobretudo espessuras;
- Localização de fraturas internas, vazios e delaminações;

- Localização e visualização de armaduras de aço e outros elementos metálicos, como os chumbadouros e as bainhas de pré-esforço;
- Humidade do substrato e espessuras de revestimentos;
- Compacidade do betão;
- Extensão de danos por ação do fogo e espessura de camadas quimicamente afetadas;
- Estado de corrosão dos elementos metálicos embebidos;

A execução de ensaios considerados não-destrutivos requer o conhecimento de cada procedimento de teste, a interpretação dos dados obtidos, das limitações dos equipamentos, para assim proporcionar a escolha das técnicas mais adequadas, para cada situação concreta. A maioria dos métodos são testes indiretos, porque a condição do betão é inferida a partir de respostas dadas a estímulos, constitui exemplo, a radiação eletromagnética. Há Situações em que, os resultados dos ensaios podem ser claros, mas há casos que poderão suscitar dúvidas ou até mesmo ser inconclusivos. Nestes casos deve recorrer-se a outras técnicas de END ou investigações complementares. A experiência e destreza do operador do equipamento ou do inspetor, poderá fazer a diferença entre o maior ou menor êxito de uma dada inspeção. Na tabela 14 apresenta-se alguns dos métodos de END e a sua aplicabilidade prática, obtido a partir do relatório do comité ACI 228.2R-3 de 1998.

Tabela 14 - Métodos de ensaios não destrutivos [23]

Método e princípio	Aplicabilidade
Velocidade do impulso de ultrassom: Mede o tempo de um impulso de onda de ultrassom num comprimento conhecido, entre o emissor e o recetor	Deteta a existência de padrões anómalos, e determina a condição da compacidade do betão, com base na velocidade de propagação. Muito comum para medir a integridade de betão dos elementos mais delgados.
Eco de ultrassom: Um transdutor emite um curto impulso de onda de ultrassom que é refletida pelo lado oposto do elemento ou por um defeito interno, que é recebido por um dispositivo adjacente	Localiza delaminações e zonas de vazios em elementos relativamente delgados

continua ...

Método e princípio	Aplicabilidade
<p>Impacto-eco: Um recetor adjacente ao ponto de impacto, mede o tempo de chegada da onda de impacto gerada em elemento delgado refletida pelo lado oposto ou por um defeito existente dentro desse elemento. A análise da frequência da onda permite determinar a distância da refletida, se for conhecida a velocidade da onda</p>	<p>Localiza os vários defeitos que possam existir dentro do elemento de betão da própria espessura desse elemento</p>
<p>Eco sónico: Produção de impacto na superfície, com martelo instrumentado e um recetor colocado na mesma superfície monitoriza a demora da onda refletida, sendo possível medir tempos de propagação</p>	<p>Mede os comprimentos de pilares e de estacas de fundação e também permite medir as distâncias a defeitos existentes nesses elementos. Muito comum no ensaio de integridade de estacas</p>
<p>Ensaio sónico <i>Crosshole</i>: Similar à técnica da medição da velocidade de impulso do ultrassom, mas os transdutores de emissão e receção, são deslocados paralelamente ao longo de tubos introduzidos para o efeito em pilares e estacas de betão</p>	<p>Permite medir a forma aproximada do elemento de betão e localiza a existência de danos. Associado a um <i>software</i> gráfico, permite obter uma imagem 3D do elemento</p>
<p>Sísmica paralela: Medição de onda sísmica gerada pelo impacto de um martelo sobre elemento de betão de fundação, por um recetor que se vai posicionando ao longo de uma profundidade</p>	<p>Mede os comprimentos de pilares e de estacas de fundação e também permite medir as distâncias a defeitos existentes nesses elementos. Muito comum no ensaio de integridade de estacas</p>
<p>Radiografia (<i>raio-x</i>): Emissão de uma radiação eletromagnética direcionada com energia de alta intensidade, que percorre uma espessura de material de densidades diferenciadas e que reproduz imagem no lado oposto, através do escurecimento impresso em chapa fotográfica</p>	<p>Localiza elementos de diferentes densidades, como elementos metálicos dentro do betão, as armaduras e pré-esforço</p>
<p>Gamagrafia (<i>raios-X</i>): Emissão de uma radiação direcionada com a exposição de uma fonte radioativa, por meio de um isótopo radioativo (ex. cobalto céσιο ou irídio) e de alta intensidade eletromagnética, que percorre uma espessura de material de densidades diferenciadas e que reproduz imagem no lado oposto, através do escurecimento impresso em chapa fotográfica</p>	<p>Localiza elementos de diferentes densidades, como elementos metálicos embebidos no betão, como as armaduras ordinárias e pré-esforço.</p>
<p>Método Eletromagnético: Através de um fraco campo magnético que é aplicado à superfície de um elemento pode-se obter, por reflexão, a distância a um elemento metálico embebido, no betão</p>	<p>Permite localizar elementos de armadura do betão, medir a espessura de recobrimento e também determinar o diâmetro do varão</p>

Método e princípio	Aplicabilidade
Métodos de polarização: Medição de potenciais elétricos de elementos metálicos, gerando diferenças de potencial através de um circuito de eletrólise, em que o betão de recobrimento funciona como eletrólito do sistema. Existe um eléctrodo com valor padrão (sulfato-cobre), para polarizar, permitir a diferença de potencial. Para baixos valores de potencial eléctrico, maior será a resistência d elemento metálico	Os valores baixos de potencial eléctrico podem-se associar a atividade corrosiva dos elementos metálicos embebidos no betão (armaduras)
Termografia por infravermelhos: Emissão de radiação eletromagnética, no espectro de luz dos infravermelhos, a uma dada gama de temperaturas, que permite visualizar em imagens as diferentes massas, correspondentes aos diferentes materiais	Permite localizar materiais medianamente ocultos e avaliar as temperaturas a que estão sujeitos
Ondas radar: Técnica idêntica à de Eco Ultrassom, mas que usa ondas de alta frequência, sendo que a antena do emissor é a mesma que a do recetor, fazendo variar a respetiva frequência, ganhando ou perdendo alcance de deteção	Permite detetar materiais de densidades diferenciadas, como elementos ocultos em vários tipos de estruturas e pavimentos

6.6 Monitorização

A monitorização das edificações, pode ser realizada após os trabalhos de uma intervenção de reabilitação ou antes, durante a fase de inspeção.

Por vezes a inspeção não permite concluir acerca de uma manifestação anómala, pelo que será necessário observar determinado comportamento ao longo do tempo. Como exemplo pode-se considerar o caso de fissuras ou fendas em paramentos, que necessitam de observação periódica para avaliar a sua estabilização, colando em pontos-chave, testemunhos que permitem a medição por uma escala. Também se pode exemplificar com a necessidade de medir a verticalidade de um elemento, extenso, devido a fenómenos de dilatação térmica, com recurso a estação total de topografia.

A situação mais difícil nas monitorizações desta natureza reside na definição do tempo necessário e dos períodos de leitura. Normalmente, pode-se assumir um prazo de um ano tendo em conta que é o tempo em que se encerra um ciclo climático (as estações do ano) com medições em períodos máximos trimestrais. Para acontecimentos diversos os prazos e períodos de monitorização podem ser alterados e adaptados às necessidades específicas ou ao evento significativo que ocorre. Importantes são os registos de valores, sua manutenção e interpretação dos resultados.

Na figura 12 pode observar-se o exemplo da monitorização de uma fissura com a aplicação de um simples testemunho de gesso, moldado no local, sobre a moldura de um revestimento de uma parede em alvenaria de pedra, de um edifício habitacional antigo, na cidade de Lisboa. A fotografia 12B é a ampliação da fotografia 12A, onde não é visível qualquer evolução da espessura da fissura, decorrido 6 meses após o início da monitorização.



12A

12B

Figura 12 - Exemplo da monitorização de fissura: 12A – revestimento de parede com a localização da fissura; 12B – ampliação da mesma imagem, com o testemunho em gesso.

Após a inspeção, a monitorização poderá ocorrer durante uma intervenção de reabilitação ou após a mesma, por forma a verificar, regularmente, a eficácia e durabilidade das reparações efetuadas. Neste contexto, é necessário definir o plano respetivo, indicando, essencialmente os parâmetros a medir, o prazo, os períodos de leitura, os equipamentos e os dispositivos de aquisição de dados a usar e o responsável pela operação.

6.7 Utilização e controlo dos equipamentos

6.7.1 Calibração e verificação

A calibração dos equipamentos a usar na medição e ensaio nas inspeções é importante, porque permite garantir a exatidão dos valores obtidos, não deixando dúvidas a quem opera os equipamentos ou a quem executa as inspeções. Reduzir a incerteza nas medições faz aumentar a confiança nos resultados obtidos. O conhecimento da calibração de um determinado equipamento permite a rastreabilidade dos valores das medições, se disso houver necessidade.

No vocabulário internacional de metrologia [27], é referido que a calibração é uma operação que estabelece a relação entre os valores da grandeza com as incertezas de medição provenientes de padrões também calibrados, o que permite estabelecer o resultado da medição efetuada. A calibração não deve ser confundida com “verificação” nem com “ajuste” de um sistema de medição. A “verificação” de um dado equipamento é a confirmação, face a um material de referência, para o valor de grandeza considerado. Como exemplo pode-se referir a verificação interna de um esclerómetro face ao valor de referência da sua bigorna de testes em aço, com massa e rigidez conhecida, que se traduz num valor conhecido de ressalto no esclerómetro (valor padrão). Dada a relativa facilidade com que um esclerómetro pode perder as suas características de calibração, pelo conjunto de molas internas que podem facilmente sofrer alterações de rigidez e alterar a sua constante, impõe-se verificações internas com a bigorna de testes, antes e logo após cada campanha de ensaios. O “ajuste” é um conjunto de operações realizadas no equipamento, e permite indicar os valores correspondentes à grandeza a medir. O ajuste precede a calibração e, por sua vez, após a operação de ajuste, o equipamento deverá ser recalibrado. Os ajustes podem ser do tipo *ajuste de zero*, que consiste no ajuste de um sistema de medição para a indicação *zero*, para um valor zero da grandeza a medir [27].

A necessidade de calibração, verificação ou ajuste varia de equipamento para equipamento, sendo que devem ser estabelecidos pelos utilizadores os procedimentos operacionais adequados e os respetivos requisitos, para garantia da validade das medições efetuadas. De acordo com o estabelecido na norma NP EN ISO 9001:2008 [28], o equipamento de medição e ensaio deve:

- a. Ser calibrado ou verificado em intervalos especificados ou antes de utilização, face a padrões de medição rastreáveis. Onde não existam tais padrões, a base utilizada para calibração ou verificação deve ser registada e mantidos os registos;
- b. Ser ajustado ou reajustado quando necessário;
- c. Ter identificação que permita determinar o estado de calibração;
- d. Ser salvaguardado de ajustes que possam invalidar o resultado da medição;
- e. Ser protegido de danos e deterioração durante o manuseamento, manutenção e armazenamento;
- f. Quando o equipamento se encontra não-conforme com os requisitos, deve-se tomar as ações corretivas adequadas.

Como exemplo da necessidade de calibração em obras de construção ou de reabilitação, pode-se citar o caso do manómetro que mede a pressão a exercer num sistema hidráulico aplicado na tração dos cabos de uma ancoragem, em que se procura aplicar uma determinada força definida em projeto. Os valores de calibração dos vários pontos efetuados, devem ser conhecidos e considerados nos cálculos em obra.

O conjunto dos equipamentos de medição e ensaio disponibilizados a uma equipa de trabalho, para a realização das inspeções, análises e ensaios, deve constar num plano de calibração, que, para além de outros elementos, identifique, claramente, cada equipamento, ou parte significativa do mesmo (referência própria e/ou número de série do fabricante), o período de calibração ou de verificação (ex. mensal, trimestral, semestral, anual ou bienal), o estado de calibração face à data definida e se existem restrições para a sua utilização. Em Portugal existem várias entidades especializadas em calibração de equipamentos. No entanto, as verificações podem ser realizadas pelos detentores dos equipamentos, desde que os padrões de comparação sejam controlados e se encontrem em pleno estado de calibração.

6.7.2 Análise e aceitação dos resultados de calibração

A calibração de um equipamento fornece os valores de comparação entre o que é lido nesse equipamento e o correspondente valor lido num padrão calibrado, ambos sujeitos a uma mesma ação. As diferenças de valores obtidos entre equipamento e padrão, terão de ser analisadas, para cada ensaio, pelo que se estabelece um EMA (erro máximo admissível) para

cada equipamento ou para cada gama de medições, do mesmo equipamento. Essas diferenças poderão ou não ser significativas, o que poderá, gerar restrições na utilização, caso o EMA seja excedido. Esta análise é efetuada com base nos valores registados no certificado de calibração, válido pelo período de calibração considerado para esse equipamento.

Recorrendo ao exemplo de um certificado de calibração emitido pelo *Laboratório de Metrologia do ISQ*, número *CELE3280/09 Rev.02* de 28.10.2009, (ver anexo II), relativo ao voltímetro da marca *Proceq*, modelo *Canin*, com número de identificação 005PGRE e número de série 15.750, podemos analisar as informações disponíveis:

Para além das informações genéricas acima descritas, o certificado identifica o cliente, as condições higrotérmicas do ensaio, o procedimento seguido, a rastreabilidade através da indicação do padrão e a fórmula de estabelecimento da incerteza apresentada.

O certificado apresenta calibração em 5 pontos entre 10mV e 500mV, apesar da escala ser de 999mV. Como as medições espectáveis não ultrapassam os 500mV, não há necessidade de calibrar para valores superiores a este. Ao valor de leitura no padrão, equivale um valor de leitura no equipamento onde, havendo diferenças, gera um valor de erro também identificado. A incerteza é devida à calibração do padrão utilizado.

No registo de confirmação metrológica /verificação RCM/V, 005PGRE/09 do ISQ, há uma análise ao certificado de calibração referido, para saber sobre a aptidão do equipamento ao uso, conhecendo o EMA estabelecido e o critério de aceitação que é:

$$|\text{erro}| + |\text{incerteza}| \leq \text{EMA} \quad (4)$$

Como os cinco pontos de calibração verificam a relação de aceitação estabelecida, o equipamento encontra-se apto para utilização, sem quaisquer restrições de medição. Contudo, deve-se estabelecer que, a qualquer valor de leitura obtido em obra, está associado uma incerteza máxima de $\pm 5\text{mV}$. Este equipamento destina-se à medição de potenciais elétricos da armadura, através de uma sonda com eléctrodo de cobre e sulfato de cobre, o que permite determinar a possibilidade de ocorrência de atividade de corrosão nas armaduras embebidas.

6.7.3 Gestão e manutenção dos equipamentos

O sucesso de uma campanha de ensaios e medições complementares a uma inspeção, depende também do estado de manutenção dos equipamentos, para além do seu estado de calibração, nos casos aplicáveis. Por vezes esse aspeto é descurado e torna-se tanto mais relevante quanto a falta que faz o equipamento nas ocasiões de falha. Por isso, a manutenção dos equipamentos requer uma atitude preventiva por quem os utilize e por eles seja responsável. Nem todos os equipamentos são iguais, havendo alguns de maior exigência que outros, pelo que a forma como são geridos e mantidos depende do grau de necessidade e de exigência de cada um deles. Acresce a este aspeto, o facto de alguns dos equipamentos corresponderem a investimentos elevados, pelo que a sua rentabilização na utilização e nas despesas de manutenção terá de ser assegurada.

A gestão de equipamentos requer a existência de um cadastro, por equipamento e respetivos acessórios, onde se regista, de entre outros detalhes, a sua identificação, o fornecedor e fabricante, o tipo de utilização previsto, os ensaios e medições a que se destina, as capacidades e restrições. Anexo a esse cadastro encontra-se o manual de utilização do equipamento e o manual de segurança.

Para a gestão plena e contínua dos equipamentos é necessário prever as ações de manutenção de acordo com as indicações do fabricante, gerando-se um sistema próprio para registar essas ações e também para as reparações a que foi submetido. Contudo, os equipamentos devem sempre que possível, ser submetidos às operações de manutenção e de limpeza, sobretudo após a conclusão de uma campanha de ensaios. Caso haja uma ocorrência, um dano, ou queda de um equipamento que conste num plano de calibração, então deverá ser novamente submetido a esta operação, para confirmar os seus valores de leitura.

6.8 Meios logísticos auxiliares nas inspeções

O sucesso de uma inspeção depende, também, dos recursos auxiliares, sem os quais pode-se dificultar ou até mesmo inviabilizar uma campanha de investigação em obra. De uma forma geral, esses meios podem ser para iluminação, acesso em altura, acesso a espaços reduzidos, alimentação de energia elétrica, material de corte e amostragem e recetáculos de

acondicionamento e transporte. Para além deste conjunto é fundamental ter em consideração as boas práticas no uso dos equipamentos de proteção individual e também coletiva, em observância da legislação em vigor em matéria de segurança, sendo recomendável a elaboração de uma matriz de risco para cada campanha de ensaios, a realizar.

Os meios de iluminação destinam-se a ser usados em espaços com deficiência ou inexistência de luminosidade, recorrendo-se a projetores de luz elétrica, lanternas de mão com bateria, ou a focos de luz, que se pode acoplar ao capacete, favorecendo a libertação das mãos para outras operações.

Os meios de acesso em altura, são fundamentais, para os necessários acessos dos inspetores a zonas normalmente inacessíveis, através de meios ou técnicas existentes no mercado como as plataformas de andaime, as plataformas elevatórias articuladas ou de tesoura, bailéus de suspensão, recurso a descidas por cordas, tipo alpinismo. No caso particular das pontes e viadutos, recorre-se frequentemente às plataformas articuladas, de lançamento inferior, sobre chassis de um camião que é estacionado no tabuleiro da ponte.

Para o acesso visual, em espaços reduzidos, recorre-se ao endoscópio, com pequena câmara e foco de iluminação, podendo ser gravadas as imagens visualizadas à distância. Também se recorre aos métodos tradicionais de abertura manual de janelas de inspeção em várias estruturas, de poços de inspeção em pavimentos térreos para acesso a fundações.

A alimentação elétrica é muitas vezes necessária para certos equipamentos, projetores de luz ou meios de elevação, pelo que não havendo tomadas de corrente elétrica nas imediações, ter-se-á de recorrer a um gerador transportável, de alimentação *diesel* ou gasolina.

6.9 Requisitos dos inspetores

Uma inspeção realizada por um inspetor qualificado, permite produzir uma riqueza de informações que normalmente leva à identificação clara das causas dos danos observados, tendo por base amplos conhecimentos em segurança estrutural, materiais de construção e métodos construtivos [23]. Antes de proceder a uma inspeção detalhada, o inspetor deve desenvolver e seguir um plano definido para assim maximizar a qualidade dos dados a obter.

O inspetor utiliza os seus próprios sentidos, nas suas atividades, de forma direta, normalmente através da visão, da auscultação, do tato e do olfato. A visão é o sentido mais poderoso e mais usado numa inspeção, reforçado pelos restantes. A auscultação permite, por exemplo, detetar anomalias em superfícies (vazios, podridões). O olfato identifica rapidamente locais sujeitos a constante humidade [4].

A utilização das tecnologias para complementar as inspeções para os diagnósticos é uma ferramenta fundamental para os objetivos de reabilitação do edificado, pelo que o domínio sobre essas técnicas é fundamental para um técnico de inspeção, sobretudo no tipo de resultados que se podem obter e na forma como os interpretar e utilizar no trabalho subsequente.

Acima de tudo, o inspetor deve ter conhecimentos técnicos suficientes sobre edificações, seus projetos e construções, de modo a poder responder de forma abrangente, a todas as questões que se deparam durante a sua atividade. Grande parte da sua experiência advém dos inúmeros casos que vão surgindo e da investigação realizada, que contribuem para cimentar as técnicas, no entanto deverá ter uma bagagem de conhecimentos técnicos, adquiridos em formação académica ou profissional. Em todo o caso, contrariamente ao que já existe noutros países europeus, não se conhece em Portugal a existência de legislação que regule a atividade, excetuando casos pontuais como se indica a seguir:

No que se refere às vistorias, no âmbito da determinação do nível de conservação dos edifícios ou frações locados, a Portaria nº 1192-B/2006, prevê que as qualificações dos técnicos habilitados sejam as que permitem a inscrição de Engenheiros, Arquitetos e Engenheiros Técnicos, nas respetivas ordens profissionais.

As câmaras municipais, quando ordenam uma vistoria no âmbito do RJUE, nomeiam uma comissão composta por três técnicos, dos quais pelo menos dois, devem ter habilitação legal para ser autor de projeto, correspondente à obra objeto da vistoria, segundo o regime da qualificação profissional.

Vitor Cóias, sugere a criação do especialista em conservação do património arquitetónico, com aptidão adquirida pela formação académica, experiência adquirida, em trabalhos de investigação e qualificação, que deverá obedecer aos seguintes princípios [12]:

- Avaliação objetiva da experiência profissional individual;
- Sistema de equivalência entre qualificação académica e experiência profissional;
- Acessibilidade por currículo e também por exame;
- Renovação periódica.

Em Espanha, no âmbito das inspeções técnicas a edifícios, a atividade dos inspetores está regulamentada por legislação própria. Resumidamente refere que os inspetores são profissionais, qualificados e independentes, arquitetos e arquitetos técnicos inscritos nas ordens, com experiência profissional mínima de cinco anos consecutivos, em projetos, direção de obras ou elaboração de relatórios técnicos sobre edificações ou instalações. Terá de possuir uma apólice de seguro que cubra os riscos inerentes à atividade profissional [29].

7 Caso de obra

7.1 Apresentação do estudo

O caso de estudo aqui apresentado refere-se ao trabalho recentemente desenvolvido por uma equipa de técnicos de controlo da qualidade do ISQ (Instituto de Soldadura e Qualidade), através do seu Serviço de Inspeção para a Reabilitação de Estruturas, no qual me encontro integrado, sendo o alvo do estudo uma instalação industrial. Os responsáveis pela instalação industrial solicitaram ao ISQ uma inspeção com vista à avaliação do estado de degradação de elementos estruturais, incluindo as recomendações técnicas necessárias para repor as condições normais de utilização. Como elemento deste grupo técnico do ISQ, houve a oportunidade de estar presente em todas as fases do processo aqui apresentado, desde as primeiras reuniões até à elaboração do relatório e das especificações para reparação.

Considera-se este caso de estudo, um exemplo prático do que anteriormente foi referido, nomeadamente, na vertente da inspeção para a reabilitação de estruturas em serviço, tendo como base a especificidade inerente a uma instalação industrial, aliada à metodologia do

trabalho proposto. Considera-se como relevante na exemplificação prática do trabalho, outros aspetos, como algumas restrições existentes localmente, a informação documental disponível, as obrigações legais, que induzem à realização de tarefas adicionais, o que exemplifica a dinâmica desta atividade e, sobretudo, a sua importância.

Neste tipo de casos, através da interação dos vários procedimentos técnicos, nomeadamente processos de observação, de diagnóstico e de investigação, é possível obter-se dados relevantes, que levam a concluir sobre os problemas estruturais e construtivos de uma edificação. Permite o melhor aconselhamento técnico, aos responsáveis pela instalação, sobre as ações a tomar para a resolução dos problemas, podendo associar-se os respetivos orçamentos.

7.2 Apresentação do edifício em estudo

7.2.1 Caracterização funcional

O edifício que serviu de base para uma ação de inspeção técnica situa-se junto ao estuário do rio Tejo, inserido numa zona industrial, no concelho do Seixal, distrito de Setúbal. Trata-se de uma nave industrial de um conjunto de seis naves paralelas e adjacentes, edificadas no final da década de 1960 (os desenhos de projeto consultados, datam de 1967 e 1968). A construção e a atual utilização, destina-se ao processamento de chapas metálicas, por laminação a frio.

Do ponto de vista processual, esta nave possui dois equipamentos autónomos, de posição fixa e de grande extensão, que permite o desenrolamento das chapas e o seu tratamento anticorrosivo, através da remoção da oxidação, usando uma solução ácida, que promove a decapagem química do metal, durante o desenrolamento automático. Devido a este processo, ocorre uma permanente libertação de vapores da solução, para o meio envolvente no sector da nave abrangido pelos dois equipamentos. No interior desse espaço, circulam máquinas pesadas do tipo empilhadores e pontes rolantes de grande capacidade de carga (25ton), assentes na estrutura principal do edifício, em betão-armado.

Na figura 13 pode-se observar o aspeto geral da nave industrial em estudo, destacando-se um dos equipamentos do processo de tratamento anticorrosivo da chapa ao lado direito. Observa-

se também a estrutura em betão-armado do edifício, vigas de deslizamento das pontes-rolantes e os painéis de alvenaria em bloco de betão, intercalado com persianas de ventilação. Em cima observa-se a estrutura metálica da cobertura.



Figura 13 - Vista geral da nave industrial, que foi alvo de inspeção

7.2.2 Caracterização construtiva

O edifício apresenta uma geometria retangular em planta, com uma área de $(460 \times 25) \text{m}^2$, num total de 47 pórticos paralelos, afastados 10m entre si. O maior desenvolvimento da nave tem uma orientação espacial na direção nordeste-sudoeste, construída sobre uma vasta zona plana. A nave não possui divisórias ao longo do seu desenvolvimento, apresentando paredes exteriores em panos de alvenaria de blocos de betão argamassados nas juntas, entre os pilares da estrutura, sendo intercalados com vigas e pilares de secção reduzida, para travamento das alvenarias. Estas possuem um sistema de persianas permanentes em lâminas de betão pré-fabricado, ao longo de todo o perímetro exterior, a meia altura, para permitir uma ventilação constante do espaço.

Estruturalmente a nave é constituída por pilares de betão-armado de secção transversal $(1,50 \times 0,80) \text{m}^2$, encimados por dentes para apoio das vigas de topo, de onde nasce o sistema duplo de abas, de 2m de largura para cada lado e 12 graus de inclinação ascendente, em betão-armado, que servem de apoio da estrutura de cobertura e dos respetivos beirados. Nesta nave, as abas são desencontradas em altura com uma diferença de cotas de 2m. Os pilares

incorporam os cachorros de betão de geometria variável, onde assentam as vigas de deslizamento das pontes rolantes. Não há conhecimento de haver estacas nas fundações do edifício. Nos elementos gráficos disponibilizados, são evidenciados os apoios dos pilares por fundação direta, por intermédio de sapatas.

A cobertura é formada por duas vertentes, com uma cumeeira ao longo da maior dimensão da nave, à cota aproximada de 18,7m e beirados à cota 15,5m. O revestimento é em chapas opacas e onduladas (forma em “W”) em fibrocimento, sobreposta e intercaladas com chapas translúcidas em PVC (policloreto de vinil), permitindo a entrada de luz natural. A cumeeira é sobrelevada, formando um lanternim com persianas para arejamento. A estrutura da cobertura é formada por asnas metálicas, com as pernas em perfil composto, por conjunto de cantoneiras e varão maciço com desenvolvimento ondulado, unidos por soldadura. A linha (designada localmente por esticador) é constituída apenas por varão de secção circular. As asnas assentam sobre cachorros de betão, com 2 alinhamentos entre pórticos consecutivos. O pavimento no interior é uma laje de betão-armado assente, diretamente, no terreno, com juntas de esquartelamento e intercetada por carris de equipamentos de transporte e outros equipamentos fabris como bacias de retenção e plintos de apoio de maquinaria.

Sobre cachorros dos pilares, assenta uma viga de betão-armado de cada lado dos pórticos, para apoio dos carris de deslizamento das pontes rolantes. Essas vigas têm as seguintes dimensões:

- Vigas interiores à nave – viga tipo V1, de secção $(0,80 \times 1,50) \text{m}^2$ (apoio de ponte-rolante de 25ton)
- Viga exterior à nave (lado Sul) – viga tipo V1, de secção $(0,80 \times 1,50) \text{m}^2$ (apoio de ponte-rolante de 25ton). Viga que nunca foi utilizada como apoio da estrutura móvel.
- Viga exterior à nave (lado Norte) – viga tipo V2, de secção $(0,80 \times 1,80) \text{m}^2$ (apoio de ponte-rolante de 95ton). Viga que nunca foi utilizada como apoio da estrutura móvel.

Na fissura 14, apresenta-se cópia do desenho de corte vertical da nave, com as disposições dos elementos estruturais principais e nomenclatura adotada. O desenho foi obtido dos elementos de projeto facultados no âmbito da inspeção. Desenho *Lusotecna* 97.30.65-A de 17.05.1967, ref^a SN-201.541

Neste contexto e em complemento a essas observações, foi necessário obter informação geral, também relevante, para se definir uma metodologia:

- a. Recolha de dados relativos ao edifício, como o conhecimento das atividades no local, os materiais manuseados, a característica ambiental, a existência de documentação (elementos do projeto, relatórios de intervenções) e eventuais registos de trabalhos de ampliação /reparação, entretanto ocorridos.
- b. Realização de reunião com os responsáveis da instalação fabril para melhor entendimento do enquadramento do problema, as suas intenções relativamente às medidas a tomar e possíveis restrições a considerar e obtenção de informação relativa aos requisitos de segurança e requisitos ambientais nas próprias instalações.
- c. Conhecimento dos impedimentos inerentes à atividade no local, horários dos turnos da fábrica e eventuais pontos de interferência com o normal funcionamento, verificação dos meios de acesso disponíveis e também a localização e tipologia dos pontos de energia elétrica disponíveis no local.

Desta visita preliminar, tendo em conta as necessidades dos responsáveis pela instalação, foi decidido a realização de uma inspeção técnica para a identificação das anomalias e extensão dos danos nos elementos estruturais (elementos de betão-armado e asnas da cobertura), com a possível realização de ensaios de diagnóstico complementares às observações, emissão de relatório com reportagem fotográfica, conclusões do estudo e recomendações de intervenção. O resultado da inspeção deveria, ainda fornecer informação relevante e de apoio à elaboração de especificações técnicas de reparação, incluindo as medições da quantidade de trabalho necessário.

7.3 Definição da intervenção a efetuar

De acordo com as necessidades foi proposto aos responsáveis pelas instalações, uma inspeção com a seguinte metodologia:

- a. Definição da zona de inspeção da estrutura da cobertura, principalmente as asnas metálicas e seus elementos de contraventamento, entre os alinhamentos dos pórticos 1 e 24. Para esta atividade foi necessário a utilização de plataforma elevatória articulada para acesso à estrutura da cobertura.
- b. Recolha de amostras de elementos metálicos para ensaio laboratorial, para a determinação do tipo de aço, das características de resistência à tração, nomeadamente tensão de cedência, tensão de rotura e módulo de *Young*. Esta ação implicaria a reposição das secções, com sobreposição por pernos roscados e protegidos com pintura anticorrosiva.
- c. Definição da zona de inspeção no alinhamento A da estrutura de betão, entre os alinhamentos dos pórticos 17 e 21 e da zona de inspeção no alinhamento B, entre os alinhamentos dos pórticos 1 a 13. Esta inspeção foi efetuada, em toda a altura da estrutura, pelo que foi necessária a utilização da plataforma articulada. A opção pelos espaços definidos pelos alinhamentos dos pórticos, deve-se ao facto de serem aqueles que apresentam uma degradação elevada, coincidindo com a localização dos reservatórios de ácido clorídrico utilizado no processo fabril.
- d. Realização de ensaios de diagnóstico, complementares à inspeção visual, para caracterização de materiais, medição dos níveis de proteção e da profundidade de contaminação nos betões.
- e. Verificação dimensional dos vários elementos estruturais-tipo e confirmação com as dimensões expressas nos desenhos de projeto disponibilizados. Análise da informação contida nos desenhos de projeto.
- f. Análise de todos os dados recolhidos e elaboração do relatório técnico incluindo imagens fotográficas dos aspetos considerados de maior relevância, com o registo dos dados obtidos, dos resultados dos ensaios e sua interpretação, conclusões e avaliação da necessidade de reforço, finalizando o documento com as recomendações.

Foi elaborado um PIE de apoio às atividades de inspeção, amostragem e ensaio, que sintetiza a metodologia apresentada (ver anexo III). A proposta de trabalho apresentada foi aceite, tendo sido formalizada a aceitação por intermédio de uma adjudicação.

7.4 Desenvolvimento dos trabalhos e dados obtidos nas observações

7.4.1 Equipa de inspeção e logística

A equipa de inspeção do ISQ foi constituída por Técnicos de Controlo da Qualidade, com as valências adequadas ao estudo, tendo-lhes sido atribuídas tarefas específicas.

Tabela 15 - Equipa de inspeção do ISQ

Técnicos	Atribuições de tarefas
Técnicos de Controlo da Qualidade (Equipa de 4 Técnicos)	Coordenação geral do trabalho, inspeção, pesquisa documental, elaboração de relatório
	Inspeção às estruturas de betão, pesquisa documental, elaboração de relatório e elaboração das especificações técnicas de reabilitação
	Especialista em proteção anticorrosiva. Inspeção das estruturas metálicas e elaboração de relatório
	Operação dos equipamentos para diagnóstico. Realização de amostragens e ensaios

Dado que a maior parte do trabalho de observação e ensaios se realiza em altura, foi necessário recorrer ao aluguer de uma plataforma móvel articulada, contando ainda com a aptidão oficialmente reconhecida a dois dos técnicos da equipa, que estão habilitados para a condução e manobra da plataforma elevatória, dando assim cumprimento ao Decreto-Lei nº50/2005, relativo às prescrições mínimas de segurança e de saúde para a utilização, pelos trabalhadores, de equipamentos de trabalho.

Inicialmente, dando cumprimento às regras estabelecidas nas instalações, os técnicos envolvidos neste trabalho, frequentaram uma ação de sensibilização para a segurança, destinada a quem trabalha no interior dos espaços fabris, denominada “indução em segurança”, onde são transmitidas as regras essenciais a cumprir.

Os trabalhos de inspeção decorreram em simultâneo com o normal funcionamento dos espaços fabris, sem qualquer restrição, com exceção do posicionamento da maquinaria fixa, que impede o acesso em altura a todos as asnas contempladas, os períodos de abastecimento dos reservatórios de ácido clorídrico e também o barramento elétrico ao longo da viga de deslizamento da ponte-rolante sobre alinhamento A.

Combinadas as datas para a realização do trabalho, optou-se por iniciar com a inspeção às estruturas metálicas da cobertura, seguindo-se a inspeção à estrutura de betão do alinhamento A e depois a inspeção à estrutura de betão do alinhamento B. No terreno, a equipa de trabalho era constituída por dois técnicos, que intervêm de forma alternada, dependendo das atividades programadas.

Do ponto de vista da segurança na zona de trabalho, o espaço fabril abrangido, não está classificado como zona ATEX (zona de atmosferas explosivas), segundo o Decreto-Lei nº236/2003, que estabelece as regras de proteção dos trabalhadores contra riscos de exposição a atmosferas explosivas, não havendo restrições deste ponto de vista.

O funcionamento das duas linhas de decapagem, produz um forte e constante ruído, pelo que, apesar de não terem sido monitorizados os níveis sonoros, a equipa teve de utilizar protetores auriculares, dentro da nave industrial. Para além desta proteção, os elementos da equipa utilizaram fato de trabalho, colete de visibilidade /refletor, capacete, óculos de proteção, luvas e botas de proteção mecânica, como EPI (Equipamento de Proteção Individual).

7.4.2 Elementos de apoio

Foram disponibilizados, pelo Dono de Obra, um conjunto de oitenta e seis desenhos de projeto da totalidade da instalação entre desenhos de arquitetura, desenhos de estrutura de betão, estrutura metálica de pormenores construtivos e de pormenorização de armaduras, sob a forma de documentos digitalizados. Estes desenhos permitiram obter uma leitura das soluções estruturais existentes no local e planear as ações de observação das estruturas. Do conjunto, houve a necessidade de identificar e analisar apenas os desenhos respeitantes ao local de inspeção.

Foram também disponibilizadas cópias de duas fichas de segurança do produto, utilizado para a decapagem química, ácido clorídrico, oriundas de dois fornecedores, tendo por expressão *HCl* (solução aquosa de cloreto de hidrogénio, com concentração > 25%). Essa informação serviu para a compreensão dos efeitos nocivos do produto sobre os elementos estruturais em estudo.

Foi efetuado um desenho esquemático representativo do local de inspeção para a identificação eficaz dos elementos observados.

7.4.3 Estruturas metálicas da cobertura

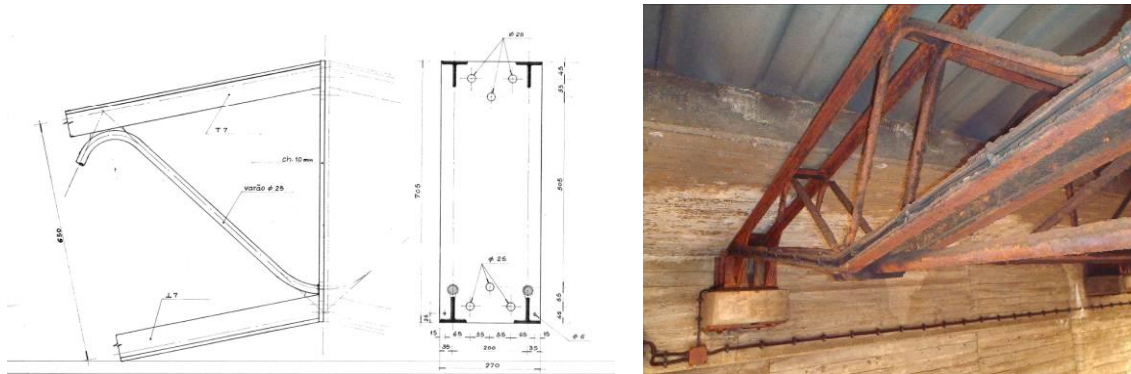
Dado que todo o trabalho de observação e ensaios se realiza em altura, foi necessário recorrer a uma plataforma móvel articulada. Nem todos os espaços a inspecionar são acessíveis, pela existência de obstáculos no solo que impedem a circulação ou posicionamento do equipamento de elevação.

A observação foi efetuada por amostragem, tendo sido abrangidas as asnas número 1, 2, 7, 8, 10, 11, 13, 28, 30, 38, 41, 42, 45, apenas da prumada sob a cumeeira até aos apoios no alinhamento B. Junto do alinhamento A, a viga de betão de deslizamento da ponte rolante possui o seu barramento elétrico ativado, que não podia ser interrompido, impedindo a aproximação da plataforma elevatória.

Previamente à descrição das observações, é descrita a solução construtiva adotada e os materiais constituintes da estrutura da cobertura. São indicadas as componentes inspecionadas, baseadas numa amostragem, admitindo-se que os resultados são extensivos à restante estrutura não observada. No relatório de inspeção [30] constam excertos dos desenhos de pormenorização, acompanhados das fotografias respetivas, para melhor referência na descrição dos elementos em análise. Todos os elementos de um mesmo módulo da estrutura de cobertura foram medidos para confirmação dimensional com os elementos de projeto.

O texto, descritivo sobre os aspetos revelantes observados, é complementado com imagens fotográficas e excertos de desenhos de pormenor, obtidos a partir dos desenhos disponibilizados, para melhor completar a informação obtida.

Na figura 15 é possível ver-se o desenho da fase de projeto, de pormenor da perna-tipo da asna metálica, extraído do desenho *Lusotecna* 97.30.4 de 04.10.1967, com a correspondente imagem fotográfica, obtida durante a inspeção.

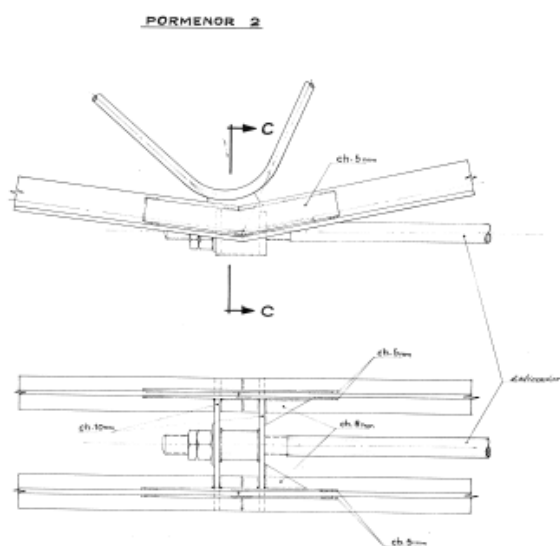


15A

15B

Figura 15 – Pormenor da perna-tipo da asna metálica. 15A – excerto do desenho de pormenor da secção e alçado tipo; 15B – imagem fotográfica.

Na figura 16 é possível ver-se o desenho de pormenor da fixação da linha na estrutura da perna da asna, extraído do desenho *Lusotecna* 97.31.5A de 04.10.1967, com a correspondente imagem fotográfica, obtida durante a inspeção.



16A

16B

Figura 16 – Pormenor da fixação-tipo do esticador da asna. 16A - excerto do desenho de pormenor da secção e alçado; 16B – imagem fotográfica.

Dos dados observados na inspeção visual, minuciosamente descritos no relatório, relativos a cada uma das asnas e contraventamentos considerados, pode-se resumir da forma que a seguir se indica:

A estrutura metálica constituinte da cobertura da nave das linhas de decapagem, entre os alinhamentos 1 e 24, está sujeita ao ambiente gerado pelas evaporações e condensações das substâncias químicas usadas na decapagem nessas linhas do processo fabril. Verifica-se o ataque agressivo aos elementos metálicos. Por outro lado, nas superfícies que possuem uma camada de fuligem e de substâncias gordurosas, que se depositam e geram como que uma camada protetora, os elementos metálicos não apresentam corrosão severa. Apesar das esfoliações das camadas de pintura de acabamento, são observadas as tintas de primário, com boa aderência aos respetivos suportes. Na figura 17, relativa ao aperto central da linha de asna, é notório o estado de conservação da proteção anticorrosiva, após remoção da camada de fuligem e de gorduras. Verifica-se apenas algum desgaste na camada de acabamento, o que confirma a ideia da proteção gerada pela fuligem e gorduras depositadas.



17A



17B

Figura 17 - Duas fotografias do mesmo elemento: 17A – antes da remoção da fuligem; 17B - após remoção de fuligem e de gorduras

A mesma situação pode-se observar através da figura 18, onde se constata a esfoliação da tinta de acabamento sob as camadas de fuligem, que conferem proteção local, mas com a camada de proteção anticorrosiva ainda aderente. Os exemplos referem-se ao apoio da asna do alinhamento 11 (figura 18A) à estrutura da madre e à estrutura superior de fixação dos painéis de revestimento (figura 18B).



18A



18B

Figura 18 - Exemplo de elementos de asna e de madre. 18A - com esfoliação da tinta de acabamento, mas com as camadas de proteção anticorrosiva ainda aderentes; 18B – deposição excessiva de sujidade.

No entanto, grande parte das superfícies, fora do alcance dos depósitos de fuligem, apresenta um estado de corrosão quase generalizado, não sendo identificados elementos onde ocorra a redução de espessura do material originado pela ação corrosiva. O material apresenta-se íntegro. A exceção verifica-se num conjunto de parafusos e pernos roscados, nomeadamente em alguns dos pernos de fixação dos apoios das asnas, parafusos de fixação de equipamento

de iluminação sob as asnas e parafusos de fixação das chapas de cobertura à estrutura. É o caso dos exemplos evidenciados na figura 19, nomeadamente no alinhamento B, da asna 1, com as chapas do apoio, parafusos, porcas e bolachas inferiores, com corrosão generalizada, mas sem perda de material.



19A

19B

Figura 19 - Exemplo de elemento de apoio e fixação de asna com corrosão generalizada: 19A – aspeto geral; 19B – pormenor.

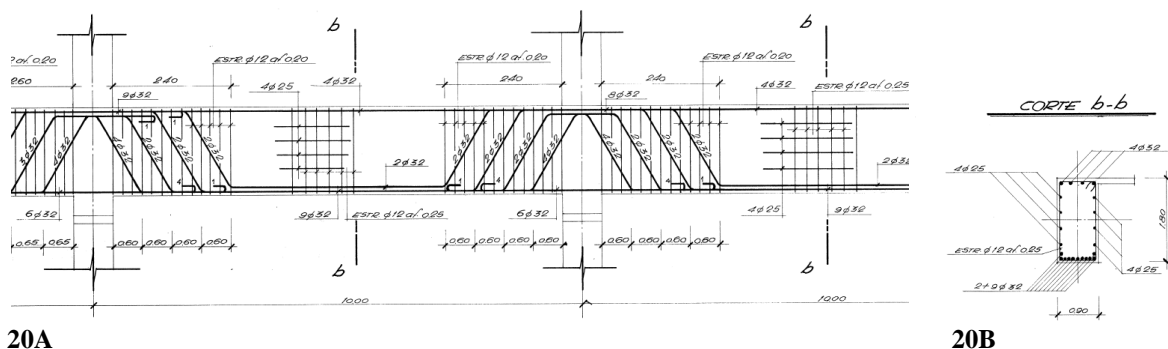
Tendo em conta o facto de esta inspeção ter sido efetuada com base numa amostra que se julga representativa da globalidade dos elementos, admite-se que as constatações aqui descritas são extensivas aos restantes elementos da estrutura da cobertura, neste sector da nave industrial. Conclui-se, que as estruturas metálicas da cobertura apresentam-se num estado razoável de conservação pelo que deverão ser mantidas na sua normal função, não sendo necessária uma intervenção de grande reparação, de substituição ou de reforço estrutural.

Com base nestes resultados, considera-se não ser necessário a realização de ensaios de caracterização dos elementos metálicos, tal como inicialmente previsto e definido no PIE para o presente trabalho, pelo que se evita efetuar amostragens e ferimentos na estrutura. Contudo, é importante que se preveja, dentro de curto prazo, medidas de manutenção, no sentido de travar o processo de degradação. Deverá promover-se uma limpeza geral, desengorduramento, remoção da corrosão já instalada, reabilitação da pintura de proteção anticorrosiva e substituição de pequenos elementos de fixação que se apresentam degradados.

7.4.4 Estruturas de betão dos alinhamentos A e B

As estruturas de betão que constituem os dois alinhamentos em análise foram observadas na íntegra, pelas superfícies, tanto no interior como pelo exterior do edifício, a partir do solo e com recurso à plataforma elevatória articulada, para acesso em altura. Refira-se que, durante a fase de inspeção às estruturas metálicas das asnas, foram realizadas em simultâneo, as observações à estrutura de betão nas zonas de apoio, de forma a evitar colocar a plataforma dentro da instalação, junto das linhas de produção.

A consulta dos desenhos disponíveis, revelou-se bastante útil, tendo sido identificados os elementos estruturais locais e caracterizadas as suas geometrias, a identificação de armaduras e a sua distribuição. Com base nesses elementos foram também efetuadas medições nas peças tipo, para confirmação dimensional. Na figura 20 apresenta-se excerto do desenho da *Lusotecna 97.30.22* de 24-08-1967, relativo à pormenorização da distribuição de armadura na viga V2, pertencente ao alinhamento B, que serve de caminho de rolamento da futura ponte-rolante de 95 toneladas, a instalar no local.



20A **20B**
Figura 20 - Excerto do desenho: 20A – pormenorização da viga V2; 20B – seção da viga V2, corte b-b

O trabalho de inspeção foi feito com base na observação das superfícies degradadas e superfícies, aparentemente sãs, identificação das anomalias com medição das suas extensões e profundidades, registando-se os valores e comparando nas várias situações.

Medição de espessuras de fissuras e verificação do seu efeito no destacamento por efeitos de delaminação, fazendo-as soltar-se. A utilização de martelo foi importante, porque nos permitiu auscultar o estado das superfícies de betão e sua integridade, através do som

produzido durante as percussões (som cavo significa betão solto, outro som indica-nos a integridade superficial do betão).

Foram medidas as espessuras de recobrimento de várias faces e os diâmetros dos varões das armaduras expostas, tanto os corroídos, como os não corroídos.

Para além dos pilares, cachorros de apoio e vigas principais, todos os outros elementos constituintes dos alinhamentos foram observados, como, os montantes secundários, os lintéis, as juntas e o seu material de preenchimento, as palas de cobertura e as suas impermeabilizações, persianas de betão, alvenarias em bloco de betão, atravessamentos de tubagens e chapas de capeamento.

Pelo interior, as degradações do betão localizam-se, sobretudo, ao longo das juntas denteadas, denotando alguns fenómenos de quebra de betão das bordas por ação de fricção e zonas pontuais de varões expostos com corrosão, sobretudo onde são insuficientes as espessuras de recobrimento.

No entanto, pelo exterior, as estruturas de betão inspeccionadas nos alinhamentos A e B desta nave industrial, apresentam-se em avançado estado de deterioração, especialmente nas duas zonas localizadas junto dos reservatórios de ácido clorídrico. Esta degradação caracteriza-se pelo desgaste acentuado da pasta de cimento, delaminações do betão e corrosão dos varões de armadura, sobretudo dos que tinham menor espessura de recobrimento, apresentando-se, atualmente, expostos, corroídos incluindo em alguns casos, uma perda de secção significativa.

Estas situações encontram-se com maior incidência pelo exterior da nave, nos pilares principais dos alinhamentos, nas vigas do caminho de rolamento para as pontes rolantes e nos seus cachorros de apoio. No alinhamento A, o sector mais afetado encontra-se definido entre o Pilar P19 e P20, sendo que no alinhamento B, o sector mais afetado encontra-se entre o Pilar P4 e P8.

Na figura 21 observa-se a existência de três reservatórios de ácido clorídrico, desativados, dispostos de forma intercalada no alinhamento A. No período que decorreu entre as primeiras

reuniões com o Dono da Obra e a realização da inspeção, os reservatórios foram removidos e a fachada foi tamponada localmente, com painéis acrílicos sobre estrutura metálica



21A



21B

Figura 21 - Observação do alinhamento A: 21A - pelo interior da nave, antes da remoção dos reservatórios desativados; 21B - pelo exterior, após remoção dos mesmos reservatórios.

Na figura 22 apresenta-se a imagem do alinhamento B, vista pelo exterior, entre os pórticos P1 e P7, onde se encontram os 4 atuais reservatórios de ácido clorídrico de abastecimento às linhas de decapagem. As superfícies dos elementos estruturais apresentam-se com maior degradação junto desses reservatórios, com a erosão da paste de cimento.



Figura 22 - Vista exterior do alinhamento B, onde se localizam os quatro reservatórios de ácido clorídrico

A ocorrência destas manifestações anómalas associadas à erosão da pasta de cimento, desintegração da mistura de betão e da corrosão das secções de aço, devem-se a um acumular de vários efeitos. O tipo de ambiente quimicamente agressivo localizado, com provável

libertação de vapor das substâncias dos reservatórios, especificamente do ácido clorídrico (solução de HCl) e seus produtos de decomposição, como o cloreto de hidrogénio ou o cloro, a inserção das instalações num ambiente marinho pela sua proximidade ao estuário do Tejo e por defeitos de construção ou conceção, são fatores que podem justificar as anomalias registadas.

Constata-se a erosão da pasta de cimento ao longo das superfícies verticais das vigas nas zonas de maior agressividade química, deixando expostos os agregados de calcários. Nas faces inferiores das vigas observa-se maior profundidade de deterioração, ultrapassando largamente as espessuras de recobrimento, deixando expostos e “limpos” os agregados e os varões de armadura, que no ambiente marítimo envolvente ficam sujeitos à corrosão.

As zonas de maior degradação atingem profundidades na ordem dos 10 a 15 cm, para além da primeira camada de varões de armadura, podendo atingir os 20cm em casos pontuais. Os varões da armadura principal, apresentam, em algumas situações, nas localizações extremas, a redução da secção útil, por vezes até 40%. Nos estribos e cintas, que são de diâmetros inferiores e que estão mais próximos das superfícies, existem zonas com quebra total dos varões.

Nas figuras 23 e 24 observa-se a viga V1 pelo exterior, no alinhamento B, com a zona mais afetada, como exemplo dos aspetos anteriormente referidos, relativamente à degradação do betão de recobrimento. Os varões da armadura expostos, apresentam-se fortemente corroídos com perda de secção útil. A secção de varão remanescente é medida, para a determinação da percentagem de perda (figura 23B).



23A



23B

Figura 23 - Aspeto da Viga V1, no alinhamento A – 23A; e medição do diâmetro de um varão – 23B



24A



24B

Figura 24 - Imagens pormenorizadas do estado da viga V2, no alinhamento B: 24A – observação da face inferior; 24B – observação da face lateral.

A insuficiência de recobrimento de betão sobre as armaduras é um fator determinante que induz na delaminação do betão, generalizada por toda a estrutura, pelo exterior da nave. Como exemplo relevante, pode-se referenciar as faces inferiores das palas de cobertura que se apresentam delaminadas com exposição de varões corroídos e com perdas significativas de secção útil, ao longo dos alinhamentos, para além dos sectores sujeitos à inspeção Este facto é extensivo a todo o comprimento da nave. De uma forma geral os elementos de betão armado inspecionados apresentam uma reduzida espessura de recobrimento. À época da construção destas naves industriais, não era prática corrente a garantia das espessuras de proteção ao betão. Nos desenhos disponibilizados e consultados, não há qualquer referência a valores de recobrimentos. O próprio regulamento de estruturas de betão armado - *REBA*, publicado pelo

Decreto nº 47723, em 20 de Maio de 1967, durante a fase inicial de elaboração do projeto, especifica no seu artº 44º (sobre recobrimento das armaduras) que o valor da espessura dos recobrimentos será o idêntico ao diâmetro dos varões nesse local, com um mínimo de 2cm para zonas não protegidas (exteriores). Na época não era uma preocupação assegurar a devida proteção dos varões contra a corrosão, julgando-se suficientes as espessuras definidas. Estas insuficientes espessuras de proteção às armaduras, ou mesmo ausência, facilitam o ataque dos agentes agressivos do meio ambiente, pela difusão de carbonatação e principalmente dos cloretos do ambiente salino, que alteram o PH da camada alcalina envolvente aos varões metálicos, estando criados os mecanismos para a corrosão do material metálico e consequente expulsão do betão de recobrimento por delaminação do mesmo.

Através das figuras 25A e 25B é possível identificar a escassez da camada de recobrimento e os efeitos da corrosão dos elementos metálicos embebidos, culminando com a delaminação e redução de espessura da área útil do varão, do pilar, no alinhamento A e também no cachorro de apoio, no alinhamento, sendo visível o desaparecimento da pasta de cimento, permanecendo apenas o agregado.



25A



25B

Figura 25 - Degradação da superfície do pilar – 23A; degradação da superfície do apoio em betão (cachorro) – 23B

A insuficiência de recobrimento, também é notória nos cachorros de apoio das vigas principais de rolamento das pontes rolantes, deixando expostas as que se encontram mais perto da superfície. Dado que este tipo de elemento é densamente armado com varões entrecruzados a partir do seu pilar de suporte, não parece haver problema de estabilidade dos

mesmos, desde que sejam reparados, não necessitando de reforço. A perda de secção útil ocorre apenas nos varões expostos.

De notar que no interior da nave, sobretudo nas palas de cobertura, existem alguns focos de delaminação, com varões expostos e corroídos, sobretudo em locais com insuficiência de recobrimentos. São áreas relativamente pequenas, mas que se encontram dispersas pelas superfícies da nave.

As juntas de dilatação, denteadas das vigas de cobertura de apoio das palas, apresentam-se danificadas, com quebras do betão e deterioração dos elastómeros de preenchimento o que, para além do ponto de vista da debilidade estrutural local, também permite a passagem de água, infiltrada, resultando numa aceleração do processo degradativo. A figura 26A é elucidativa sobre este aspeto.

Outra situação que merece realce nesta avaliação estrutural, refere-se ao facto da inexistência de juntas de dilatação nos elementos estruturais secundários e seus panos de alvenaria adjacentes, no alinhamento B, sobretudo nas zonas dos alinhamentos 5 e 9, manifestando-se pela quebra do betão nas vigas intermédias e na separação entre pilares intermédios com as alvenarias. Essa quebra manifesta-se por um conjunto de duas a três fraturas paralelas entre si, nos elementos de betão, desenvolvendo-se no plano normal ao do desenvolvimento da peça. A figura 26B mostra os efeitos do problema referido.



26A



26B

Figura 26 - Degradação do dente de apoio da viga V2 – 26A; quebra na viga intermédia, por falta de junta de dilatação – 26B

Tal situação anómala não ocorre no alinhamento A, uma vez que possui um sistema vigado paralelo para compensar eventuais movimentos por dilatação /retração do material.

Foi efetuada também uma chamada de atenção, para a degradação sobre as palas de cobertura, da camada de impermeabilização, cuja emulsão betuminosa se apresenta bastante erodida de uma forma generalizada, permitindo a infiltração das águas pluviais e humidade em geral, para o interior da peça. Esta situação ocorre para além dos sectores inspecionados, ao longo dos 2 alinhamentos.

A figura 27 mostra o estado de degradação das duas faces opostas da pala de cobertura, verificando-se em ambos alinhamentos. A superfície inferior apresenta extensas áreas com delaminação, armaduras expostas e corroídas, evidenciando insuficiência de recobrimento, estendendo-se à totalidade do comprimento da nave. A superfície superior apresenta degradação da camada de impermeabilização, com fendilhação e desagregação generalizadas.



27A



27B

Figura 27 - Aspeto da degradação das duas faces das palas de cobertura, que ocorre de forma semelhante, em ambos alinhamentos: 27A – observação pela face inferior; 27B – observação pela face superior

7.4.5 Ensaios complementares de diagnóstico

Inicialmente previa-se a necessidade de realizar ensaios para complementar a informação resultante das observações, nas inspeções, tendo sido elaborado e apresentado um plano de inspeção e ensaio específico, PIE-01, Edição A, revisão 00, onde se incluía os ensaios

previstos, cujo documento se apresenta em anexo. Houve, contudo, uma alteração ao que estava estabelecido no PIE, em resultado das observações efetuadas durante a inspeção. Cumpriram-se a realização dos ensaios apresentados na tabela 16.

Tabela 16 - Ensaios realizados nas estruturas metálicas e de betão-armado [30]

Ensaios previstos no PIE	Quantidade
Medição de espessuras do revestimento aplicado nos elementos metálicos da estrutura da cobertura	15
Extração de carotes Ø70mm nas vigas e pilares de betão-armado e ensaios de compressão para determinar a resistência do betão	5
Medição da espessura da camada carbonatada do betão, de pilares e vigas	5
Determinação do teor de cloretos, com perfil até 6cm de profundidade, de pilares e vigas	5

Os elementos constituintes das estruturas metálicas da cobertura, apesar de apresentarem algumas zonas com corrosão, não resultaram numa redução de espessuras, que justificasse a obtenção de amostras para ensaios de determinação da resistência à tração, evitando-se ferir a estrutura metálica nos presumíveis locais de amostragem.

Sendo o ISQ uma entidade certificada, no âmbito do sistema português da qualidade, tendo por base nos requisitos da norma NP EN ISO 9001:2008, existe um conjunto de procedimentos estabelecidos, para a realização do serviço, das quais se salientam as IT (Instruções Técnicas) para a execução de ensaios e amostragens que, com base nas normas aplicáveis, indicam em detalhe as tarefas, equipamentos e ferramentas necessárias para a sua prossecução. Esses documentos serviram de suporte para as tarefas a realizar neste trabalho.

Os equipamentos necessários foram os que se indicam na tabela 17, não havendo neste caso limitações com o facto de nenhum dos locais abrangidos ser considerado como de atmosferas perigosas. Durante a fase de preparação do trabalho, os equipamentos foram escolhidos tendo em conta os seguintes aspetos, ordenados:

- Disponibilidade para as datas do trabalho em campo.
- Estado de aptidão funcional.
- Aplicabilidade ao tipo de informação que se pretende obter e à gama a medir.
- Estado de calibração /verificação do equipamento e dos seus padrões (onde aplicável).

As cópias dos certificados de calibração, dos registos das verificações, das fichas de segurança de produtos e das fichas de comprovação de segurança elétrica encontram-se em anexo a este trabalho.

Tabela 17 - Principais equipamentos utilizados

Ensaio previsto no PIE	Equipamento	Estado de Utilização
Medição de espessuras do revestimento aplicado nos elementos metálicos da estrutura da cobertura	Medidor de espessuras Elcometer PA034	Verificado com lamela padrão de espessura PA-224, calibrado
Extração de carotes Ø75mm nas vigas e pilares de betão-armado e ensaios de compressão para determinar a resistência do betão	Caroteadora eletromecânica Hilti DD130 065PGRE	Com inspeção anual de segurança elétrica (DL 50-2005)
	Broca de ponta diamantada, com diâmetro interno 70mm	Não requer calibração/verificação
	Bomba de água de 10 lit. Hilti 066PGRE	
	Detetor de armaduras, Profometer 5, 004PGRE	Verificação com padrão de espessuras de recobrimento 038PGRE, calibrado
Medição da espessura da camada carbonatada do betão, de pilares e vigas	Aspersor manual com solução química de fenolftaleína, em concentração 0,5%	Não requer calibração/verificação (apenas a ficha de segurança do produto)
	Berbequim elétrico Berner 069PGRE, com broca diâmetro 20mm	Com inspeção anual de segurança elétrica (DL 50-2005)
	Paquímetro digital de 150mm 071PGRE	Apresenta-se calibrado
Determinação do teor de cloretos, com perfil até 6cm de profundidade, de pilares e vigas	Sonda e leitor de concentrações iónicas e PH Orion 290A	Requer preparação de 3 soluções de calibração da reta, para leitura, a introduzir no equipamento
	Berbequim elétrico Berner 069PGRE, com broca diâmetro 20mm	Com inspeção anual de segurança elétrica (DL 50-2005)
	Paquímetro digital de 150mm 071PGRE	Apresenta-se calibrado
	Tubo PVC amostrador e saqueta para acondicionamento de amostra	Não requer calibração/verificação

O detetor de armaduras foi utilizado como meio de localização de precisão do posicionamento dos varões de armadura e estribos dos pilares, onde se pretendia obter amostras por carotagem, por forma a evitar cortar ou ferir armadura.

A medição da concentração de íões cloreto do betão, realiza-se por meio de uma sonda cujo equipamento de leitura requer uma prévia calibração, através da leitura de três soluções padrão, de valores conhecidos e introduzidos na memória do equipamento. Define-se uma reta, onde o equipamento irá ler os valores de concentração de cada amostra recolhida em obra e dissolvida numa solução de HNO₃ (ácido nítrico). Os valores padrão a introduzir no equipamento são 0,018%NaCl, 0,18%NaCl e 0,36%NaCl.

Neste trabalho, em concreto, a realização de ensaios não seria determinante para o estudo que se pretendia e que se propôs, porque as degradações por si só, revelavam o avançado estado de condição dos elementos estruturais (tanto os metálicos como os de betão-armado). Havia, contudo, a necessidade de se obterem alguns valores de referência para complementar as observações e também para suporte de futuras ações. Com base neste pressuposto foi definido um número reduzido de zonas de ensaio, diferentes para as asnas metálicas e para as estruturas de betão.

Nas estruturas metálicas das asnas, consideraram-se três zonas, tal como se identifica na tabela 18 onde estão expressos os valores, em consonância com o estado de conservação desses elementos ao longo da nave industrial, permitindo uma análise agrupada por zonas. A zona 3, foi considerada como uma área fora da influência das linhas de decapagem, que estaria em melhor estado, constituindo um valor de referência.

Tabela 18 - Resultados das medições de espessuras de tinta

Zona	Localização	Valores Medidos (média)
1	Asnas 1 a 13	120µm
2	Asnas 14 a 24	186µm
3	Asnas 25 a 37	268µm

Na figura 28 pode ver-se a fotografia da realização da medição de espessura da película de tinta, sobre o varão esticador (linha de asna), após a remoção da sujidade presente.

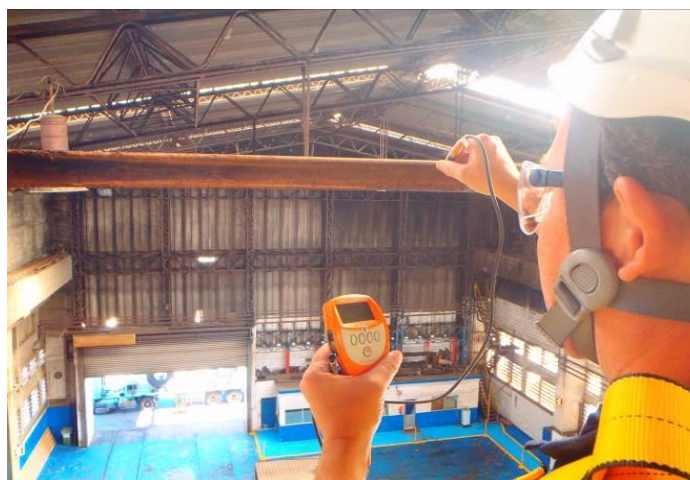


Figura 28 - Técnico a realizar a medição de espessuras da película de tinta

Nas estruturas de betão, optou-se por abranger zonas interiores e exteriores, pilares e vigas principais. Assim, consideraram-se as faces interiores dos pilares do alinhamento A, pilar P18, pilar P20 e as faces exteriores das vigas V2 do alinhamento B, viga P1-P2, viga P2-P3 e viga P11-P12. A amostragem poderia ser mais alargada, considerando mais zonas de ensaio, permitindo obter mais resultados e consecutivamente uma maior confiança nos valores.

Foi definido que, as carotes de betão seriam extraídas com o menor volume possível por cada uma, tendo-se optado pelo diâmetro 70 mm e uma relação unitária entre altura e o seu diâmetro. O comprimento de furação, não excedeu os 200 mm, assegurando-se dimensão suficiente para a recolha e preparação de provete para ensaio. No final, as aberturas foram tamponadas em toda a sua profundidade com argamassa pronta, epoxídica e própria para reparação, com retracção controlada.

Os resultados obtidos, como se pode observar na tabela 19, apontam para classe de resistência C20/25 para os pilares e classe C25/30 para as vigas, de acordo com o quadro 7 da norma NP EN 206-1:2007 [31]. No entanto será necessário ter alguma reserva na assunção desta equivalência, dado que a dispersão dos resultados unitários é grande, na ordem dos 31% a 40%, conferindo alguma incerteza à análise.

Tabela 19 - Resultados dos ensaios à compressão

Identificação da Carote	Localização da Extração	Resultados (MPa)	Média (MPa)	Desvio padrão
C1	Pilar P18	19,6	23,1	9,3
C2	Pilar P20	32,7		
C3	Viga V2 – entre P1 e P2	39,7	32,6	10,3
C4	Viga V2 – entre P1 e P2	37,4		
C5	Viga V2 – entre P1 e P2	20,8		

Foi realizada, em cada uma das amostras, uma análise macroscópica, para a determinação de agregados, sua distribuição e dimensão máxima, existência e dimensão de porosidade, existência de varão de armadura e existência de fissuras. A tabela 20, refere-se ao registo efetuado para uma das carotes observadas macroscopicamente (Carote C20), relativamente aos parâmetros definidos. Ver o exemplo de um boletim de registo no anexo IV.

Tabela 20 - Observação macroscópica da carote C2

Ítems	Dados Observados
Designação	Carote C2
Localização	Pilar P20 (alinhamento A)
Dimensões da amostra	Comprimento = 195mm Diâmetro = 70mm
Agregados	Agregado grosso constituído por calcário britado, sobretudo de média e grande dimensão. Homogeneidade na distribuição dos agregados. D _{máx} = 38mm
Poros	Apresenta fraca porosidade, os poros são tendencialmente esféricos, com dimensão máxima de 4mm
Armadura	Não tem
Fissuras	Não apresenta

Na figura 29 pode observar-se o processo de extração de uma carote, na face vertical da viga V2 e uma imagem da carote C2, em laboratório, durante o processo de observação macroscópica.



29A
29B
Figura 29 - Extração de carote, na viga V2 – 29A; observação da carote C2, em laboratório – 29B

As medições da camada de carbonatação do betão foram efetuadas em 4 furos por cada uma das 5 zonas de ensaio, para se obter um valor médio representativo de cada zona. Os resultados apresentam-se na tabela 21.

Tabela 21 - Ensaio para medição da espessura de carbonatação no betão

Identificação da Amostra	Localização da Medição	Resultados (mm)
Ca-1	Pilar P18	18
Ca-2	Pilar P20	15
Ca-3	Viga V2 – entre P1 e P2	33
Ca-4	Viga V2 – entre P1 e P2	27
Ca-5	Viga V2 – entre P11 e P12	26

Dos resultados obtidos, verificou-se que o efeito da carbonatação atingiu maior profundidade na Viga V2 do alinhamento B (pelo exterior) do que nos pilares do alinhamento A (pelo interior). Nos pilares não ultrapassa os 20mm, sendo que na viga oscila entre os 26mm e os 33mm. Apesar da diferença não ser significativa, é o suficiente para ultrapassar a escassa espessura de recobrimento e atingir as camadas mais exteriores das armaduras, promovendo a sua despasse e a conseqüente atividade corrosiva do material metálico. A figura 30

mostra o processo de furação e aspersão da solução de fenolftaleína, para a medição da frente de carbonatação na viga V2. Ver o exemplo de um boletim de registo no anexo IV.



30A

30B

Figura 30: Furação do betão, na viga V2 – 30A; aspersão para medição da frente de carbonatação – 30B

Para a determinação do perfil do teor em cloretos, foram efetuadas furações sucessivas ao longo de 6 cm de profundidade, recolhendo-se amostras em cada intervalo de 1cm, com o cuidado de não as contaminar entre si e de assegurar as profundidades exatas, medindo-se, constantemente com o paquímetro. As análises laboratoriais foram realizadas sobre as amostras de betão, tendo-se que converter os valores para a massa de cimento presente no betão, através de uma relação da dosagem de cimento, espectável, que se considerou de 300Kg /m³, de acordo com as indicações referenciadas nos elementos de projeto. Os valores obtidos apresentam-se na tabela 22.

Tabela 22 - Resultados dos teores de ião cloreto

Identificação da Amostra	Localização da Extração	Resultados (%)
Cl-1	Pilar P18	0,0247 – 0,4267
Cl-2	Pilar P20	0,0267 – 0,5000
Cl-3	Viga V2 – entre P1 e P2	0,1800 – 0,5667
Cl-4	Viga V2 – entre P1 e P2	0,1933 – 0,4533
Cl-5	Viga V2 – entre P11 e P12	0,2400 – 0,5267

Os valores dos teores de cloreto são elevados e são os esperados para uma zona na orla de um ambiente marinho, sujeito a nevoeiros salinos como é o caso destas instalações fabris, sendo

que tal justifica, em parte, os fenómenos de delaminação que ocorrem na estrutura. No entanto surpreendem os resultados obtidos nas amostras dos pilares. Os valores em profundidade são semelhantes aos obtidos nas vigas, acrescido do facto de o perfil ser tendencialmente crescente da face para o interior, ao inverso das tendências normais. Estes dois elementos estruturais do alinhamento A estão no interior da nave, resguardados do ambiente exterior. A figura 31 mostra-nos o desenvolvimento do perfil de cloretos ao longo da profundidade, na viga V2. O primeiro ponto é inferior ao segundo ponto, o que é normal considerar como sendo a superfície da estrutura sujeita a lavagens pelas chuvas e sujeita aos ventos. O terceiro ponto é naturalmente mais baixo, seguindo-se uma tendência para o crescimento nos pontos seguintes, contrariando as tendências espectáveis num perfil de cloretos, que é sempre tendencialmente decrescente. Ver o exemplo de um boletim de registo no anexo IV.

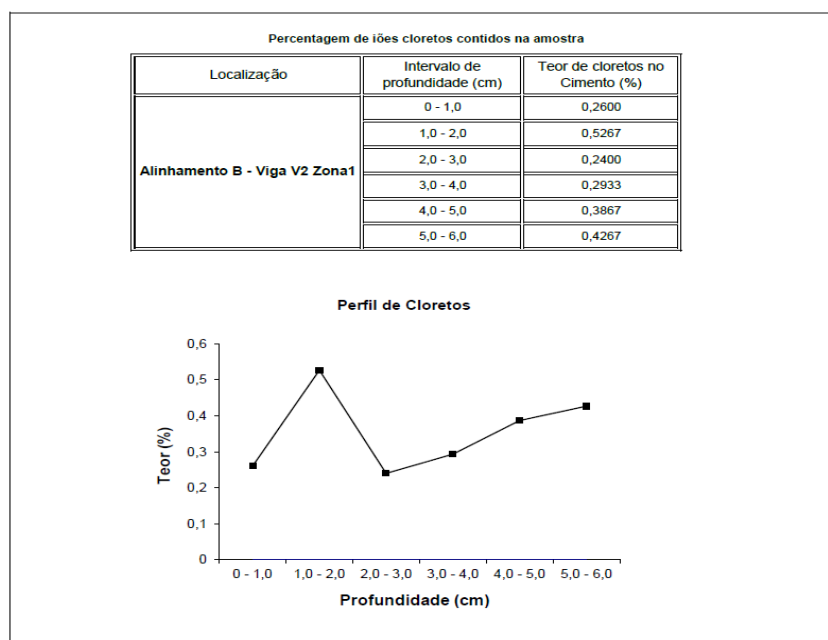


Figura 31 - Estrato do boletim de ensaio, com o quadro de valores obtidos em cada intervalo de profundidade e respetivo perfil de teor

7.4.6 Avaliação da necessidade de reforço

Dada a profundidade de degradação das vigas de circulação de futuras pontes rolantes, nomeadamente viga V1 no alinhamento A e viga V2 no alinhamento B, sobretudo com a observação de alguma perda de secção dos varões, foi necessária a determinação da capacidade resistente das mesmas nas condições atuais, para avaliar sobre a eventual necessidade de reforço. As zonas mais degradadas, são especificamente as que se observaram

entre os pilares P19 e P20, na viga V1 no alinhamento A e entre os pilares P1 e P2, P5 e P7, P9 e P10 no alinhamento B. Esta tarefa não foi solicitada pelo Dono de Obra, mas a equipa de inspeção achou pertinente proceder a essa análise a fim de informar os responsáveis pela instalações das possíveis utilizações das vigas e, especialmente, o tipo de intervenção que se poderá propor para a reparação.

Houve necessidade de se estabelecer os cenários e pressupostos baseados na informação recolhida (desenhos de projeto e ensaios realizados), considerou-se a tensão de rotura do betão de 30MPa, abaixo do valor médio de ensaio e a armadura em aço A24, informação obtida dos desenhos de pormenorização, com tensão de cedência de 204MPa. A capacidade resistente foi analisada com base no momento atuante, em função do somatório das cargas permanentes (CP = peso próprio da viga) e da sobrecarga em plena ação a $\frac{1}{2}$ vão da viga (SC = carga do apoio da ponte rolante, com carga máxima, em ação estática).

Determinam-se os esforços atuantes (Momento fletor, M_{sd}) dados pelas cargas de projeto e os esforços resistentes (Momento fletor, M_{rd}) dados pela situação atual, onde se considera uma redução de 35% da área dos varões principais, que se encontram na face inferior das vigas, valores determinados pelos dados da inspeção.

As vigas mantem as condições de segurança sempre que $M_{rd} > M_{sd}$. Outros pressupostos foram considerados para a análise requerida, tendo-se realizados os cálculos manualmente, sem recorrer a *software* específico.

Não foram verificados esforços transversos, dado que os estribos danificados serão todos substituídos, mantendo-se as características resistentes iniciais de projeto. Calcularam-se esforços resistentes, na atual configuração geométrica das vigas e os esforços atuantes no cenário sem ponte rolante (atual estado de utilização) e com ponte rolante, no seu carregamento máximo. Os resultados, apresentam-se na tabela 23, podendo-se concluir que o estado da redução de capacidade de carga das vigas, permite a continuação de utilização tal como tem sido até à data, mas que não permite a colocação e utilização de ponte rolante, sem que seja efetuado um reforço, mesmo que seja verificada a segurança em algumas situações, mas com valores muito próximos do seu limite.

Tabela 23 - Verificação da condição $Mrd > Msd$ [30]

Elemento Estrutural	Cenários possíveis	Msd (KNm)	Mrd (KNm)	Verificação ($Mrd > Msd$)
Viga V1	C/ Ponte Rolante	825,75	895,13	Verif.
	S/ Ponte Rolante	365,62		Verif.
<u>Viga V2</u>	<u>C/ Ponte Rolante</u>	<u>2506,87</u>	<u>1915,75</u>	<u>Não Verif.</u>
			2643,83	Verif.
	S/ Ponte Rolante	759,37	1915,75	Verif.
			2643,83	Verif.

A redução de secção dos varões de armadura principal, verificadas nas vigas de apoio dos caminhos das pontes rolantes, resulta na diminuição da capacidade resistente dessas vigas. No entanto, apesar das vigas terem sido dimensionadas e construídas para suportar as cargas transmitidas por essas pontes rolantes, não estão (nem nunca estiveram) sujeitas a esses esforços, pois apenas existem para a eventualidade de ampliação das naves adjacentes. Assim, para o nível de cargas atuais, essas peças encontram-se sobredimensionadas, em que a maior contribuição de carga, é o peso próprio. A armadura existente, mesmo com a parte que sofreu uma redução de secção, é suficiente para garantir a estabilidade estrutural. Para a situação de um acréscimo de carga, como seja a utilização futura de pontes rolantes, tal como definido nos desenhos de projeto, necessitará de um reforço localizado nas zonas de maior degradação, provavelmente até com um reforço mais abrangente a outros elementos estruturais, para se responder aos regulamentos atuais, no que à segurança estrutural diz respeito.

Dos ensaios efetuados verifica-se que a tensão de resistência do betão parece ser diferenciada, em função da porosidade que nas carotes. Cruzando a informação das observações macroscópicas com os resultados dos ensaios de compressão, verifica-se que o betão mais poroso apresenta valores próximos dos 20MPa e os restantes com valores compreendidos entre os 32 e 39MPa. Há um défice de capacidade resistente do betão, nas situações em que se verifica maior porosidade. De qualquer forma, ter-se-ia que obter mais amostras por forma a fazer diminuir a dispersão e obterem-se valores mais significativos.

A análise de cloretos efetuada evidencia um perfil de teor, com uma configuração atípica, ao longo da profundidade dos 6cm medidos, com uma tendência para valores menores junto da superfície e crescente no sentido da profundidade, no elemento estrutural. De qualquer forma a informação conjunta revela uma gama de valores elevados do teor até 0,5%, acima dos 0,4% considerados como máximos para este tipo de estrutura [31]. Este facto observa-se também no interior da nave, nas zonas de amostragem dos pilares, junto da linha de decapagem mais antiga, na zona de utilização do ácido clorídrico, que poderá explicar este crescente de valores para o interior da peça. De qualquer forma seria conveniente efetuar uma análise a outros elementos estruturais semelhantes, mas afastados deste local, para comparação.

Após a concretização das atividades planeadas e suportadas pelo PIE estabelecido, foram analisados todos dados obtidos e cruzada a informação e procedeu-se à elaboração do relatório técnico respetivo, que apresentou a seguinte estrutura:

- Introdução
- Objetivo
- Equipa técnica
- Ações desenvolvidas – o Plano de Inspeção e Ensaio
- Dados observados na inspeção visual
- Ensaios realizados
- Avaliação da necessidade de reforço
- Conclusões
- Recomendações

As recomendações incidiram sobre as ações de intervenção para reparação das anomalias observadas, através de especificações para cada situação, como exemplo do modo de proceder e sugestões para o tipo de materiais a aplicar.

Após a conclusão da elaboração dos documentos, foi programada e realizada uma visita às instalações, em que todo o relatório foi explicado ao Dono de Obra. Abordaram-se os vários temas relacionados com a inspeção, os aspetos técnicos importantes, os cenários possíveis, as conclusões e as recomendações. O Dono de Obra encontra-se em fase de consulta a empresas de construção, para a apresentação de propostas, com vista às ações de reparação necessárias.

8 Conclusões

As inspeções técnicas às edificações, que constituem o património construído, revestem-se de elevada importância, pelo conjunto de informação que se obtém, nomeadamente o conhecimento das características intrínsecas dos materiais e especialmente o comportamento estrutural sob a ação de estímulos diversos, possibilitando decisões quanto às necessidades de reabilitação ou reforço e, num contexto de conflito, evidenciar as provas necessárias em processos judiciais ou até para o acionamento de um seguro.

Impõe-se, nesta temática, o domínio das características das edificações, da evolução dos materiais e processos construtivos, dado que o inspetor é constantemente confrontado com edificações de naturezas diferenciadas, como os edifícios antigos e edifícios recentes, edifícios habitacionais ou instalações industriais. O conhecimento da patologia da construção, ou seja, o estudo das anomalias, é primordial na avaliação das diferentes situações, associada à anatomia diferenciadora das construções existentes.

Desta forma, torna-se um requisito determinante, a formação especializada de técnicos, para a realização de inspeções, de peritagens e também o saber transmitir, de forma clara, o resultado das suas investigações. A experiência profissional, adquirida nos vários trabalhos realizados, permite melhorar o desempenho. A qualificação de técnicos, será parte da solução, conjugando a formação com a experiência.

As técnicas de ensaios e equipamentos, hoje disponibilizadas às equipas de inspeção, possibilitam maior rigor às investigações, ajudando a dissipar dúvidas, evidenciando os factos, permitindo a quantificação de ações e a avaliação do comportamento estrutural, o que contribui para a interpretação das variáveis e, conseqüentemente, para conhecimento das características dos materiais. A implementação do PIE, vem organizar o trabalho, através do planeamento de ações e seleção de recursos.

Na prática, durante as inspeções e os ensaios de diagnóstico, são reveladas dificuldades diversas, incidindo, por vezes, na componente logística, que também é determinante no sucesso de um trabalho de investigação. Os conhecimentos técnicos e a logística, exigem ao técnico inspetor, um domínio mais abrangente e integrador das várias vertentes envolvidas.

Contudo, são frequentes as falhas, durante as ações de inspeção, resultando em avaliações incorretas ou deficientemente sustentadas, com prejuízo nas decisões consequentes. Verificam-se situações suportadas em métodos inadequados, inspeções baseadas nas aparências, em detrimento das evidências, o que revela desconhecimento e, principalmente, imprudência, por parte de quem investiga. A transposição das observações para o relatório também revela lacunas neste domínio, notando-se, frequentemente, a ausência de uma estrutura lógica e inequívoca, na descrição dos factos ao que acresce, por vezes, a deficiente qualidade de imagens fotográficas disponibilizadas. Por vezes, uma inspeção requer uma análise conclusiva, sobre determinado acontecimento, mas constata-se, que o técnico executante do trabalho, cinge-se à descrição dos factos, sem emitir qualquer análise ou opinião, revelando inexperiência ou insegurança.

Por vezes, os inspetores são confrontados com PIE desadequados, que são apresentados nos documentos de concurso, para um dado estudo, o qual se pretende implementar para o suporte a um trabalho de reabilitação ou de reforço estrutural. Frequentemente a dimensão da amostragem e o tipo de ensaios requeridos não são os mais indicados, resultando, por um lado, na sobrevalorização dos trabalhos e por outro lado, na desarticulação dos resultados obtidos, na perspetiva da sua utilidade, para quem terá de decidir. A correta utilização de equipamentos é outra lacuna, existente no âmbito da realização de ensaios. Tal deve-se, por exemplo, à diversidade das tecnologias, às dúvidas sobre a melhor forma de utilização dos equipamentos, ao desconhecimento dos procedimentos de calibração metrológica, sua finalidade em assegurar o rigor das medições e o significado das incertezas associadas.

Para ultrapassar as dificuldades, com que os técnicos de inspeção se deparam e como proposta para a melhoria da atividade, sugere-se a implementação de algumas medidas. A formação profissional e formação académica são fundamentais neste processo, aliadas a um programa de certificação de técnicos, onde a componente da experiência acumulada também seja ponderada. Essa certificação deverá prever, não só as inspeções, mas também a realização de ensaios de diagnóstico. Aqui, é importante o enfoque nas tecnologias disponíveis, incluindo os END, as técnicas de amostragem, os planos e o controlo metrológico.

Outra sugestão, para se obter vantagens, no recurso à inspeção, será o de tornar comum, ou mesmo compulsiva, a realização de inspeções e seus relatórios em situações correntes, como

o acionamento de um seguro, decorrente de danos, a finalização de um prazo de garantia de construção, a atualização de renda, ao abrigo do regime de arrendamento urbano (prática entretanto revogada) e também no ato de aquisição de habitação, para uma avaliação do estado de condição, estendendo-se essa necessidade às instalações.

Também é recomendável que, antes de qualquer obra de reabilitação ou de reforço estrutural, seja ela sujeita a uma inspeção prévia, incluindo a realização de ensaios de diagnóstico, com a finalidade de se obterem dados concretos e sua análise, para ajudar o autor de projecto nas suas decisões.

Após a apresentação do presente trabalho, e na sequência dos aspetos aqui abordados, seria interessante desenvolver uma análise sobre a possibilidade de, em Portugal, ser implementado um sistema de inspeções periódicas e obrigatórias ao património construído, sobretudo o residencial, à semelhança do existente em Espanha, onde as ações de conservação e reabilitação também são obrigatórias, garantindo-se o bom estado de conservação, segurança, salubridade e acessibilidade nos edifícios.

Contudo, ainda falta percorrer um caminho mais objetivo, no sentido de envolver e consciencializar os vários intervenientes em obra sobre os conceitos, as práticas e os benefícios que se obtém com a aplicação de uma inspeção adequada. Refere-se, concretamente, à necessidade da sistematização de procedimentos de inspeção, tendo em conta os critérios para a sua seleção, em função do tipo de ocorrência e dos objetivos específicos.

Esta necessidade é abrangente ao conjunto dos intervenientes num processo da reabilitação e de manutenção, nomeadamente donos de obra, projetistas, empreiteiros, fornecedores, entidades licenciadoras, associações profissionais e entidades de ensino, de entre outras. Esses intervenientes, mantêm-se orientados numa forma de atuar, fruto de décadas em que se dedicaram à nova construção, sustentada em estratégias de intervenção penalizadoras para o parque edificado, sobretudo o mais antigo, ignorando muitas vezes a premissa da autenticidade dessas construções.

A sociedade, em geral e as entidades detentoras do património construído, em particular, tem vindo a alterar o paradigma relativo à construção, mas as estratégias para a sua resolução são complexas na sua abordagem, o que requer um conhecimento efetivo do estado de conservação para compreender os problemas, as suas causas e potenciais consequências, ajudando na tomada de decisões. Neste contexto considera-se fundamental, a atividade das inspeções técnicas, com base numa sistematização de conceitos e procedimentos, a realizar por técnicos qualificados, como uma ferramenta útil, na avaliação do património edificado, no apoio à sua conservação e reabilitação.

Referências bibliográficas

- [1] NP ENV 13670-1:2007 – Execução de estruturas em betão: Parte 1-Regras gerais, Instituto Português da Qualidade, 2ª edição, 2007
- [2] Abrantes, Vitor e da Silva, J. Mendes, Método simplificado de diagnóstico de anomalias em edifícios, Gequaltec, U: Porto, 1ª edição, 2012
- [3] ISO 13822:2010 – Bases for design of structures – Assessment of existing structures, International Organization for Standardization, 2010
- [4] Córias, Vitor, Inspeções e ensaios na reabilitação de edifícios, IST Press, Lisboa, 2006
- [5] Mendonça, Manuela, As grandes batalhas da história de Portugal, vol. 3, O sonho da união ibérica, Paço de Arcos, 2007
- [6] Livro das Fortalezas de Duarte de Armas. Obtido do sítio da internet do Arquivo Nacional da Torre do Tombo, URL:<http://digitalrq.gov.pt/viewer?id=3909707>, consultado em abril de 2014
- [7] Coelho, António Gomes – Do “Inquérito do Marquês de Pombal” ao estudo de Pereira de Sousa sobre o terramoto de 1 de Novembro de 1755. In O grande terramoto de Lisboa vol. I, Fundação Luso-Americana, Lisboa, 2005
- [8] Ramos, Luís Oliveira, Providencias do Marquês de Pombal, vol. III, Fundação Luso-Americana, Lisboa, 2005
- [9] Custódio, Jorge, Renascença artística e práticas de conservação e restauro arquitetónico em Portugal – vol. II, Caleidoscópio, Lisboa. Novembro 2011
- [10] Appleton, João, Reabilitação de Edifícios Antigos – Patologias e Tecnologias de Intervenção, Edições Orion, Amadora, 2003

[11] Instituto Nacional de Estatística, Censos 2001: Resultados Definitivos: XIV recenseamento geral da população, IV recenseamento geral da habitação Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 2002. Obtido no sitio oficial do INE em <http://censos.ine.pt/>, consultado em fevereiro de 2014

[12] Córias, Vitor, Reabilitação estrutural de edifícios antigos, Argumentum, Lisboa, 2ª edição, Maio 2007

[13] Achell, Juan Filipe Pons, Informes periciales em edificación, Publicacions de la Universitat Jaume I, Castelló de la Plana, 2011

[14] Código dos Contratos Públicos, Decreto-Lei nº 18/2008 de 29 de Janeiro, com última alteração dada pelo Decreto-Lei nº 149/2012 de 12 de Julho

[15] Regime Jurídico da Urbanização e da Edificação, Decreto-Lei nº 555/99 de 16 de Março, com a redação dada pelo Decreto-Lei nº 26/2010 de 30 de Março

[16] Regulamento Geral das Edificações Urbanas, Decreto-Lei nº 38382 de 7 de Agosto de 1951

[17] Regulamento de Estruturas de Betão-armado e Pré-esforçado, Decreto-Lei nº 349-C/83 de 30 de Julho

[18] Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Método de Avaliação do Estado de Conservação de Imóveis – Instruções de aplicação, Lisboa, Outubro de 2007

[19] NP EN 1504-10:2007 - Produtos e sistemas para a proteção e reparação de estruturas de betão. Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade: Parte 10 - Aplicação de produtos e sistemas e controlo da qualidade da obra, Instituto Português da Qualidade, 1ª edição, 2007

[20] ASTM E2018-01 – Standard guide for property condition assessments: Condition assessment process

[21] Rincón, Oladis e outros, Manual de inspeccion, evaluacion y diagnostico de corrosion en estructuras de hormigon armado, 2ª edição, 1998 ISBN 980-296-541-3

[22] Alcudia, Francisco Serrano, Estudio integral de los edificios, Fundación Escuela de la Edificación, Madrid, 2007

[23] American Concrete Institute, ACI 228.2 R-96, Nondestructive test method for evaluation of concrete in structures, reported by ACI Committee 228, 1998

[24] Escamilla, Alfonso Cobo, Corrosión de Armaduras en Estructuras de Hormigón Armado: Causas y Procedimientos de Rehabilitación, Fundación Escuela de la Edificación, Madrid, 2001

[25] American Concrete Institute, ACI 364.1 R-94, Guide for evaluation of concrete structures prior to rehabilitation, reported by ACI Committee 364, 1994

[26] GEG, Plano de Inspeção Estruturas e Fundações, Câmara Municipal de Matosinhos, Real Vinícola, projeto de execução, Porto, 2013

[27] Instituto Português da Qualidade, Vocabulário Internacional de Metrologia, Guia ISO/IEC99 - versão portuguesa, 3ª edição, Caparica, 2008

[28] Instituto Português da Qualidade, NP EN ISO 9001:2008, Sistema de Gestão da Qualidade. Requisitos, 3ª edição, Caparica, 2008

[29] González, Isabel Castellano, Inspección técnica de edificios, Ediciones Ceac, Barcelona, 2007

[30] Instituto de Soldadura e Qualidade, Relatório de inspeção a nave industrial das linhas de decapagem, ref^a13CCIV-798, Oeiras, 2013

[31] Instituto Português da Qualidade, NP EN ISO 206-1:2007, Emenda 1:2008, Betão Parte1: Especificação, desempenho, produção e conformidade, Caparica, 2008

Anexos

Anexo I - Ficha e avaliação do nível de conservação de edifícios, de acordo com a Portaria nº 1192-B/2006 de 3 de Outubro

Anexo II – Certificado de calibração CELE3280/09Rev02 e Registo de confirmação metrológica /verificação RCM/V 005PGRE/09

Anexo III – Plano de inspeção e ensaio PIE-01, ed.A, Rev00, de 2013.07.25

Anexo IV – Boletins de resultados e Análises: Preparação de carotes – Análise macroscópica (boletim 2); Teor em cloretos na pasta de cimento (boletim 8); Profundidade de carbonatação no betão (boletim 11)

ANEXO I

Ficha de avaliação do nível de conservação de edifícios, de acordo com a
Portaria nº1192-B/2006 de 3 de Outubro



_____	_____
código do técnico	número da ficha

A. IDENTIFICAÇÃO

Rua/Av./Pc.: _____

Número: _____ Andar: _____ Localidade: _____ Código postal: _____

Distrito: _____ Concelho: _____ Freguesia: _____

Artigo matricial: _____ Fracção: _____ Código SIG (facultativo): _____

B. CARACTERIZAÇÃO

N.º de pisos do edifício |_|_|	N.º de unidades do edifício |_|_|	Época de construção _____	Tipologia estrutural _____	N.º de divisões da unidade |_|_|	Uso da unidade _____
----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------	-------------------------------	------------------------------------	-------------------------

C. ANOMALIAS DE ELEMENTOS FUNCIONAIS

	Anomalias					Não se aplica	Ponderação	Pontuação
	Muito ligeiras (5)	Ligeiras (4)	Médias (3)	Graves (2)	Muito graves (1)			
Edifício								
1. Estrutura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 6 =	_____
2. Cobertura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 5 =	_____
3. Elementos salientes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____
Outras partes comuns								
4. Paredes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____
5. Revestimentos de pavimentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____
6. Tectos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____
7. Escadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____
8. Caixilharia e portas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____
9. Dispositivos de protecção contra queda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____
10. Instalação de distribuição de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____
11. Instalação de drenagem de águas residuais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____
12. Instalação de gás	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____
13. Instalação eléctrica e de iluminação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____
14. Instalações de telecomunicações e contra a intrusão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____
15. Instalação de ascensores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____
16. Instalação de segurança contra incêndio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____
17. Instalação de evacuação de lixo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____
Unidade								
18. Paredes exteriores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 5 =	_____
19. Paredes interiores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____
20. Revestimentos de pavimentos exteriores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____
21. Revestimentos de pavimentos interiores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 4 =	_____
22. Tectos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 4 =	_____
23. Escadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 4 =	_____
24. Caixilharia e portas exteriores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 5 =	_____
25. Caixilharia e portas interiores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____
26. Dispositivos de protecção de vãos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____
27. Dispositivos de protecção contra queda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 4 =	_____
28. Equipamento sanitário	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____
29. Equipamento de cozinha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____
30. Instalação de distribuição de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____
31. Instalação de drenagem de águas residuais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____
32. Instalação de gás	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____
33. Instalação eléctrica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 3 =	_____
34. Instalações de telecomunicações e contra a intrusão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 1 =	_____
35. Instalação de ventilação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____
36. Instalação de climatização	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____
37. Instalação de segurança contra incêndio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x 2 =	_____

D. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ANOMALIAS

Total das pontuações (a)

Total das ponderações atribuídas aos elementos funcionais aplicáveis (b)

Índice de anomalias (a/b)

E. DESCRIÇÃO DE SINTOMAS QUE MOTIVAM A ATRIBUIÇÃO DE NÍVEIS DE ANOMALIAS "GRAVES" E/OU "MUITO GRAVES"

Número do elemento funcional	Relato síntese da anomalia	Identificação das fotografias ilustrativas
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

F. AVALIAÇÃO

Com base na observação das condições presentes e visíveis no momento da vistoria e nos termos do artigo 6.º da Portaria n.º 1192-B/2006, de 3 de Novembro, declaro que:

- O estado de conservação do locado é:
 Excelente Bom Médio Mau Péssimo
- O estado de conservação dos elementos funcionais 1 a 17 é _____ (a preencher apenas quando tenha sido pedida a avaliação da totalidade do prédio)
- Existem situações que constituem grave risco para a segurança e saúde públicas e/ou dos residentes: Sim Não

G. OBSERVAÇÕES

.....

H. TÉCNICO

Nome do técnico:..... Data de vistoria: ____/____/____

I. COEFICIENTE DE CONSERVAÇÃO (preenchimento pela CAM)

Nos termos do disposto na alínea c), do n.º 1, do artigo 49.º da Lei n.º 6/2006, de 27 de Fevereiro, e no artigo 15.º do Decreto-Lei n.º 161/2006, de 8 de Agosto, declara-se que o locado acima identificado possui o seguinte Coeficiente de Conservação:

Data de emissão: ____/____/____ (Validade: 3 anos)

(O preenchimento da ficha deve ser realizado de acordo as instruções de aplicação disponibilizadas no endereço electrónico www.portaldahabitacao.pt/nrau)

ANEXO II

Certificado de Calibração CELE3280/09Rev02 e
Registo de Confirmação Metrológica /Verificação RCM/V 005PGRE/09



Signature valid

Digitally signed by
LabMetro Online
Date: 2009.11.03
08:43:33 +00:00
Reason: Documento
aprovado
electronicamente

Laboratório de Metrologia



Certificado de Calibração

Data 28.10.2009

Certificado nº. CELE3280/09 Rev.02

Página 1 de 1

Equipamento

Voltímetro

Marca: Proceq

Nº ident.: 005PGRE

Modelo: Canin

Nº série: 15.750

Indicação: Analógica

Cliente

ISQ - Unidade de Construção Civil

Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, 33 - Tagus Park
2780-193 Oeiras

Data de

22.05.2009

Calibração

Condições Ambientais

Temperatura: 22,4 °C

Humidade relativa: 52,6 %

Procedimento

PO.M-DM/ELEC 01; 02.

Rastreabilidade

Tensão contínua e Corrente contínua, Wavetek 7001, Resistências-padrão Tinsley/Guildline e Fluke Y5020, rastreado ao INETI (Portugal).

Resultados

A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo factor de expansão $k=2$, o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02.

O presente documento CELE3280/09 Rev.02, anula e substitui o documento CELE3280/09 Rev.01 anteriormente emitido.

Tensão contínua

Escala	Valor padrão	Leitura no equipamento	Erro	Incerteza
999 mV	10 mV	11 mV	1 mV	± 1 mV
	100 mV	101 mV	1 mV	± 1 mV
	300 mV	303 mV	3 mV	± 1 mV
	400 mV	404 mV	4 mV	± 1 mV
	500 mV	504 mV	4 mV	± 1 mV

Calibrado por

Sérgio Neves

Responsável pela Validação

Marco Ferra



REGISTO DE CONFIRMAÇÃO
METROLÓGICA/VERIFICAÇÃO

RCMV 005PGRE /09

IDENTIFICAÇÃO DO EMM:

Designação do Equipamento de Monitorização Medição:	Canin
N.º interno do EMM:	005PGRE
N.º do Certificado de Calibração:	CELE3280/09

IDENTIFICAÇÃO DO PADRÃO (a preencher apenas para verificações):

Designação do Equipamento de Monitorização Medição Padrão :	
N.º interno do EMM Padrão:	
N.º do Certificado de Calibração do Padrão:	
Documento referente à verificação (Norma, Manual, IT,...):	

II - CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO ESTABELECIDOS:

Calibração	lerrol + lincertezal \leq EMA
Verificação	lerrol \leq EMA
EMA =	$\pm 5mV$

III - VERIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS/ RESULTADOS OBTIDOS:

<p>Leituras no Equipamento</p> <p>11mV 1 + 1 = 2mV \leq 5mV OK 101mV 1 + 1 = 2mV \leq 5mV OK 303mV 3 + 1 = 4mV \leq 5mV OK 404mV 4 + 1 = 5mV \leq 5mV OK 504mV 4 + 1 = 5mV \leq 5mV OK</p>

IV - CONCLUSÃO:

O equipamento, encontra-se apto sem restrições/condicionantes à sua utilização.

Elaborado (GE):
Aprovado (RA):

Handwritten signature

Data: 2009.10.29
Data: 2009.10.29

ANEXO III

Plano de Inspeção e Ensaio PIE-01, ed.A, Rev.00, de 2013.07.25

**PIE – PLANO DE INSPEÇÃO E ENSAIO**

Estruturas metálicas da cobertura e estruturas de betão dos pórticos, da Nave A, das instalações fabris, no Seixal

PIE – 01**INSPEÇÃO E ENSAIOS**Edição **A**; Revisão **00**Data:
2013.07.25Autor:
João MaiaAprov.:

PÁG.1

ITEM	ATIVIDADES E SUB-ACTIVIDADES	CRITÉRIO	TIPO DE INSPEÇÃO / ENSAIO	QUANT.	PE / IT OU NORMA DE APOIO	RESP.	OBS.
1	Estruturas metálicas da cobertura						
1.1.	Inspeção visual: Identificação de corrosão, oxidação, em destacamento do revestimento. Verificação de falta ou quebra de elementos da estrutura. Verificação da existência de empenos	N.A.	I.V.	Global	PE-PA/03	Coordenador do trabalho	
1.2.	Extração de amostras de 25 cm para ensaio laboratorial e reposição com barras aparafusadas e duplamente empalmadas	N.A.	Amt	3	-----	Coordenador do trabalho	Locais a determinar
1.3.	Ensaio à tração, com determinação da tensão de cedência e tensão de rotura	N.A.	Ens	3	EN ISO 15630-1:2010	Laboratório LABMAT	
1.4.	Medição de espessuras do revestimento aplicado	N.A.	Esp	15	ISO 19840 :2004	Coordenador do trabalho	Locais a determinar
2	Estruturas de betão-armado, constituinte dos pórticos (vigas e pilares)						
2.1.	Inspeção visual: Identificação de delaminação, insuficiência de recobrimentos, armadura exposta e corroída. Medição de redução de secção de armadura, Medição da profundidade da área afetada	N.A.	I.V.	Global	PE-QCR02	Coordenador do trabalho	

LEGENDA:

PE Procedimento Especifico
IT Instrução Técnica
I.V. Inspeção VisualAmt Amostragem
Ens Ensaio /Análise laboratorial
Esp Medição de espessuraM.D. Medição dimensional (mm)
A.D. Análise documental
M.M. Medição meteorológica

**PIE – PLANO DE INSPEÇÃO E ENSAIO**

Estruturas metálicas da cobertura e estruturas de betão dos pórticos, da Nave A, das instalações fabris, no Seixal

PIE – 01**INSPEÇÃO E ENSAIOS**

Edição A; Revisão 00

Data:
2013.07.25Autor:
João MaiaAprov.:

PÁG.2

ITEM	ATIVIDADES E SUB-ACTIVIDADES	CRITÉRIO	TIPO DE INSPEÇÃO / ENSAIO	QUANT.	PE / IT OU NORMA DE APOIO	RESP.	OBS.
2.2.	Extração de carotes de betão Ø70mm em pilares e reposição com argamassa tixotrópica	N.A.	Amt	2	IT-QCR-06	Coordenador do trabalho	Locais a determinar
2.3.	Extração de carotes de betão Ø70mm nas vigas e reposição com argamassa tixotrópica	N.A.	Amt	3	IT-QCR-06	Coordenador do trabalho	Locais a determinar
2.4.	Análise macroscópica das carotes obtidas	N.A.	Ens	5	IT-QCR-02	Coordenador do trabalho	
2.5.	Ensaio de compressão das carotes de betão, relação 1:1 (ensaio laboratorial)	N.A.	Ens	5	NP-EN 12390-3: 2009	Laboratório LABMAT	
2.6.	Medição da profundidade de carbonatação nos pilares	N.A.	Ens	2	IT-QCR-02	Coordenador do trabalho	Locais a determinar
2.7.	Medição da profundidade de carbonatação nas vigas	N.A.	Ens	3	IT-QCR-02	Coordenador do trabalho	Locais a determinar
2.8.	Medição do perfil de teor em cloretos até aos 6cm de profundidade, nos pilares	N.A.	Ens	2	IT-QCR-01	Coordenador do trabalho	Locais a determinar
2.8.	Medição do perfil de teor em cloretos até aos 6cm de profundidade, nas vigas	N.A.	Ens	3	IT-QCR-01	Coordenador do trabalho	Locais a determinar

LEGENDA: PE Procedimento Específico
IT Instrução Técnica
I.V. Inspeção Visual

Amt Amostragem
Ens Ensaio /Análise laboratorial
Esp Medição de espessura

M.D. Medição dimensional (mm)
A.D. Análise documental
M.M. Medição meteorológica

ANEXO IV

Boletins de Resultados de Ensaios e Análises:
Preparação de Carotes - Análise Macroscópia (boletim 2)
Teor em Cloretos na Pasta de Cimento (boletim 8)
Profundidade de Carbonatação no Betão (boletim 11)



Determinação do Teor de Cloretos na Pasta de Cimento

Cliente:	.....	Boletim:	8
Obra:	Estrutura de Betão - Alinhamento B	Data Ensaio:	04-11-2013
Local:	Concelho do Seixal	Equipamento:	013PGRE
Norma Aplicada:	Procedimento interno do LabQui	Grau Incerteza do Equipamento:	.....

AMOSTRA: **Viga V2 - Zona 1**

Registo de leituras

Leituras	Profundidade (cm)					
	0 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 5,0	5,0 - 6,0
R (%)	0,0390	0,0790	0,0360	0,0440	0,0580	0,0640

R = Resultados do Laboratório de Química "LABQUI"

R - Teor em cloretos na amostra

Teor de Cloretos no Betão	% de cimento em 300Kg de betão	Teor de cloretos no cimento
0,0390	0,15	0,2600
0,0790	0,15	0,5267
0,0360	0,15	0,2400
0,0440	0,15	0,2933
0,0580	0,15	0,3867
0,0640	0,15	0,4267

Observações:

Equipamento sujeito à verificação dos padrões de calibração antes e depois da realização dos ensaios

Técnico:

Responsável:



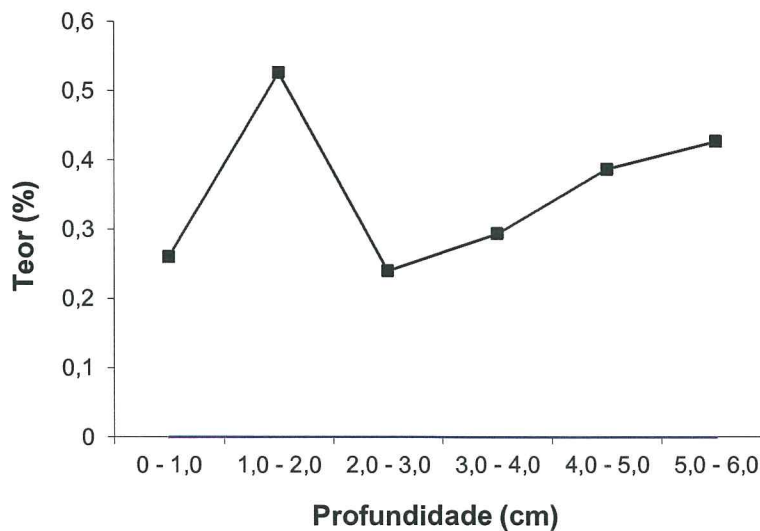
Determinação do Teor de Cloretos na Pasta de Cimento

Cliente:	.....	Boletim:	8
Obra:	Estrutura de Betão - Alinhamento B	Data Ensaio:	04-11-2013
Local:	Concelho do Seixal	Equipamento:	013PGRE
Norma Aplicada:	Procedimento interno do LabQui	Grau Incerteza do Equipamento:	.....

Percentagem de iões cloretos contidos na amostra

Localização	Intervalo de profundidade (cm)	Teor de cloretos no Cimento (%)
Alinhamento B - Viga V2 Zona1	0 - 1,0	0,2600
	1,0 - 2,0	0,5267
	2,0 - 3,0	0,2400
	3,0 - 4,0	0,2933
	4,0 - 5,0	0,3867
	5,0 - 6,0	0,4267

Perfil de Cloretos



Observações:

A concentração de cloretos é determinada com base na percentagem relativa à massa do cimento contida no betão. Valor limite indicado (na NP EN 206-1) 0,20%. Para efeito de cálculo considera-se o betão aplicado foi o indicado nos desenhos (=300Kg cimento/m³)

Técnico: /

Responsável:



Medição da Profundidade de Carbonatação de um Betão

Cliente:	.....	Boletim:	11
Obra:	Estrutura de Betão - Alinhamento A	Data Ensaio:	09-10-2013
Local:	Concelho do Seixal	Equipamento:	Paquímetro, 071PGRE
Norma Aplicada:	Norma SIA 162/3 edic. 1990	Grau Incerteza Equipamento:	.....

Medição da profundidade de carbonatação

Localização	Profundidade (mm)	Valor médio (mm)
Alinhamento A - pilar P18	22	18,25
	19	
	14	
	18	

Observações:

Técnico:

Responsável: