



# **INSPEÇÃO E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO**

**BRUNO MIGUEL BORGES DE ALBERGARIA**

Julho de 2013

## **AGRADECIMENTOS**

É com muita satisfação que expresso aqui o mais profundo agradecimento a todos aqueles que tornaram a realização deste trabalho possível.

Em especial ao Professor Carlos Félix, orientador científico do presente trabalho, manifesto a minha gratidão pela disponibilidade, dedicação, entusiasmo, pela partilha e discussão de conhecimentos e pelas sugestões e críticas que tão valiosas foram.

Ao Professor Carlos Rodrigues pela disponibilidade demonstrada e pela informação prestada que me permitiu melhorar esta dissertação.

Ao Mestrando Leonel Medas pela sua disponibilidade, partilha de conhecimentos e ajuda no funcionamento dos equipamentos de ensaio utilizados.

À Engenheira Cláudia Gomes da SIKA, pela informação disponibilizada e aconselhamento dos produtos adequados para as soluções de reabilitação.

Agradeço à RTP, especialmente ao Arquiteto Augusto Mouta e à Doutora Cristina Almeida por me terem concedido o acesso ao edifício da RTP e apoio necessário para o estudo de caso da presente dissertação sem o qual não seria possível.

Agradeço aos meus pais e irmãos pelo apoio constante que me têm dado ao longo da minha vida que muito contribuíram para a elaboração da presente dissertação.

Muito especialmente agradeço a ti Vanessa, pelo apoio moral, entusiasmo, compreensão, força e esperança que foram essenciais para a realização deste trabalho.

Por fim, agradeço também aos meus amigos pelo constante incentivo.



## RESUMO

O setor da reabilitação em Portugal tem vindo a crescer consideravelmente ao longo dos últimos anos, demonstrando uma consciencialização da sociedade e das entidades competentes para definição de estratégias e planeamento, para uma manutenção das estruturas atempada de modo a prevenir patologias que provocam a sua degradação.

O presente trabalho pretende fazer uma síntese das técnicas de proteção e reparação das estruturas de betão armado, efetuando também ensaios para determinação das causas das anomalias que levaram à sua reparação.

O projeto de reabilitação deve seguir as recomendações indicadas nos Eurocódigos e norma EN1504 sobre produtos e sistemas para a proteção e reparação das estruturas de betão. Segundo esta norma explicam – se as principais causas de deterioração das estruturas de betão armado e os sintomas que estão na base dessa deterioração. Desta forma são descritos os métodos de intervenção, explicando o seu funcionamento e modo mais adequado de utilização com indicação dos produtos adequados para cada intervenção.

Para aplicação do referido nos parágrafos anteriores desenvolveu-se uma proposta de fichas de inspeção, através de levantamento fotográfico e registo das anomalias e suas causas e ensaios não destrutivos de modo a perceber o estado atual da estrutura para uma melhor compreensão da metodologia de reparação a seguir

**PALAVRAS - CHAVE:** Degradação de estruturas, Betão armado, Durabilidade, Proteção, Reparação.



## **ABSTRACT**

The sector of rehabilitation in Portugal has grown considerably over the last years, demonstrating an awareness of the society and the entities responsible for the developing strategies and planning for timely maintenance of structures to prevent diseases that cause its degradation.

This paper intends to summarize the techniques of protection and repair of the concrete structures, also performing tests to determine the causes of deficiencies that led to its repair.

The rehabilitation project must follow the recommendations according to the Eurocodes and NP EN 1504 standard on products and systems for the protection and repair of concrete structures. According to this rule, explain is the main cause of deterioration of reinforced concrete structures and the symptoms that are the basis of this deterioration. Thus, we describe the methods of intervention, explaining its operation and most appropriate way to use and the products suitable for each intervention.

For application of the preceding paragraphs we carried out a study of inspection through survey and photographic record of deficiencies and their causes, non – destructive testing in order to understand the current state of the structure to a better understanding of the methodology of repair following.

**KEYWORDS:** Deterioration of structures, Reinforced Concrete, Durability, Protection, Repair.



## ÍNDICE GERAL

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>1.1 ENQUADRAMENTO</b> .....	1
<b>1.2 OBJETIVOS</b> .....	2
<b>1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO</b> .....	2
<b>2. DETERIORAÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO</b> .....	4
<b>2.1 INTRODUÇÃO</b> .....	4
<b>2.2 DETERIORAÇÃO DO BETÃO</b> .....	6
2.2.1 PROCESSOS MECÂNICOS .....	6
2.2.2 PROCESSOS FÍSICOS.....	6
2.2.2.1 Ciclo Gelo/Degelo .....	6
2.2.2.2 Variações de temperatura .....	7
2.2.2.3 Desgaste por abrasão, erosão e cavitação.....	7
2.2.2.4 Retração.....	7
2.2.2.5 Calor de hidratação.....	8
2.2.2.6 Temperaturas elevadas.....	9
2.2.3 PROCESSOS QUÍMICOS.....	10
2.2.3.1 Ácidos .....	10
2.2.3.2 Água Pura .....	10
2.2.3.3 Sais de Magnésio.....	10
2.2.3.4 Sulfatos.....	10
2.2.3.4 Ataque álcali-agregado .....	11
2.2.4 PROCESSO BIOLÓGICOS .....	12
<b>2.3 DETERIORAÇÃO DAS ARMADURAS</b> .....	12
2.3.1 CORROSÃO DAS ARMADURAS .....	12
<b>2.4 BOAS PRÁTICAS DE PROJETO E DE EXECUÇÃO</b> .....	19
2.4.1 INTRODUÇÃO .....	19
2.4.2. CONCEÇÃO DO PROJETO .....	20
2.4.3. PROCESSO DE EXECUÇÃO.....	23
2.4.3.1. Amassadura .....	23
2.4.3.2. Transporte .....	24

2.4.3.3. Colocação.....	24
2.4.3.4. Compactação.....	25
2.4.3.5. Cura .....	25
2.4.4. DEFEITOS DE PROJETO E EXECUÇÃO .....	26
2.4.4.1. Posicionamento da armadura.....	26
2.4.4.2. Cofragem .....	28
2.4.4.3. Segregação .....	31
2.4.4.4. Juntas de betonagem.....	31
2.4.4.5. Assentamentos plásticos .....	32
2.4.4.6. Retração plástica.....	32
<b>3 AVALIAÇÃO DO ESTADO DA ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1 CLASSIFICAÇÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2 AVALIAÇÃO IN SITU DAS CARACTERISTICAS DO BETÃO .....</b>	<b>34</b>
3.2.1. ASPETOS GERAIS.....	34
<b>3.3. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS.....</b>	<b>37</b>
3.3.1. ENSAIO ESCLEROMÉTRICO.....	37
3.3.2. ENSAIO DE ULTRA-SONS EM BETÃO .....	40
3.3.3. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORETOS NO BETÃO .....	44
3.3.4. DETEÇÃO DE ARMADURAS E AVALIAÇÃO DO SEU DIÂMETRO E RECOBRIMENTO .....	46
3.3.5. DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DA CARBONATAÇÃO DE BETÕES.....	48
3.3.6. TERMOGRAFIA .....	50
3.3.7. DETEÇÃO DE CORROSÃO ATIVA EM ARMADURAS POR MEDIÇÃO DOS POTENCIAIS ELÉTRICOS .....	51
<b>3.4 ENSAIOS DESTRUTIVOS .....</b>	<b>53</b>
3.4.1. ENSAIO RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO .....	53
3.4.2. ENSAIO RESISTÊNCIA À TRAÇÃO .....	55
3.4.3. MÓDULO DE ELASTICIDADE.....	57
<b>4. INSPEÇÕES DE EDIFÍCIOS: DESENVOLVIMENTO DE UMA FICHA DE INSPEÇÃO .....</b>	<b>60</b>
<b>4.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>60</b>
<b>5. REABILITAÇÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>5.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>5.2. FASES DE UM PROJETO DE REABILITAÇÃO.....</b>	<b>68</b>

<b>5.3. NORMA EN NP 1504.....</b>	<b>69</b>
<b>5.4. ESCOLHA DO MÉTODO DE INTERVENÇÃO .....</b>	<b>70</b>
<b>5.5. PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES.....</b>	<b>73</b>
5.5.1. PREPARAÇÃO DO BETÃO.....	74
5.5.1.1. Limpeza do betão .....	74
5.5.1.2. Aderência entre materiais .....	75
5.5.1.3. Remoção do betão .....	75
5.5.2. PREPARAÇÃO DAS ARMADURAS .....	78
<b>5.6. SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO.....</b>	<b>80</b>
5.6.1 TÉCNICAS DE PROTEÇÃO SUPERFICIAL.....	80
5.6.1.1 Introdução .....	80
5.6.1.2. Impregnação.....	82
5.6.1.2. Revestimento superficial .....	83
5.6.1.3.Membranas .....	86
5.6.1.4. Nova camada de recobrimento .....	88
5.6.1.5. Proteção física exterior .....	88
5.6.2. Técnicas de prevenção de corrosão.....	89
5.6.2.1 Introdução .....	89
5.6.2.1. Proteção do aço contra a corrosão.....	90
5.6.2.2 Métodos eletroquímicos .....	93
5.6.3. TÉCNICAS DE REPARAÇÃO BETÃO DETERIORADO.....	96
5.6.3.1 Introdução .....	96
5.6.3.2 Tratamento de fissuras .....	97
5.6.3.3 Aplicação de argamassa e microbetão em zonas deterioradas .....	101
5.6.4. CONTROLO DA QUALIDADE.....	107
<b>6. PROJETO DE REABILITAÇÃO DO EDIFÍCIO C RTP .....</b>	<b>108</b>
<b>6.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>108</b>
<b>6.2. EXAME PRELIMINAR.....</b>	<b>109</b>
6.2.1 INTRODUÇÃO.....	109
6.2.2 SÍNTESE DAS ANOMALIAS MAIS CORRENTES E CAUSAS PROVÁVEIS.....	111
6.2.3. AUXILIARES DE INSPEÇÃO E SUA UTILIZAÇÃO.....	112
6.2.4 CONCLUSÃO .....	114

<b>6.3. EXAME PORMENORIZADO .....</b>	<b>115</b>
6.3.1. INTRODUÇÃO .....	115
6.3.2 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO .....	116
<b>6.4 ESTRUTURA E FUNDAÇÕES.....</b>	<b>121</b>
<b>6.5 AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ANOMALIAS.....</b>	<b>121</b>
6.5.1 TIPO DE ANOMALIA .....	121
<b>6.6 ENSAIOS IN SITU.....</b>	<b>121</b>
6.6.1 INTRODUÇÃO .....	121
6.7.2 ESCLEROMETRO.....	122
6.7.3 ENSAIO DE CARATERIZAÇÃO DAS ARMADURAS.....	124
6.7.4 AVALIAÇÃO DO RISCO DE CORROSÃO ATIVA DAS ARMADURAS ATRAVÉS DA MEDIÇÃO DA RESISTIVIDADE DO BETÃO.....	126
6.7.4 ENSAIO DE ULTRASSONS NO BETÃO.....	128
6.7.5 DETERMINAÇÃO DA RESISTIVIDADE DO BETÃO .....	129
<b>6.8 CONDIÇÕES TÉCNICAS PARA A REPARAÇÃO.....</b>	<b>130</b>
6.8.1 PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES .....	130
6.8.1.1 Limpeza do betão.....	130
6.8.1.2 Aderência entre materiais .....	131
6.8.1.3 Remoção do betão.....	131
6.8.1.4 Preparação das armaduras.....	132
6.8.1.5 Aplicação de proteção do aço contra a corrosão (Aplicação no aço).....	133
6.8.2 REPARAÇÃO DE BETÃO DELAMINADO.....	133
6.8.2.1 APLICAÇÃO DE ARGAMASSA EM ZONAS DETERIORADAS .....	133
6.8.2.2 APLICAÇÃO DE PROTEÇÃO DO AÇO CONTRA A CORROSÃO (APLICAÇÃO NO BETÃO).....	134
6.8.2.3 APLICAÇÃO DE ARGAMASSA DE REGULARIZAÇÃO E SELAGEM.....	134
6.8.2.4 APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO DE PROTEÇÃO E ACABAMENTO .....	134
6.8.3 REPARAÇÃO DE BETÃO FISSURADO.....	135
6.8.4. APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO DE PROTEÇÃO E ACABAMENTO.....	135
6.8.5 TRATAMENTO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO .....	136
6.8.5.1 Preparação do suporte.....	136
6.8.5.2 Aplicação de Mástique.....	136
6.8.6. REPARAÇÃO DA FENDA POR ESFORÇO TRANSVERSO.....	137

6.9 CONCLUSÃO .....	138
7. CONCLUSÃO .....	139
7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	139
7.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	139



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Resumo das principais causas e mecanismos da deterioração do betão [3].	5
Fig. 2.2 – Relação entre a cor e a perda de resistência à compressão [6]	9
Fig. 2.3 – Danos provocados pela corrosão [8].	13
Fig. 2.4 – Corrosão de armaduras num pilar	14
Fig. 2.5 – Perda da alcalinidade do betão	15
Fig. 2.6 – Modelo simplificado do mecanismo da corrosão [11]	16
Fig. 2.7 – Estanquicidade do betão	18
Fig. 2.8 – Evolução, das resistências médias à compressão do betão aos 28 dias	19
Fig. 2.9 – Projeto de pormenorização armaduras.	21
Fig. 2.10 – Simplicidade implica durabilidade	22
Fig. 2.11 – Recobrimento insuficiente	27
Fig. 2.12 – Espaçamento irregular em armaduras de lajes	27
Fig. 2.13 – Redução da altura útil	27
Fig. 2.14 – Excesso de armadura provocando fraco posicionamento.	28
Fig. 2.15 – Danos no betão devido ao seu vazamento através da cofragem	29
Fig. 2.16 – Cofragem deficiente.	30
Fig. 2.17- Remoção prematura cofragem.	30
Fig. 2.18 – Segregação	31
Fig. 2.19 – Junta de betonagem	32
Fig. 2.20 – Assentamentos plásticos	32
Fig. 2.21 – Retração plástica	33
Fig. 3.1 – Etapas típicas de um programa de ensaios [19]	36
Fig. 3.2 – Ensaio esclerométrico (Esq.) e Ábaco de correlação(dir.)	39
Fig. 3.3 – Esclerómetro de Schmidt – Secção longitudinal	40
Fig. 3.4 – Ensaio ultrassónico. Método de disposição dos transdutores	43
Fig. 3.5 – Execução do ensaio para determinação da profundidade de fissuras	44
Fig. 3.6 – Equipamento para determinação in situ do teor de cloretos	45
Fig. 3.7 – Equipamento Ferrosan deteção de armaduras	48
Fig. 3.8 – Reação de fenoltaleína numa carote de betão recém extraída.	50
Fig. 3.9 – Inspeção termográfica	51

Fig. 3.10 – Utilização do equipamento CANIN +.....	52
Fig. 3.11 - Diferença de potencial medida entre duas sondas internas .....	52
Fig. 3.12 – Localização de armaduras; realização do furo e extração da carote.....	55
Fig. 3.13 – Ensaio de carotes, resistência à compressão .....	55
Fig. 3.14 – Determinação da resistência à tração do betão através do pull-off test.....	57
Fig.3.15 - Dispositivo de ensaio para obtenção do módulo de elasticidade .....	58
Fig.3.16 – Relação tensões – extensões para análise estrutural.....	58
Fig. 4.1 – Levantamento de anomalias no revestimento de uma fachada [5].....	62
Fig. 4.2 – Avaliação por amostragem da taxa de corrosão em elementos de betão [5].....	62
Fig. 5.1 – Peso (%) da reabilitação em diferentes países da Europa.....	68
Fig. 5.2 – Ligação entre as diferentes partes da norma e externas .....	70
Fig. 5.3 – Exemplo de uma limpeza da superfície de betão armado com jato de água .....	75
Fig. 5.4 – Recomendação de implementação de formas simples de reparação .....	76
Fig. 5.5 – Esquema representativo da remoção do betão .....	77
Figura 5.6 – Remoção do betão .....	77
Fig. 5.7 – Estado deterioração(esq.) e reparação(dir.) de uma laje.....	79
Fig. 5.8 – Perda significativa de um varão .....	79
Fig. 5.10 – Reforço de armadura através de colocação de um novo varão .....	79
Fig. 5.11 – Tipos de ligações varões .....	80
Fig. 5.12 – Representação esquemática dos diferentes tipos de tratamentos superficiais no betão [41].....	81
Fig. 5.13 – Esquema representativo das diferenças entre impregnação hidrofóbica(esq.) e impregnação(dir.) .....	82
Fig. 5.14 – Representação esquemática de um revestimento superficial.....	84
Fig. 5.15 – Aplicação de membrana líquida (esq.), aplicação de membrana tipo tela (dir.) .....	87
Fig. 5.16 – Técnicas de redução/anulação da taxa de corrosão .....	90
Fig. 5.17 – Corrosão devido a rotura do filme de resina numa armadura .....	91
Fig. 5.18 – Aplicação de inibidores de corrosão. ....	92
Fig. 5.19 – Princípio da Realcalinização.....	94
Fig. 5.20 – Conexão elétrica da armadura e malha metálica (ânodo) instalada e conectada ao terminal positivo .....	95
Fig. 5.21 – Princípio da dessalinização.....	95
Fig. 5.22 – Método de dessalinização .....	96

Fig. 5.23 – Injeção de resina de epóxido numa laje de betão armado .....	99
Fig. 5.23 – Utilização de grampos no reforço de uma fenda .....	100
Fig. 5.24 – Aplicação de betão moldado [49] .....	104
Fig. 5.25 – Exemplo de colocação betão projetado via seca [49].....	105
Fig. 5.26 – Exemplo de colocação do betão projetado por via húmida [49].....	105
Fig. 5.27 – Exemplo de colocação de argamassa à colher [49] .....	106
Fig. 5.28 – Exemplo de reparação pelo método global [49].....	106
Fig. 6.1 – Utilização do martelo na inspeção para detetar possíveis danos na superfície.....	113
Fig. 6.2 – Utilização do Nível .....	113
Fig. 6.3 – Utilização de fita métrica.....	114
Fig. 6.4 – Comparador de fissuras.....	114
Fig. 6.5 – Imagem aérea da localização do Edifício C RTP .....	116
Fig. 6.6 – Alçado norte.....	118
Fig. 6.7 – Alçado nascente.....	118
Fig. 6.8 – Alçado poente.....	119
Fig. 6.9 – Alçado sul.....	119
Fig. 6.10 – Escadas exteriores.....	120
Fig. 6.11 – Mainéis em betão armado .....	120
Fig. 6.12 – Martelo de Schmit .....	122
Fig. 6.13 – Exemplo de área de ensaio em pilar.....	123
Fig.6.14 – Correlação entre a resistência à compressão e o número de resalto (modelo Tipo N)..	124
Fig. 6.15 – Utilização de uma placa de madeira .....	125
Fig. 6.16 – Utilização do Ferrosan.....	125
Fig. 6.17 – Aparelho de deteção corrosão ativa .....	127
Fig. 6.18 – Aparelho ultra – sons.....	129
Fig. 6.19 – Medição dos potenciais.....	130
Fig. 6.20 – Aparelho de resistividade do betão .....	130



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Anomalias comuns em estruturas de betão armado adaptado de [12].....	18
Quadro 3.1 – Fator corretivo do Ecm, função do tipo de agregados.....	59
Quadro 4.1 – Métodos de proteção/reparação face a anomalias no betão.....	72
Quadro 5.1 – Tratamentos superficiais .....	81
Quadro 5.2 – Principais características entre cal hidráulica e cimento portland.....	85



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 ENQUADRAMENTO

A realização da presente Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – ramo de Construções, subordinada ao tema “ Inspeção e reabilitação de estruturas de betão armado” advém da importância desta temática face a uma crescente consciencialização da necessidade de reparar e reabilitar as estruturas de betão armado e da vontade do autor em aprofundar os seus conhecimentos nesta área.

As estruturas de betão armado nos primórdios da sua utilização eram consideradas estruturas com um grau de durabilidade extremamente elevado, contudo com a sua utilização massiva, generalizada e, por vezes, assistindo-se a épocas de construção desenfreada provocaram defeitos de projeto e de execução. O aumento da poluição atmosférica é um dos importantes fatores na perda da película de passividade do betão que protege as armaduras provocando o aceleração da taxa de corrosão, traduzindo-se numa rápida degradação da estrutura. Assim sendo, a exposição a agentes agressivos, tal como os outros fatores supra citados, resultam em problemas de ordem funcionais, estéticos e estruturais.

Atualmente, face a toda esta conjuntura, existe regulamentação como o Eurocódigo 2, onde o conceito durabilidade faz depender da qualidade do betão e dos valores de recobrimento das armaduras. Mas apenas isto não é suficiente, é necessário a realização de um projeto devidamente cuidado, assim como a sua realização em obra, sistemas de proteção adequados e planos de manutenção ao longo da sua vida útil.

Um projeto de intervenção numa estrutura existente exige uma metodologia de abordagem diferente da seguida num projeto de uma estrutura nova. A abordagem consiste na recolha pormenorizada de toda a informação disponível, para um estudo exaustivo da melhor metodologia a seguir para posterior fase de projeto.

Escasseia documentação em que se exponha de uma forma pormenorizada toda a informação necessária para a realização de um projeto de reparação de uma estrutura de betão armado. Atualmente existe a norma NP EN1504, onde, são descritas técnicas de

reparação de estruturas de betão armado, cuja metodologia é seguida na presente Dissertação.

O presente trabalho pretende reunir de forma integrada toda a informação, sobre o assunto, útil ao projetista.

## **1.2 OBJETIVOS**

Na presente dissertação propuseram-se os seguintes objetivos:

- Estudo dos fenómenos de deterioração das estruturas de betão armado.
- Identificação dos defeitos de projeto e de execução nas estruturas de betão armado.
- Estudo de ensaios destrutivos e não destrutivos para aplicação nas estruturas de betão armado.
- Criação de fichas de inspeção.
- Aprofundamento e sistematização de conhecimentos na área da proteção e reparação de estruturas de betão armado.
- Estudo das metodologias descritas na norma EN 1504.
- Estudo de um caso de obra em que evidencie sinais de degradação da estrutura de betão armado.
- Levantamento e registo fotográfico do caso de obra.
- Realização de ensaios não destrutivos no caso de obra.
- Realização de uma metodologia de intervenção na reparação da estrutura de betão armado no caso de obra.

## **1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO**

De acordo com os objetivos propostos, organizaram-se capítulos de modo agrupar por tema todos os assuntos abordados em cada objetivo. Descreve-se sumariamente os referidos capítulos:

- Capítulo 1 – No primeiro capítulo faz-se uma introdução no qual é descrita a importância da consciencialização da sociedade e das autoridades competentes da necessidade de reparação das estruturas de betão armado. Os fatores que contribuem para a degradação e metodologias a seguir segundo a norma EN1504 para um correto projeto de intervenção numa estrutura de betão armado.

- Capítulo 2 – Aborda as causas de degradação e os erros de projeto e execução das estruturas de betão armado.
- Capítulo 3 – Avaliação das estruturas de betão armado através de ensaios não destrutivos e destrutivos.
- Capítulo 4 – Neste capítulo foram desenvolvidas fichas de inspeção para estruturas de betão armado.
- Capítulo 5 – Neste capítulo é feita a referência à norma NP EN1504, na qual são seguidas as metodologias para reparação de uma estrutura de betão armado.
- Capítulo 6 – Consiste no caso de obra em que é posta em prática toda a informação adquirida nos capítulos anteriores, realizando-se levantamento fotográfico e registo das anomalias existentes, posteriormente realizaram-se ensaios não destrutivos para uma melhor caracterização do estado atual da estrutura de betão armado e por fim a sua reparação segundo a norma NP EN1504.

## 2. DETERIORAÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO

### 2.1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo são abordadas as principais causas da deterioração das estruturas de betão armado, sujeitas à ação de agentes agressivos provenientes do meio ambiente ou por ações de acidentes que podem ser naturais ou de origem humana.

A essência do conceito do betão armado reside numa simbiose entre o betão e o aço. O betão resiste bem à compressão, mas tem uma fraca resistência à tração: o aço sob a forma de varões colocados no interior da sua massa, anula esta insuficiência, permitindo ao elemento resistir a flexões. Por seu turno o aço exposto ao ar e à água, rapidamente se deteriora: o betão envolvente protege-o com a sua alcalinidade, permitindo ao elemento resistir à passagem do tempo [1]. A qualidade do produto final depende das limitações do material, erros de projeto e construção e as condições severas de exposição que podem causar a deterioração do betão resultando em problemas funcionais, estruturais e estéticos.

Na fig.2.1 resume-se as principais causas e mecanismos da deterioração do betão, que são abordados nos subcapítulos seguintes.

“ Assim como a natureza do material utilizado pelo Homem marca uma época da História da Civilização – a pedra, o bronze, o ferro – o betão e o betão armado marcam a sua presença no século XX. Mas até quando? Infelizmente tudo leva a crer que a sua duração será efémera. A elevada alcalinidade, e a enorme energia interna resultante, torna-o um material instável... Tudo isto faz que o betão, e em especial o betão armado, seja um material muito vulnerável e pouco estável; a sua duração não será provavelmente muito longa” [2].

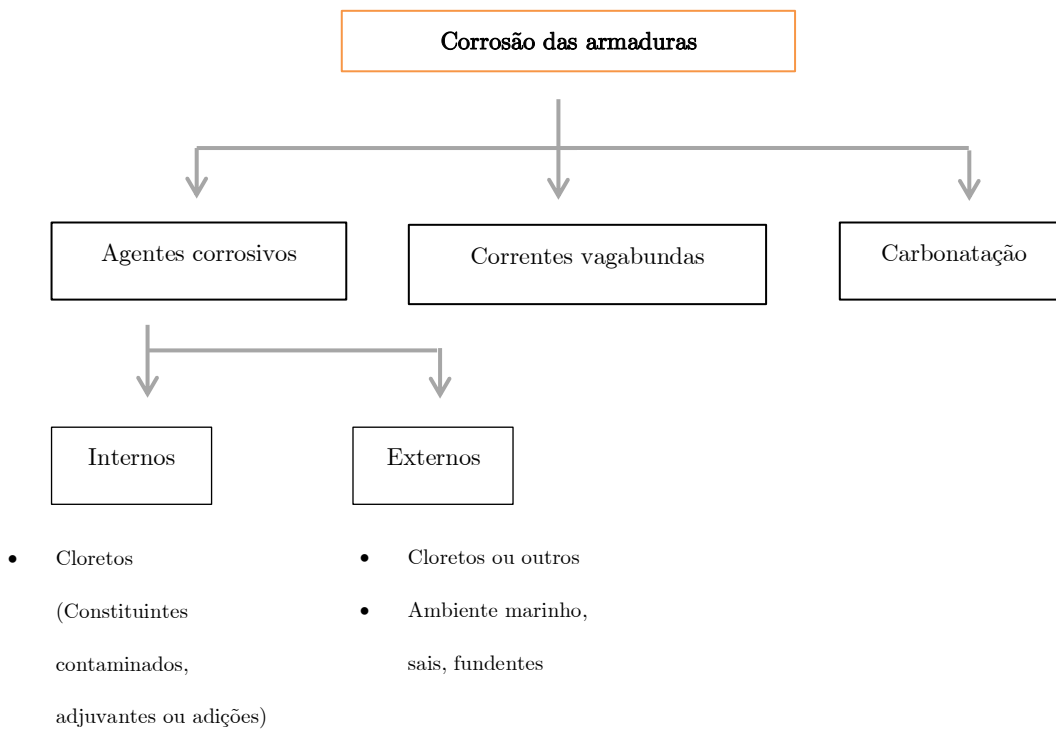
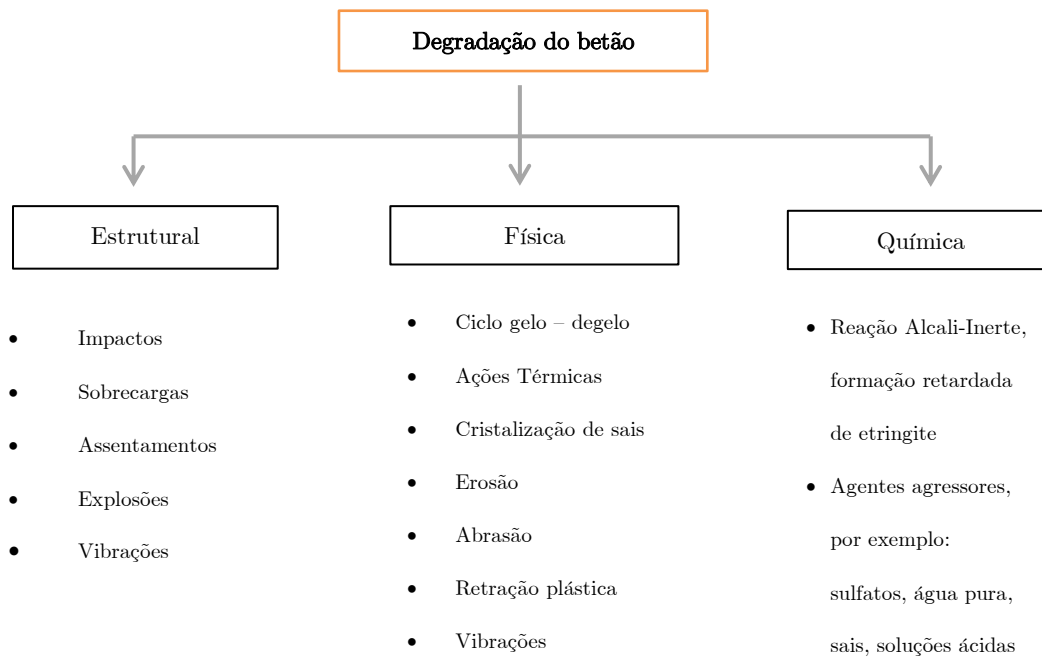


Fig. 2.1 – Resumo das principais causas e mecanismos da deterioração do betão [3].

## 2.2 DETERIORAÇÃO DO BETÃO

### 2.2.1 PROCESSOS MECÂNICOS

Os processos mecânicos de deterioração de uma estrutura de betão armado devem-se a solicitações externas, que geram tensões elevadas e eventualmente esforços superiores aos admissíveis em condições de serviço, resultando em anomalias como o aparecimento de fendas acelerando a penetração de agentes agressivos na estrutura.

As principais causas de deterioração do betão através de processos mecânicos podem ser resumidas do seguinte modo:

- **Impacto** de elementos contra estruturas de betão: caracteriza-se por ser uma ação de muita curta duração, que gera tensões elevadas na superfície do elemento e eventualmente esforços superiores aos resistentes.
- **Carregamento Excessivo**: pode ser de curta duração ou ter carácter mais permanente, o qual conduz a deformações excessivas ou esforços superiores aos previstos.
- **Deslocamentos**: devido a assentamentos, geram esforços elevados nas estruturas devido às excentricidades de carga que daí resulta. Estruturas de betão armado são normalmente estruturas rígidas que no caso de deslocamentos significativos não possuem capacidade de deformação de modo acomodar esses deslocamentos e esforços.
- **Explosões**: são ações instantâneas que causam danos nas estruturas de betão devido aos seguintes fatores: impacto de estilhaços, sobrepressão, fluxo térmico e ondas de choque transmitidas pelo terreno.
- **Vibrações**: podem ser ações de curta duração devido a sismos mecânicos ou podem ter um carácter contínuo e repetido resultado de equipamentos mecânicos.

### 2.2.2 PROCESSOS FÍSICOS

#### 2.2.2.1 Ciclo Gelo/Degelo

O sistema de capilares intercomunicantes do material constitui uma via de passagem contínua na qual a água tem facilidade de penetrar e na qual ela se pode movimentar em

função das condições termo higrométricas. Se a temperatura do material poroso descer até ao ponto de congelação da água contida na sua rede de poros, podem-se observar danos ligados à formação do gelo. Quando a água congela sofre um incremento volumétrico de cerca de 9%. Os efeitos produzidos pela cristalização dos sais solúveis resultam de um mecanismo semelhante.

A deterioração advém da incapacidade do betão absorver um acréscimo de volume que a água sofre ao congelar, provocando tensões resultando no destacamento e desintegração do betão.

#### **2.2.2.2 Variações de temperatura**

As variações de temperatura numa estrutura conduzem à variação de volume. Se o movimento de um elemento estrutural for estrangido quando sujeito a variações de temperatura, fica submetido a tensões de compressão ou tração consoante a variação de temperatura seja positiva ou negativa, respetivamente. Quando as tensões de tração resultantes forem superiores à tensão resistente do betão, poderá ocorrer a fendilhação. Outro dos sintomas que se pode observar num elemento estrutural pode ser o destacamento do betão devido ao choque térmico.

#### **2.2.2.3 Desgaste por abrasão, erosão e cavitação**

A abrasão é o processo que consiste no desgaste da camada superficial do betão devido ao atrito por enrolamento, escorregamento ou fricção repetitiva. A resistência superficial e a dureza do betão influenciam o desgaste por abrasão, este sintoma é frequente em pavimentos, devido, por exemplo, à circulação.

A erosão resulta da ação de agentes dinâmicos externos como a água, vento e ar. Este desgaste é agravado pela presença de irregularidades e partículas sólidas em suspensão.

A cavitação é a degradação da superfície do betão causada pela implosão de bolhas de vapor de água quando a velocidade ou direção do escoamento sofre uma mudança brusca.

#### **2.2.2.4 Retração**

A retração é uma propriedade reológica do betão resultando na diminuição das dimensões de um elemento de betão com o tempo, ou na fissuração do elemento, devido ao

desenvolvimento de tensões de tração resultante do constrangimento do movimento do betão [4]

Este processo é originado pela variação de volume do betão devido essencialmente à evaporação da água de amassadura e às reações de hidratação das partículas deste. As fendas devido à retração são normalmente visíveis, logo após a construção, enquanto que as fendas devido à secagem apenas surgem posteriormente.

Podem considerar-se diferentes tipos de retração consoante as causas da variação de volume do betão, em que os principais são:

- **Retração plástica** ocorre antes da presa, consiste na evaporação de água à superfície do betão. Este tipo de retração é responsável pela fendilhação superficial das peças de betão nas primeiras horas após a betonagem e pode afetar significativamente a durabilidade das estruturas.
- **Retração autogénea** ocorre após a presa do betão, sendo originada pela hidratação do cimento que consome a água livre no interior da massa do betão. É a retração que ocorre sem saída de água.
- **Retração de secagem** ocorre depois do fim de presa do betão em ambientes secos, e ocorre devido à redução do elemento causada pela evaporação da água do betão.
- **Retração Química** corresponde a uma diminuição dimensional, em que o volume dos produtos hidratados é inferior ao volume é compensado pelo aumento do volume de vazios.

#### 2.2.2.5 Calor de hidratação

Nas primeiras idades do betão existem fluxos energéticos por convecção e radiação entre este e o meio ambiente. No período inicial, a velocidade da saída do calor para o exterior é inferior à taxa de libertação do calor de hidratação do cimento e a massa de betão vai aquecendo. À medida que o tempo passa a massa começa arrefecer até atingir o equilíbrio, criando-se gradientes de temperatura tais, que podem originar fissuração devido às tensões de tração instaladas.

### 2.2.2.6 Temperaturas elevadas

Ao considerar a ação de temperaturas elevadas, superiores a 100 ° C, é necessário distinguir entre a ação sobre o cimento hidratado e sobre o inerte. Ao subir a temperatura, o primeiro componente que sofre a desidratação é o hidróxido de cálcio, que se transforma em óxido a cerca de 400 ou 450° C. Entretanto a água do cimento hidratado evapora-se, saindo do betão, o que provoca o aumento da contração da pasta de cimento. Ao mesmo tempo, o inerte inicia a expansão, pelo que se obtém, em consequência destas duas ações contrárias, uma fissuração da pasta, que começa, portanto, a perder resistência. [5]

Segundo Cánovas [6], com a elevação da temperatura o betão sofre várias alterações de coloração, especialmente se os agregados são siliciosos. As mudanças de coloração dos agregados utilizados no betão levam às alterações de cor do mesmo, ou seja, quando os agregados mudam de cor o betão também muda.

O betão estando exposto a elevadas temperaturas, exhibe na sua superfície o aparecimento de fissuras, fendas e lascamentos. Este conjunto de fatores permite uma avaliação preliminar do nível de deterioração do betão.

As mudanças de cor podem ser relacionadas com as temperaturas de exposição e, conseqüentemente, com a perdas das propriedades mecânicas do betão, conforme se ilustra na fig. 2.2.

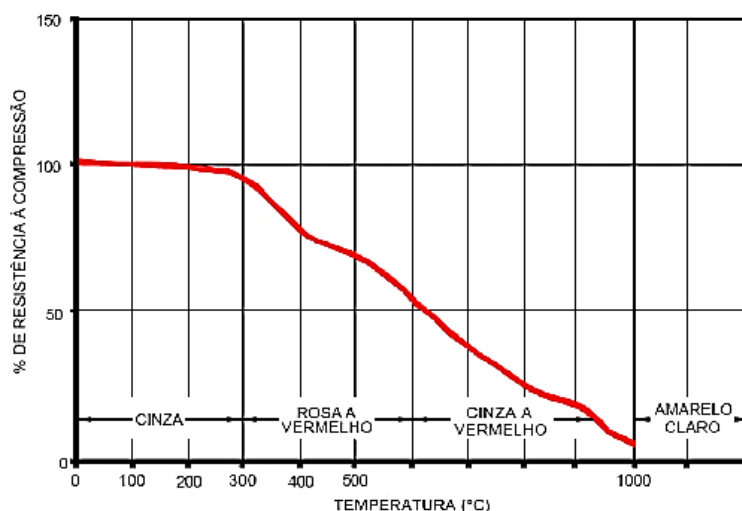


Fig. 2.2 – Relação entre a cor e a perda de resistência à compressão [6]

## **2.2.3 PROCESSOS QUÍMICOS**

### **2.2.3.1 Ácidos**

A ação dos ácidos sobre o betão consiste na conversão do hidróxido de cálcio, o silicato de cálcio hidratado e o aluminato de cálcio hidratado em sais de cálcio. Devido a estas transformações é afetada a capacidade de coesão do betão e resultam na destruição da pasta de cimento (lixiviação). A velocidade da reação é determinada pelo grau de solubilidade do sal de cálcio resultante da reação que aumenta com a temperatura e com a concentração do ácido.

### **2.2.3.2 Água Pura**

A água pura decompõe determinados compostos de cimento através da dissolução do hidróxido de cálcio e, até determinado ponto, os compostos de alumina. Ocorre o processo de lixiviação que consiste na dissolução do hidróxido de cálcio pela água, este tipo de ataque é um processo muito lento a menos que haja infiltração constante da água. O hidróxido de cálcio reagindo com o  $\text{CO}_2$  da atmosfera precipita sob a forma de carbonato de cálcio (crostas brancas).

### **2.2.3.3 Sais de Magnésio**

As soluções de magnésio reagem com o hidróxido de cálcio presente na pasta de cimento, para formar sais solúveis de cálcio que podem ser lixiviados. O ataque prolongado de soluções de magnésio pode evoluir até provocar a perda de algumas características cimentícias, com grande degradação do betão.

### **2.2.3.4 Sulfatos**

Os sulfatos podem ser encontrados em solos, dissolvidos em águas dos lençóis freáticos, em aterros contendo resíduos industriais e na água do mar.

O ataque de sulfatos é caracterizado pela reação química dos iões de sulfato com os compostos de alumina, os iões de sulfatos, cálcio e hidróxidos do cimento endurecido formando etringite e numa menor escala, gesso. A etringite é, em presença de água em quantidade suficiente, um composto expansivo (volume final da etringite pode atingir duas vezes e meia o inicial). Através do ataque de sulfatos formam-se tensões internas que originam expansões, fendilhação irregular, descamação, amolecimento e desintegração do

betão. Os ataques de sulfatos ao provocarem a deterioração superficial facilitam a penetração posterior de mais substâncias agressivas.

#### **2.2.3.4 Ataque álcali-agregado**

O ataque álcali-agregado ocorre quando os álcalis libertados pelo cimento hidratado reagem com os agregados cujos constituintes são reativos.

Normalmente ocorrem dois tipos de ataques:

- Ataque álcali-sílica
- Ataque álcali-carbonato

#### **Reações álcali-sílica**

Alguns tipos de rochas siliciosas reagem com o cimento formando um gel: um composto álcali-sílica de complexidade variável. Através dos complexos alcali-cálcio-sílica em redor dos agregados é transformado de um gel duro e sólido a um gel mole, que se dispersa finalmente em solução. Este ataque produz uma reação expansiva, em que os agregados aumentam de volume na presença de humidade, provocando tensões internas que conduzem à fendilhação generalizada do betão. Cria-se um mapa de fendilhação irregular em que geralmente é acompanhado pelo aparecimento de eflorescências.

#### **Reações álcali- carbonatos**

A reatividade dos carbonatos envolve rochas com carbonatos numa série complexa de reações cuja natureza depende dos agregados, do cimento e do microclima. Tal como nas reações anteriores, os álcalis libertados da pasta de cimento ou de outras fontes reagem com os agregados com carbonatos. Um aspeto típico destas reações é a formação de zonas de reação que podem atingir 2mm de largura em torno das partículas dos agregados [2]. A fendilhação desenvolve-se extensivamente no seio destes anéis tanto paralelos à interface como numa direção radial. As fendas radiais estendem-se lentamente, juntando-se a outras fendas na pasta. O desenvolvimento de uma rede de fendas, a perda de adesão entre o agregado e a pasta, conduz, eventualmente, à deterioração do betão [7]

## **2.2.4 PROCESSO BIOLÓGICOS**

O desenvolvimento de musgo, líquenes, raízes de plantas ou de árvores que penetram através das fendas e pontos fracos de estruturas de betão pode provocar aumento da fissuração, fazer reter a humidade à superfície do betão, eventualmente de vido a ciclos de gelo/degelo, e conseqüentemente provocar deterioração do betão. O desenvolvimento de micro-organismos pode implicar a formação de ácido húmico, que ataca a pasta de cimento contribuindo para a deterioração do betão.

O ataque biológico mais frequente, é o que se verifica em sistemas de águas residuais onde se desenvolve sulfureto de hidrogénio, a partir de sulfato ou proteínas das águas residuais, em condições anaeróbias, ausência de oxigénio. Acima do nível da água o sulfureto de hidrogénio pode ser oxidado por ação bacteriológica formando-se ácido sulfúrico que ataca o betão.

## **2.3 DETERIORAÇÃO DAS ARMADURAS**

### **2.3.1 CORROSÃO DAS ARMADURAS**

A corrosão das armaduras é um dos fatores com maior impacto na durabilidade das estruturas de betão armado, provoca a sua deterioração e integridade estrutural. Por este motivo de grande importância este tema é abordado com maior pormenor.

O betão confere proteção às armaduras, dado que constitui uma barreira física que o separa do meio ambiente e possui uma elevada alcalinidade que permite formar uma película fina de óxido de ferro na superfície do aço, sendo esta designada por camada de passivação.

A camada de passivação que protege a superfície do aço é criada automaticamente logo após o início da hidratação do cimento, esta camada adere fortemente ao aço. Assim, enquanto esta camada estiver presente o aço permanece intacto.

A corrosão de armaduras é o defeito mais frequente das construções de betão armado, resultando de duas principais causas:

- A carbonatação, pelo  $\text{CO}_2$  do ar, com o conseqüente abaixamento do ph do betão e seu efeito protetor.
- A presença de cloretos no betão que envolve as armaduras.

Estas causas principais podem ser agravadas por dois fatores:

- A presença de fissuras ou defeitos de compacidade do betão, que permitam a penetração de agentes agressivos.
- O recobrimento insuficiente.

Em ambos os casos, carbonatação e cloretos, a situação é a tipificada na figura 2.3. Verifica-se a existência de uma frente de alteração do equilíbrio eletroquímico das armaduras, que precede uma frente de delaminação, onde o betão de recobrimento se está a destacar. Num e noutro caso, o teor de humidade desempenha um papel fundamental: em ambiente seco ou saturado as reações químicas tendem a diminuir drasticamente de intensidade.

Na figura 2.3 apresentam-se três tipos de danos provocados no betão, resultantes da corrosão da armadura, nomeadamente a fendilhação, o destacamento e a delaminação.

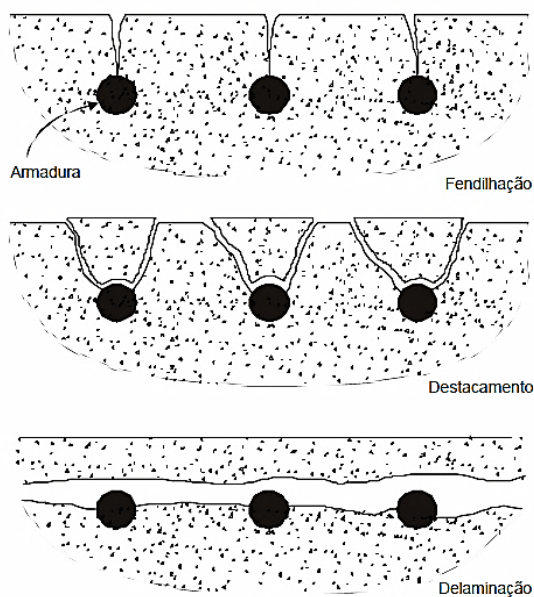


Fig. 2.3 – Danos provocados pela corrosão [8].

A fig. 2.4 apresenta um pilar com armaduras expostas causadas pela corrosão de armaduras, provocando o seu destacamento.

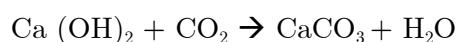


Fig. 2.4 – Corrosão de armaduras num pilar

### Carbonatação

A carbonatação do betão resulta da tendência do dióxido de carbono se combinar com as bases do cimento hidratado, produzindo-se compostos com pH mais reduzido. A reação mais simples e mais comum consiste na combinação do  $\text{CO}_2$  presente no ar com o hidróxido de cálcio libertado pela hidratação dos componentes do cimento. A passagem do hidróxido de cálcio a carbonato de cálcio, leva ao abaixamento do pH da solução de equilíbrio de 12,5 para 9,4.

Em termos muito simples, essa reação química pode ser traduzida pela fórmula:



Os silicatos de cálcio hidratados também se podem decompor por ação do dióxido de carbono, o mesmo acontecendo aos aluminatos de cálcio hidratados. Todas estas reações fazem baixar o pH. Quando o pH atinge valores da ordem dos 9,5, a película que reveste o aço perde a sua influência passivamente, podendo aquele começar a oxidar-se, devido à presença de água e de oxigénio.

O  $\text{CO}_2$  penetra nos poros do betão a partir da superfície, seguindo uma lei proporcional à raiz quadrada do tempo. O valor limite de penetração depende da permeabilidade do betão que, por seu turno, depende da sua estrutura porosa. A difusão do  $\text{CO}_2$  só é, no entanto, possível nos poros cheios de ar, pelo que o betão em ambiente saturado não fica carbonatado [5].

Na fig. 2.5 é ilustrada a perda da película de alcalinidade do betão ao longo do tempo representada pela cor roxa, sendo visível para este exemplo para o tempo de 20 anos, as armaduras perderam a película de alcalinidade estando expostas ao fenómeno da corrosão.

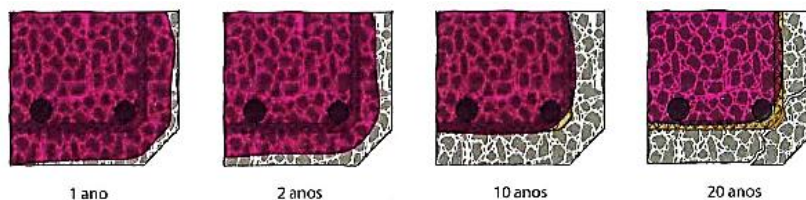


Fig. 2.5 – Perda da alcalinidade do betão

### Cloretos

Os cloretos no betão podem ter duas origens distintas, na sua constituição aquando do fabrico, agregados e na água de amassadura e na sua envolvente exterior. Qualquer que seja a sua origem externa, os cloretos penetram no betão através da água contendo cloretos, através da difusão dos iões na água e da absorção.

A prevenção da corrosão consiste no controlo da introdução de cloretos através da camada de recobrimento de betão. A introdução de determinados materiais cimentícios, reduzem significativamente a penetrabilidade do betão, aumentando a sua resistência, logo reduzindo a velocidade de corrosão.

Por exemplo, a introdução de 9% de sílica de fumo por massa de cimento conduz a uma difusidade do cloro cinco vezes inferiores [9]. A substituição de 40 % de cimento por cinzas volantes diminui, três vezes, o coeficiente de difusão de betões elevado desempenho [10].

O tempo que leva o início da corrosão é substancialmente reduzido se a cura for prolongada [10]

A espessura da camada de recobrimento da armadura é um fator importante no controlo de transporte de iões de cloro. Quanto maior for o recobrimento, maior será o intervalo de tempo necessário para que determinada concentração de iões de cloro atinja a superfície da armadura. Assim, a qualidade do betão e a espessura do recobrimento em conjunto, produzem uma melhor proteção das armaduras.

## Mecanismos da corrosão

Num modelo simplificado, o mecanismo da corrosão pode ser separado em dois processos: o processo catódico e o processo anódico como representado na fig. 2.6.

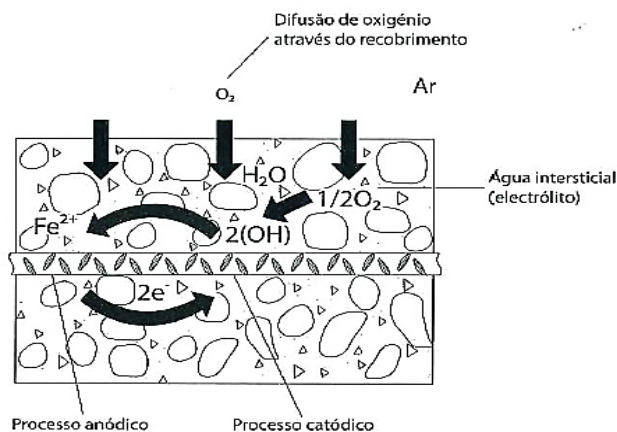


Fig. 2.6 – Modelo simplificado do mecanismo da corrosão [11]

Como consequência destes processos, a corrosão não ocorrerá nem no betão seco (onde o processo eletrolítico é impedido), nem no betão saturado de água (onde o oxigênio não pode penetrar), mesmo que a camada de passivação do ferro tenha sido destruída. As taxas de corrosão mais elevadas verificam-se nas camadas superficiais de betão submetido a ciclos alternados de secagem e molhagem.

Nas regiões anódicas, o filme passivo deverá ser destruído para haver corrosão; o processo catódico, no entanto, pode ocorrer mesmo com o filme passivo intacto. No caso da corrosão pelo cloro, este processo provoca o efeito de picada: a camada passiva é destruída apenas em alguns pontos, que correspondem a grandes regiões catódicas. Este efeito pode provocar reduções substanciais de secção dos varões naqueles pontos.

A corrosão da armadura no betão consiste na oxidação destrutiva do aço pelo meio que o envolve. A corrosão ocorre como resultado da formação de uma célula eletroquímica, sendo constituída pelos seguintes elementos:

- Um ânodo, onde ocorre a oxidação;
- Um cátodo, onde ocorre a redução;
- Um condutor metálico, por onde a corrente elétrica passa na forma de fluxo de eletrões

- Um eletrólito, no caso do betão armado, por onde a corrente elétrica é gerada pelo fluxo de iões no meio aquoso.

### **Efeitos da corrosão**

O processo de corrosão das armaduras leva à redução da secção e da aderência dos varões e a fendas no betão de recobrimento como ilustrado na fig. 2.3. A velocidade da corrosão é, geralmente, muito maior quando provocada pela presença de cloretos do que pela carbonatação.

Reduzindo-se a secção das armaduras e a sua aderência ao betão, diminui a capacidade resistente do elemento. A sua deformabilidade e resistência à fadiga podem, também, ser substancialmente afetados.

A corrosão provoca um aumento de volume do aço, teoricamente mais de seis vezes, dependendo do oxigénio disponível. Este aumento leva ao aparecimento de forças de tração normais às armaduras, que conduzem ao aparecimento de fendas no betão de recobrimento. Este efeito pode conduzir a uma rotura súbita, caso afete as regiões de amarração dos varões.

Quando a corrosão se dá em ambientes de baixa disponibilidade de oxigénio, o volume dos produtos da corrosão pode ser reduzido, apenas entre 50 e 200 por cento maior que o volume original. Neste caso, a corrosão progride lentamente e, em casos especiais, a ferrugem pode difundir-se nos poros e vazios do betão sem causar delaminação. Nestes casos, pouco frequentes, a corrosão das armaduras dá-se sem sinais visíveis, podendo provocar roturas súbitas.

Os fatores agravantes no processo de corrosão das armaduras são: fissuras, recobrimento insuficiente e porosidade excessiva.

Na fig. 2.7 é ilustrada a estanquicidade do betão comparando a diferença entre um betão com microfissuras não interligadas, à esquerda, e uma rede interligada, à direita.

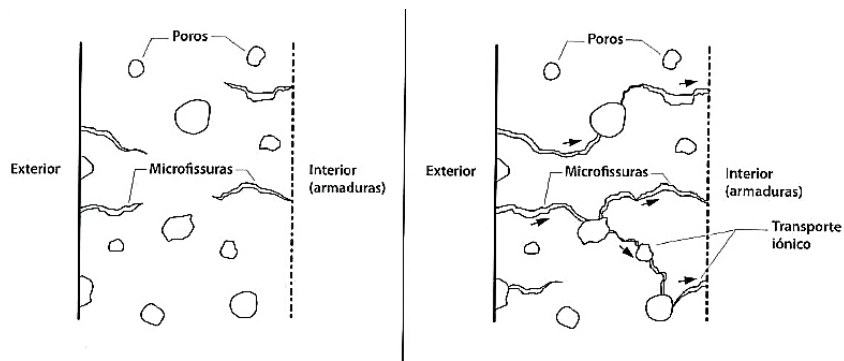


Fig. 2.7 – Estanquicidade do betão

A relação entre as causas e as anomalias comuns existentes na degradação do betão estão resumidas e representadas no quadro 2.1.

CAUSAS			Anomalias Comuns				
			Fendilhação	Delaminação	Desintegração	Deformação	Desgaste
Degradação do betão	Mecânica	Impacto	x		x	x	
		Cargas excessivas	x			x	
		Deslocamentos	x			x	
		Explosão	x	x	x	x	
		Vibração	x	x			
	Química	Reação álcali-inerte	x		x		
		Ag. Agressivos	x	x	x		x
		Ação biológica	x		x		
	Física	Ciclos gelo-degelo	x	x	x		
		Ação térmica	x			x	
Retração		x					
Erosão				x		x	
Utilização				x		x	
	Fogo	x	x	x	x		
Corrosão das armaduras	Carbonatação	x	x				
	Cloretos	x	x				
	Correntes Vagabundas	x	x				

Quadro 2.1 – Anomalias comuns em estruturas de betão armado [12]

## 2.4 BOAS PRÁTICAS DE PROJETO E DE EXECUÇÃO

### 2.4.1 INTRODUÇÃO

No início da utilização do betão armado as peças eram fabricadas com grandes secções e as armaduras utilizadas eram de aço macio, estes fatores contribuíam para que a duração das armaduras fosse longa.

Com o evoluir do tempo, a ciência do fabrico do betão foi aprofundada. A melhoria de determinados aspetos como a composição do betão, as propriedades dos ligantes, o aperfeiçoamento dos métodos de cálculo de estruturas, entre outros, resultou num aumento da resistência à compressão do betão [13].

A fig. 2.8 ilustra a evolução das resistências médias à compressão do betão aos 28 dias fabricado com cimento Portland, demonstrando a melhoria a que o betão foi sujeito desde os primórdios da sua utilização.

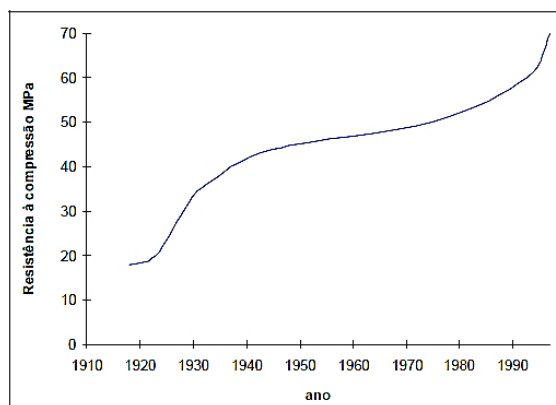


Fig. 2.8 – Evolução, das resistências médias à compressão do betão aos 28 dias

Melhorando os aspetos supracitados e com a finalidade de aumentar a produtividade e reduzir custos, os projetistas reduziram secções dos elementos estruturais, aumentando a esbeltez das estruturas e reduzindo o recobrimento das armaduras. Estas mudanças na mentalidade dos projetistas refletiram-se negativamente nas construções, pondo em causa a durabilidade destas favorecendo a tendência à fissuração e reduzindo a proteção as armaduras.

A partir da segunda metade do século XX, denotou-se esta mudança de paradigma, visível nas inúmeras estruturas de betão armado a sua deterioração e custos elevados para a sua

reabilitação. Um dos principais fatores para esta deterioração foi o aumento exponencial dos níveis de poluição e agressividade do meio.

Devido a estes fenómenos, começou a estudar-se os fatores que contribuía para a deterioração e a inclusão em normas de parâmetros de projeto relativos à durabilidade das estruturas de betão armado. Na atualidade os diversos fatores que contribuem para a deterioração de elementos estruturais, estão devidamente identificados e estudados, assim sendo implementou-se um novo conceito que inicialmente era desprezado, a durabilidade.

Para se obter um betão de boa qualidade é necessário definir dois aspetos importantes: o desempenho do betão e a sua durabilidade.

Para uma melhoria do desempenho do betão, é necessário atuar em duas fases:

- a) Ao nível do projeto de estrutura e arquitetura
- b) Ao nível de processos de execução da obra e nos procedimentos relativos à inspeção e manutenção

#### **2.4.2. CONCEÇÃO DO PROJETO**

O principal objetivo do projetista é projetar estruturas económicas, com o nível de segurança exigido nos regulamentos, de modo a desempenhar satisfatoriamente as funções para as quais foi concebido e durante o período de vida previsto. Um dos principais fatores para uma longa vida útil de uma estrutura é a durabilidade.

O controlo da durabilidade de estruturas de betão armado será um dos principais desafios do projetista. O passado demonstrou que o procedimento tradicional de projeto, construção e uso de estruturas de betão armado não tem resultado no desempenho de longa duração esperado. Atualmente percebe-se a importância do conceito durabilidade, pois é parte essencial na qualidade e desempenho das estruturas e que a qualidade e custo total incluem não só o custo de construção mas também o de manutenção e reparação, sendo uma exigência cada vez mais expressa pelos donos de obra para uma longa vida útil da estrutura.

A durabilidade das estruturas de betão é geralmente baseada em requisitos prescritivos. Exemplo disso são as exigências de recobrimento mínimo, máxima razão água/cimento, quantidade mínima de cimento e tipo de cimento. Ao aplicar estes requisitos, o projetista

assume que uma determinada estrutura atinge uma vida de serviço longa mas não especificada, isto é, não quantificada. Esta situação é, em muitos casos, inaceitável. [14]

A aplicação de metodologias probabilísticas ao projeto de durabilidade e avaliação de estruturas tem contribuído com maior realismo na avaliação de estruturas. Apesar de haver uma falta de informação base para este tipo de aplicação, esta abordagem já foi aplicada com sucesso a diversas estruturas de betão em que os requisitos de durabilidade e de desempenho de forma especificados [15].

De forma análoga ao procedimento de projeto estrutural, o projeto de durabilidade deve ser baseado no desempenho tendo em conta a natureza probabilística da agressividade ambiental, dos processos de degradação e das propriedades dos materiais envolvidos. [14]

Um projeto arquitetónico pensado do ponto de vista de durabilidade traduz-se num desempenho excelente ao longo do tempo. A complexidade da forma estrutural, tanto na utilização como na execução, diminui a vida útil e necessita de maior manutenção.

Para além do projeto arquitetónico é necessário um projeto estrutural bem concebido, de modo a estrutura possuir um bom desempenho estrutural tendo em conta o fim a que se destina, cargas atuantes, correto dimensionamento das secções e armaduras, etc. Na fig. 2.9 é ilustrada uma anomalia resultante de um dos fatores supra citados, correto dimensionamento das armaduras, neste caso é notório o espaçamento inadequado resultando numa fraca compactação do betão face a uma solução bem dimensionada.

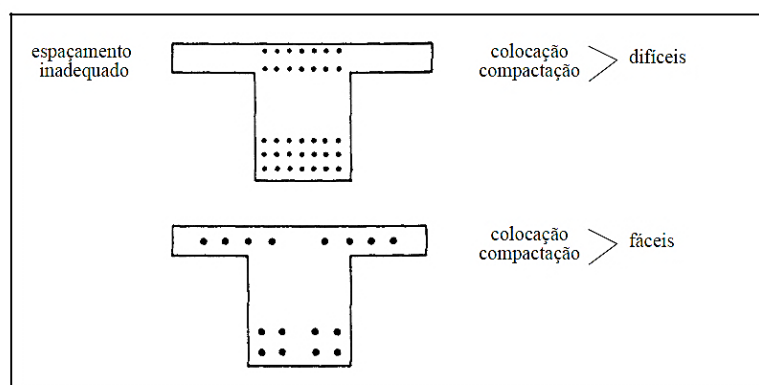


Fig. 2.9 – Projeto de pormenorização armaduras

De seguida apresentam-se alguns exemplos simples de princípios gerais para o projeto [12]

- Evitar situações onde a água se escoe sobre o betão ou junta de betonagem. Se a água proveniente da chuva, da neve ou do gelo se escoar sobre o betão, a água e agentes agressivos como os cloretos podem penetrar no betão, ou o betão pode ser lixiviado pela passagem da água. Situações em que a água fique parada devem ser evitadas.
- Condições que podem levar à criação de grandes fendas devem ser evitadas. Mudança súbita de secção resulta na concentração de tensões. A aplicação de forças concentradas devido à ancoragem de cabos de pré-esforço ou devido a reações dos suportes, podem criar forças locais, podendo provocar fendas se não forem tratadas com a armadura adequada.
- Fornecer proteção especial para o betão, recorrendo por exemplo a cofragem, sistema CPF, consiste no controlo da permeabilidade da cofragem. Obtendo-se um betão sem vazios, com elevada resistência na zona de recobrimento das armaduras garantindo maior durabilidade e sustentabilidade à construção.
- Fornecer proteção especial para armadura contra a corrosão, recorrendo a maiores recobrimentos, películas protetoras, proteção catódica, inibidores de corrosão, entre outros.
- Efetuar inspeções periódicas regulares de modo a detetar com a devida antecedência os problemas e introduzir rotinas de manutenção.

Resumidamente, é necessário conceber esquemas simples de armaduras e secções, pois soluções complexas traduzem-se em geral em problemas influenciando a sua durabilidade, ver figura 2.10.

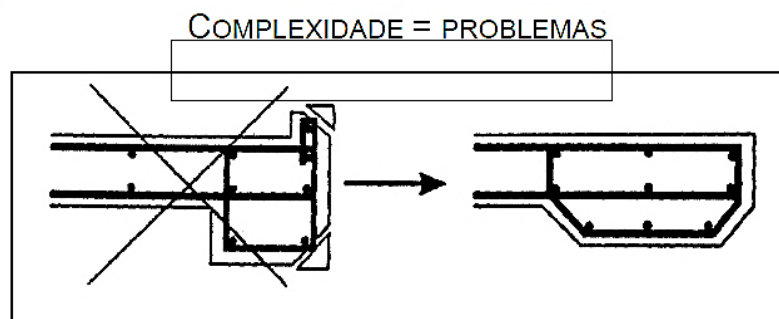


Fig. 2.10 – Simplicidade implica durabilidade

### **2.4.3. PROCESSO DE EXECUÇÃO**

Segundo inspeções realizadas em estruturas de betão armado, verificou-se deterioração prematura que na maioria dos casos deveu-se a erros cometidos na fase de execução ou imediatamente a seguir.

A utilização de composições inadequadas, fraca qualidade de mão-de-obra e cura insuficiente resulta em danos, causados devido à elevada permeabilidade do betão e insuficiente recobrimento da armadura, sendo este último, o fator mais importante na determinação da durabilidade de uma estrutura [12].

No processo de execução de estruturas de betão devem ser seguidas as referências segundo a NP EN 13670 [16].

#### **2.4.3.1. Amassadura**

A operação de amassadura do betão tem por objetivo cobrir a superfície de todas as partículas de agregados com pasta de cimento, e misturar todos os ingredientes do betão numa massa homogénea. Neste processo é essencial que todos os componentes do betão formem um todo homogéneo.

Geralmente, a amassadura é realizada com recurso a betoneiras. Estas possuem pás rotativas que promovem a amassadura. A uniformidade do betão não deverá ser afetada pelo processo de descarga da betoneira [16].

Algumas regras a cumprir no processo de amassadura:

- Não colocar o cimento em primeiro lugar: Com betoneira seca perde-se cimento; Com betoneira molhada o cimento adere às superfícies do tambor.
- Segundo muitos autores o mais importante para a homogeneidade do betão consiste no número de rotações do tambor e não no tempo.
- O transporte às vezes a distâncias consideráveis pode implicar a perda de trabalhabilidade.
- O uso adicional de água provoca redução de resistência e durabilidade.
- Normalmente o betão deve ser descarregado do camião no máximo até 1 hora e 30 minutos.

### **2.4.3.2. Transporte**

Existem vários métodos de transporte do betão da betoneira para o seu local de aplicação, a escolha do método depende da quantidade de betão a transportar e em termos económicos. Exemplo de vários métodos: carrinhos de mão, baldes, camiões, bombas, telas transportadoras, entre outros, sendo a bombagem o mais utilizado e recomendado.

A condição fundamental para o sistema de transporte é que este não provoque segregação.

### **2.4.3.3. Colocação**

As operações de colocação e compactação são executadas quase em simultâneo. São estas operações que influenciam os requisitos de resistência e de durabilidade do betão endurecido na estrutura final.

Durante a colocação, o objetivo principal é de depositar o betão o mais próximo possível da posição final, de modo a evitar a segregação e garantir a compactação adequada. De modo a atingir este objetivo, as seguintes regras devem ser cumpridas:

- Não permitir que o betão seja lançado de alturas muito elevadas de modo a evitar a segregação.
- A colocação do betão no local exato evita a necessidade de o movimentar.
- Se o betão tiver de ser lançado de uma altura de queda superior a 1,5 m, deve ser utilizada uma manga ou um tubo de queda.
- Se for necessário movimentar o betão, deve-se recorrer a uma pá ou um ancinho e nunca ao vibrador.
- Em paredes deve-se colocar e compactar o betão por camadas de espessura inferior a 0,5 m.
- A velocidade de colocação e compactação deverá ser a mesma.
- Evitar a deslocação da cofragem e da armadura devido ao processo de colocação do betão.
- O betão deve ser colocado num plano vertical para evitar segregação durante a colocação.

#### **2.4.3.4. Compactação**

A compactação consiste em tornar o betão mais compacto possível provocando a saída do ar e facilitando o arranjo interno das partículas. O processo de compactação do betão é fortemente influenciado pela qualidade da mão-de-obra.

Regras a cumprir na compactação:

- Utilizar uma agulha vibradora com a frequência e o diâmetro adequados
- Dispor sempre em obras de um vibrador de reserva.
- O período de vibração deve variar consoante a consistência do betão utilizado
- Evitar o contacto do vibrador com as armaduras e/ou cofragem.
- Quando se compactar uma nova camada, deve inserir-se o vibrador 10 cm na camada anterior para garantir uma boa interligação entre ambas.
- Verificar a cofragem e as juntas.
- Deixar o betão assentar completamente.
- A libertação de bolhas de ar deve assemelhar-se à da água a ferver.
- A compactação deverá ser suficiente quando a superfície do betão apresentar um brilho contínuo.

#### **2.4.3.5. Cura**

O termo Cura é a designação dada aos procedimentos utilizados para promover a hidratação do cimento e, portanto, o desenvolvimento da resistência do betão. Os procedimentos de cura estão relacionados com a temperatura e o movimento de humidade entre o betão e o exterior. Este último afeta não só a resistência, como também a durabilidade, provocando patologias como a fendilhação devida à retração.

Esta fase constitui a última do processo de fabrico de betão, e à semelhança das anteriores é de relevante importância.

Para garantir um betão de boa qualidade, segue-se à colocação e compactação do betão um período de cura adequada ao ambiente, durante o qual se dá o endurecimento inicial do mesmo. [17].

O betão nas idades jovens deve ser objeto de cura e proteção para: evitar a retração plástica, assegurar uma resistência superficial adequada, assegurar uma durabilidade

adequada na zona superficial, assegurar resistência à congelação, proteger contra vibrações prejudiciais, impacto ou danos.

Tradicionalmente no processo de cura coloca-se descofrante nos moldes antes da betonagem, deixando os elementos cofrados durante um determinado período de tempo. Se as cofragens forem retiradas antecipadamente, o betão deve ser molhado e envolvido em folhas de polietileno ou outras matérias de modo a evitar a evaporação da água a partir da superfície do betão. A molhagem periódica superficial do betão após a retirada da cofragem, permite garantir a hidratação contínua deste.

Em grandes superfícies, de modo a ser evitada a fendilhação superficial durante o processo de secagem, a perda de água deve ser evitada aplicando uma cobertura suspensa por cima da superfície do betão. A superfície do betão pode ser também coberta com uma membrana impermeável.

A velocidade de endurecimento do betão depende de vários fatores, sendo os mais influentes, a temperatura e a humidade.

#### **2.4.4. DEFEITOS DE PROJETO E EXECUÇÃO**

##### **2.4.4.1. Posicionamento da armadura**

O incorreto posicionamento da armadura é um aspeto importante que contribui para deterioração das estruturas de betão armado. Este incorreto posicionamento pode advir das seguintes situações:

- Má interpretação dos elementos do projeto
- Defeitos nas plantas
- Insuficiência ou excesso de armadura
- Qualidade das armaduras
- Posicionamento das armaduras
- Ausência de recurso a dispositivos adequados como espaçadores
- Ausência de passagens sobre as armaduras de modo a evitar o seu deslocamento

O insuficiente recobrimento, conduz a uma redução do tempo de vida (com base na corrosão da armadura) em 15 % da vida útil, conforme ilustrado na fig. 2.12.

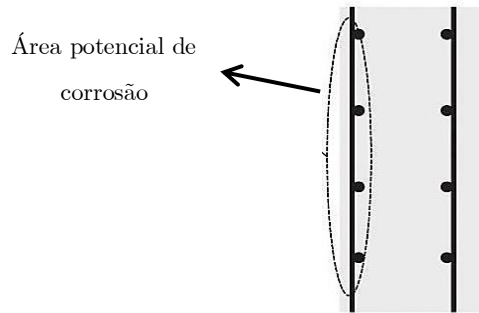


Fig. 2.11 – Recobrimento insuficiente

Antes da colocação do betão deve ser garantida uma boa fixação das armaduras para evitar os deslocamentos, pois podem surgir deslocamentos tornando o espaçamento irregular conforme a figura 2.12.

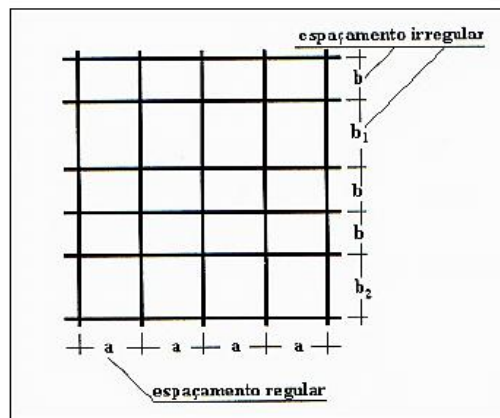


Fig. 2.12 – Espaçamento irregular em armaduras de lajes

Conforme o esquema da figura 2.13 de uma consola, podemos verificar que devido ao deslocamento de armadura, ela pode ficar demasiado abaixo do que seria suposto. A redução da altura útil pode originar fendas na secção de momentos negativos máximos.

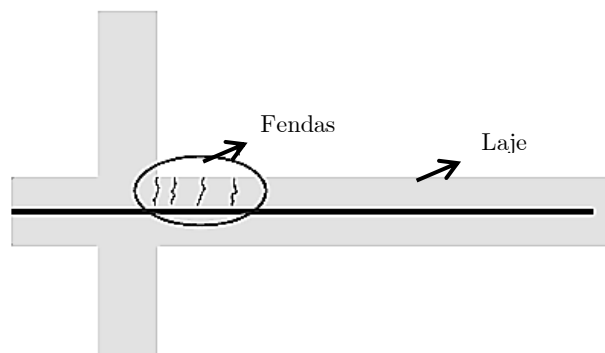


Fig. 2.13 – Redução da altura útil

Por vezes, as restrições geométricas são muito rigorosas e as elevadas solitações de cargas externas, conduzem a elevadas quantidades de armadura. Se a secção possuir uma elevada densidade de armaduras torna-se muito difícil ou mesmo impossível uma correta compactação do betão envolvendo as armaduras e preenchendo as áreas inferiores. Deste modo provoca vazios e maior porosidade do betão pondo em causa a capacidade de carga e a durabilidade do elemento estrutural devido a condições propícias de acelaramento da taxa de corrosão.

Para os casos em que existe uma elevada densidade de armaduras é recomendável a utilização de betão auto – compactável, dado este possuir capacidade de fluir sob seu próprio peso e envolver corretamente as armaduras sem necessidade de compactação.

A fig. 2.14 exemplifica um caso em que não é cumprido o espaçamento mínimo da armadura. Este espaçamento mínimo deve ser compatibilizado com o diâmetro do varão e dimensão dos agregados do betão.

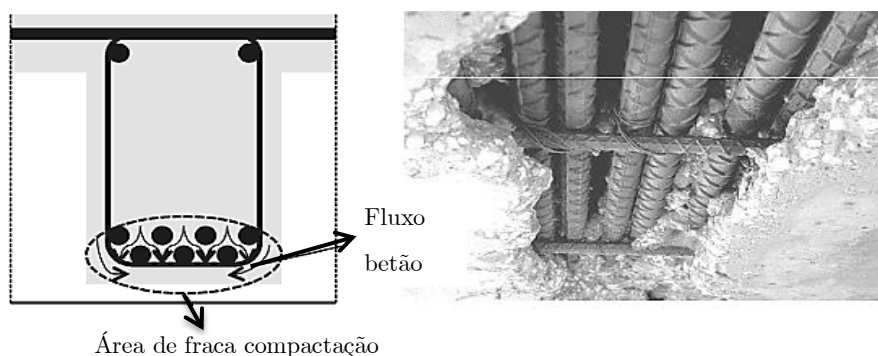


Fig. 2.14 – Excesso de armadura provocando fraco posicionamento

#### 2.4.4.2. Cofragem

A cofragem é o termo que designa o molde que sustenta o betão fresco e lhe confere a forma final pretendida enquanto este não possui resistência de modo a se autossustentar. O dimensionamento dos sistemas de cofragens não deve ser desprezado, pois um mau dimensionamento ou execução podem provocar danos e custos elevados de materiais ou equipamentos.

Na execução de cofragens decorrem os principais erros: deformabilidade do molde, deformabilidade do escoramento, falta de estanquidade e aderência do betão ao molde

### **Insuficiente resistência das cofragens**

Um dos fatores que influencia a resistência das cofragens é a pressão lateral que o betão exerce, a ação do betão a considerar é o seu peso próprio.

O tempo que o betão demora a passar do estado fluido ao sólido tem um efeito considerável sobre a pressão lateral que atua sobre as cofragens. O início de presa traduz-se na diminuição da pressão sobre a cofragem, pois é partir deste instante que o cimento endurece começando a diminuir a pressão na cofragem.

O vazamento ou deslocamento da cofragem pode provocar danos no betão, ver fig. 2.15, como a porosidade ou fendas e uma superfície irregular, devendo assim a cofragem possuir características de resistência e estanquicidade. As superfícies interiores das cofragens devem estar livres de substâncias estranhas.



Fig. 2.15 – Danos no betão devido ao seu vazamento através da cofragem

Uma das anomalias devido a cofragens deficientes é a existência de vazios e ninhos de brita, mas esta anomalia também advém de outros erros de execução como: vazios no betão devido à falta de pasta em torno dos agregados maiores, geralmente em elementos densamente armados, empalmes e elementos estreitos, compactação deficiente e perda de finos pela cofragem.

Durante a colocação do betão, se o suporte deste não estiver em perfeitas condições como ser estanque, vai permitir a saída de finos e ter como consequência a acumulação de agregados, ilustrado na fig. 2.16. Estes fatores vão induzir a uma deterioração por corrosão precoce.

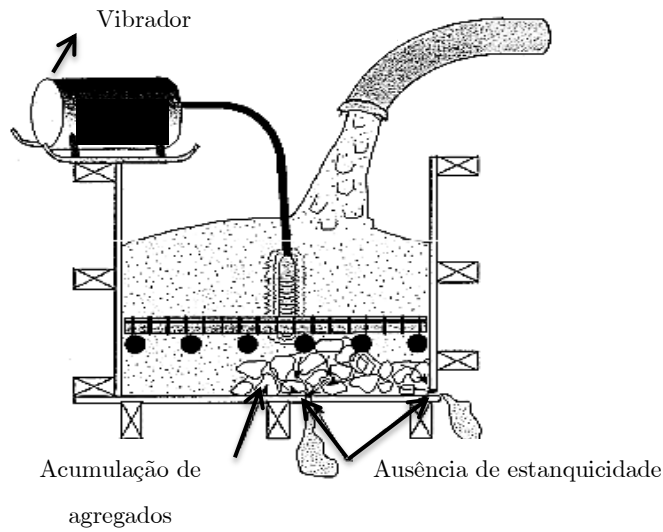


Fig. 2.16 – Cofragem deficiente

A superfície das cofragens deve estar bem preparada antes da solidificação do betão, aplicando-se descofrantes, de modo a ter a certeza de que o betão não ficará agarrado à superfície da cofragem o que poderá causar danos na superfície do betão.

A utilização do óleo de descofragem deve ser em quantidades moderadas, pois uma elevada aplicação poderá causar danos, como vazios e descoloração.

Na fig. 2.17 observa-se a remoção prematura da cofragem e do respetivo escoramento antes do betão atingir propriedades resistentes adequadas, tendo como consequências a fendilhação, deformações e eventual colapso.

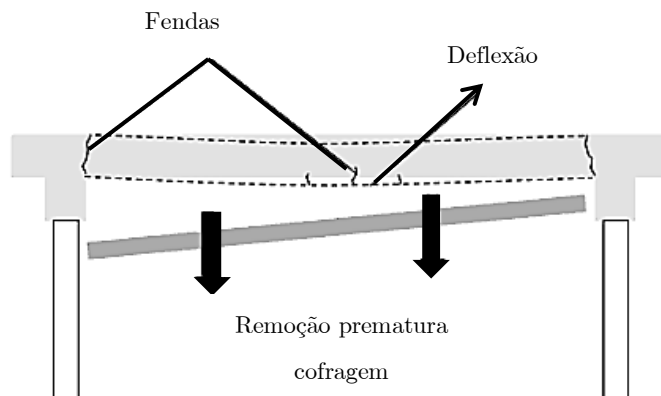


Fig. 2.17- Remoção prematura cofragem

#### 2.4.4.3. Segregação

A segregação é uma anomalia que se deve à distribuição não – uniforme dos constituintes do betão, deposição dos agregados, pasta e finos que surgem à superfície, composição do betão, incorreta deposição do betão e excesso de vibração, representado na fig. 2.18.



Fig. 2.18 – Segregação

#### 2.4.4.4. Juntas de betonagem

As juntas de betonagem são zonas de descontinuidade em que é possível dividir uma estrutura de betão, permitindo que seja betonada, tratada e finalizada em diferentes períodos. Uma junta de betonagem será sempre um ponto de fraqueza estrutural, já que a continuidade e o monolitismo da estrutura é interrompido, com consequências diretas na redução da sua rigidez. Segundo a NP EN 206 -1 (2007)[18], as juntas de betonagem devem localizar-se, tanto quanto possível, nas secções menos esforçadas das peças, com uma orientação aproximadamente coincidente com a direção das tensões principais de tração.

Se não existir um controlo de qualidade na execução da junta, podem surgir os seguintes defeitos como a falta de ligação entre betões de diferentes idades (fases de betonagem), mau tratamento da superfície endurecida e betonagens muito espaçadas no tempo, ilustra na fig. 2.19.

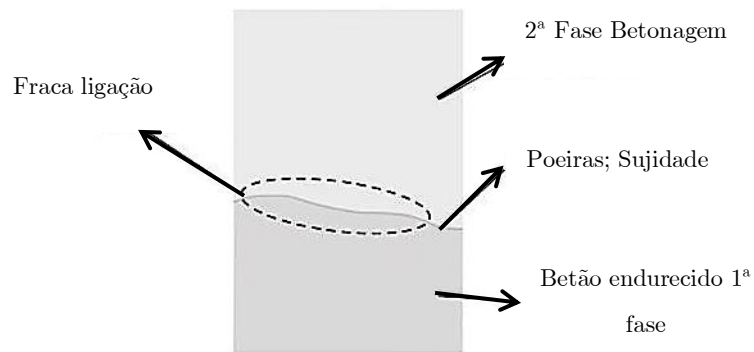


Fig. 2.19 – Junta de betonagem

#### 2.4.4.5. Assentamentos plásticos

O aparecimento de assentamentos plásticos, conforme a fig.2.20, deve-se às seguintes possíveis causas: assentamento do betão fresco junto das armaduras e provocado por má vibração do betão, teor elevado de finos, teor elevado de água e movimento da cofragem.

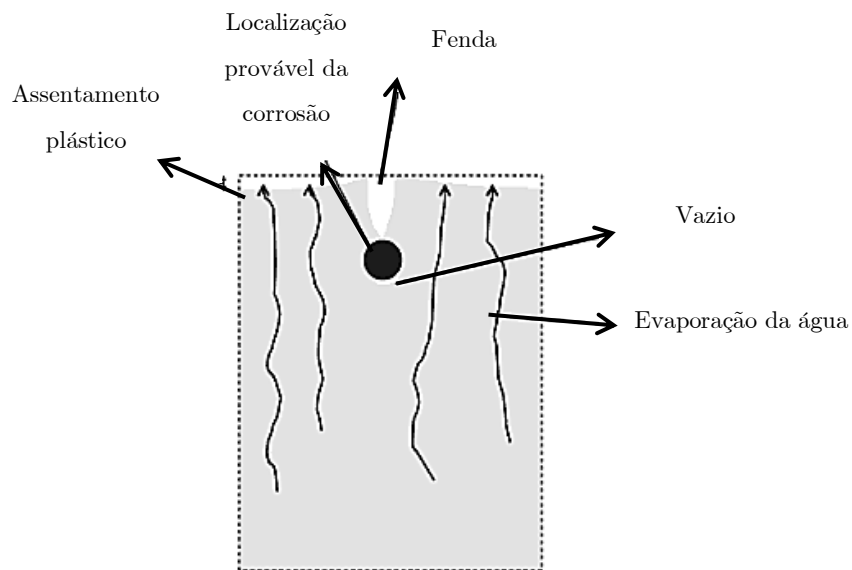


Fig. 2.20 – Assentamentos plásticos

#### 2.4.4.6. Retração plástica

A retração plástica consiste na redução de volume pela perda de água do betão no estado plástico. A retração plástica raramente fratura o agregado, mas separa a volta do agregado.

As causas para o aparecimento da retração plástica são: perda de água do betão fresco (evaporação) e agravada por insolação e vento. A retração plástica conduz ao aparecimento de fendilhação superficial, ilustrada na fig.2.21.

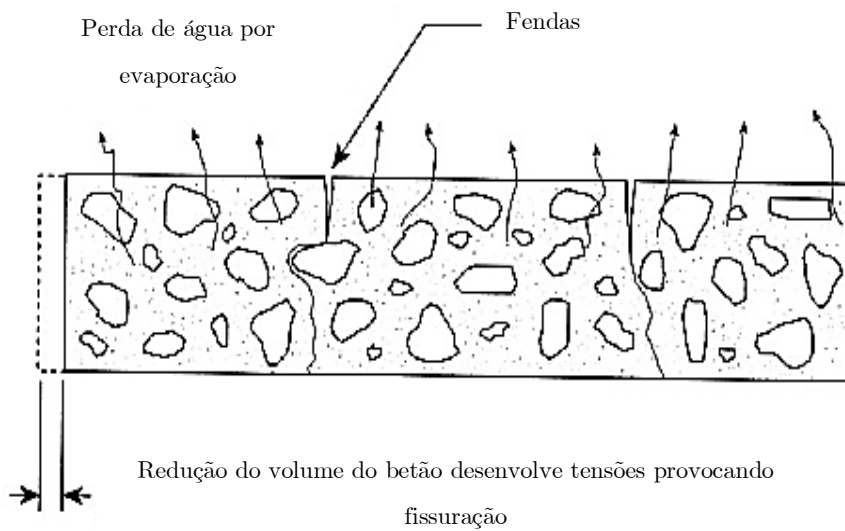


Fig. 2.21 – Retração plástica

## **3 AVALIAÇÃO DO ESTADO DA ESTRUTURAS DE BETÃO**

### **ARMADO**

#### **3.1 CLASSIFICAÇÃO**

A avaliação do controlo de qualidade e de durabilidade do betão torna-se cada vez mais importante face aos cenários de degradação em estruturas de betão armado que são cada vez mais frequentes. Os métodos de ensaios podem ser classificados em destrutivos e não destrutivos (NDT).

#### **3.2 AVALIAÇÃO IN SITU DAS CARACTERÍSTICAS DO BETÃO**

##### **3.2.1. ASPETOS GERAIS**

A avaliação in situ das características do betão implica a planificação dos trabalhos a conduzir em obra, ou seja, a definição de um programa de ensaios, nos quais devem existir objetivos, realizados de acordo com o elemento e a estrutura em causa. Deste modo serão especificados meios e as formas de se atingirem tais objetivos com um nível de confiança satisfatório aliando as condições económicas.

Considerações na definição de um programa de ensaios [19]:

- a) Em primeiro lugar, será necessário possuir-se informação acerca do leque de ensaios disponíveis capazes de conduzir aos objetivos pretendidos; a sua adequabilidade às condições “in situ”; a existência de correlações adequadas com a propriedade desejada ou a necessidade de serem obtidas correlações específicas para o betão em causa; a fiabilidade dos resultados, o seu número e localização tendo em conta a natureza da investigação e a precisão requerida; as disposições normativas que condicionam a aplicação de cada método face às dimensões dos elementos sob investigação; a variabilidade da resistência no interior dos elementos em consequência dos trabalhos de colocação, compactação e cura; a representatividade da zona de ensaio em relação ao betão a maiores profundidades e, não menos importante, o efeito da aplicação do ensaio na aparência da superfície dos elementos.
- b) Em segundo lugar, deve-se conhecer, com alguma profundidade, as limitações naturais inerentes a cada equipamento de ensaio, no que diz respeito à operação

segurança e à variabilidade dos resultados quando em condições ambientais extremas. A calibração dos aparelhos deve ser sempre verificada e os equipamentos devem ser manuseados por operadores experientes.

- c) Em terceiro lugar, a inspeção visual “in situ” das condições de aplicação dos ensaios deve ser tida em conta como um preliminar essencial à elaboração de um programa de ensaios. Podem ser, por um lado, contabilizados fatores como sejam o estado de conservação das superfícies, a deformação dos elementos, a fendilhação, a presença de defeitos locais, a influência da carbonatação e outras situações relacionadas com a durabilidade do betão. Por outro lado poderá servir para localizar superfícies livres para aplicação dos ensaios, localizar armaduras, ou até mesmo para localizar fontes de energia ou de abastecimento de água e outras condições similares que poderão ser condicionantes para alguns dos ensaios.
- d) Em quarto lugar, devem ser observados os aspetos relacionados com a localização geográfica, facilidade de transporte do equipamento de ensaio, acessibilidade, condições ambientais e de segurança dos técnicos e do público em geral, a eventual necessidade de realização de trabalhos de reparação dos danos causados pelos ensaios, assim como a necessidade ou não de restrição ao uso da estrutura durante a intervenção, a sua duração e possíveis atrasos. Neste grupo poderá ainda ser incluída a análise dos custos económicos previstos, certamente, um dos condicionantes do programa de ensaios

A fig. 3.1 ilustra uma definição geral dos ensaios, onde se identifica as várias etapas envolvidas no processo.

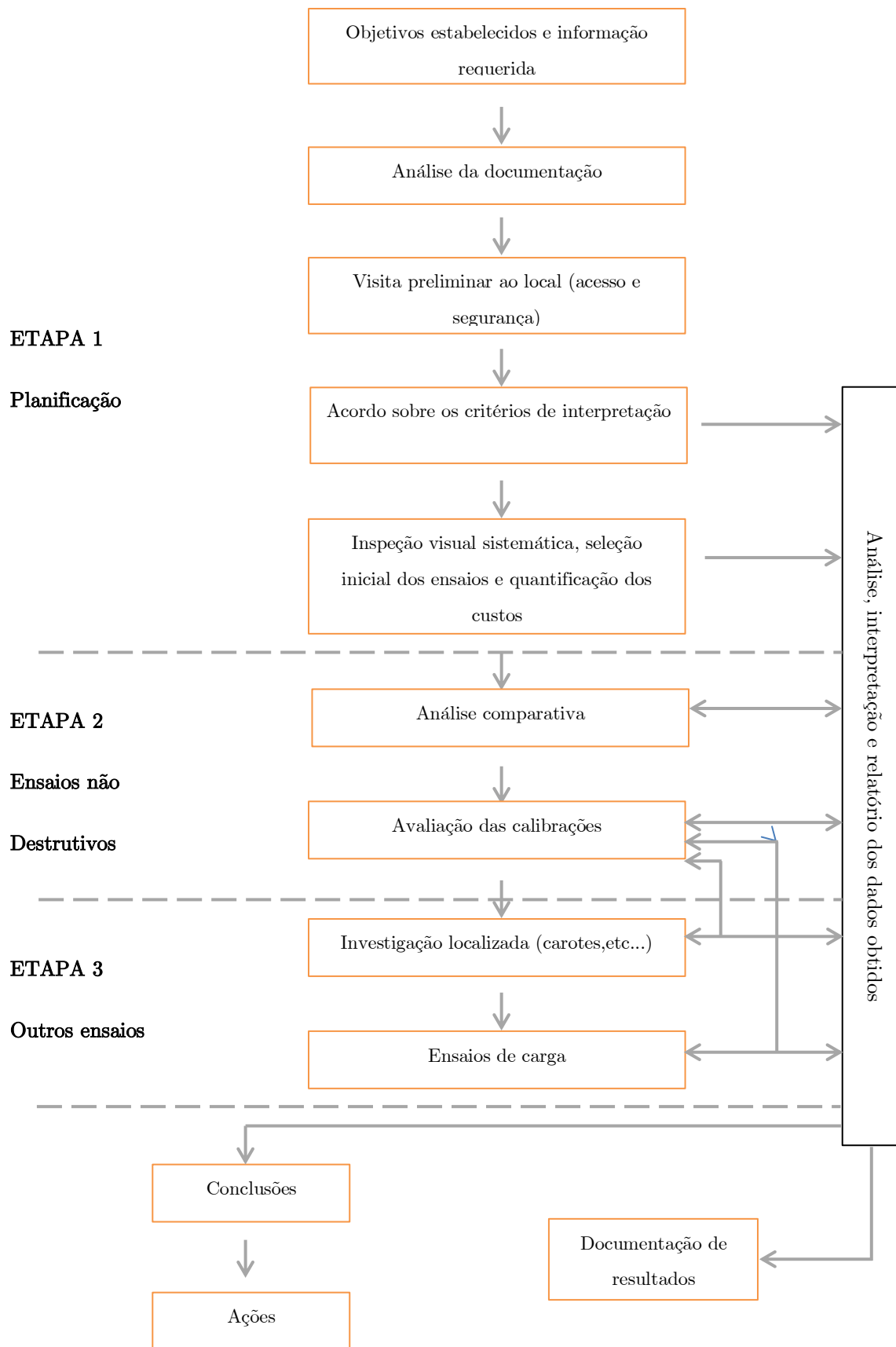


Fig. 3.1 – Etapas típicas de um programa de ensaios [19]

### 3.3. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Ensaio não destrutivo (NDT), são ensaios praticados a um dado elemento que não altere de forma permanente as suas características. Estes representam um conjunto amplo de técnicas de análise de modo a avaliar as propriedades de um dado elemento.

Os métodos não destrutivos também podem ser combinados com métodos destrutivos, aplicados localmente, servindo os segundos para “calibrar” os primeiros. Por exemplo: pode aumentar-se a exatidão da avaliação do recobrimento das amaduras de um elemento de betão armado com o pacómetro se se fizer uma sondagem no elemento e uma medição local do recobrimento local.

Os ensaios mais usuais na inspeção de estruturas de betão armado são:

- Ensaio esclerométrico
- Ensaio de ultrassons em betão
- Determinação do teor de cloretos no betão
- Detecção de armaduras e avaliação do seu diâmetro e recobrimento
- Termografia
- Ensaio carbonatação
- Avaliação do risco de corrosão ativa das armaduras através da medição da resistividade do betão

#### 3.3.1. ENSAIO ESCLEROMÉTRICO

O esclerómetro representado na fig. 3.2 e fig. 3.3, é um aparelho que permite obter “in situ”, de uma forma simples e não destrutiva a resistência à compressão de elementos de betão. O índice esclerométrico determinado pode ser usado para avaliar a uniformidade do betão in situ, para delinear zonas ou áreas de qualidade deficiente ou estruturas com betão deteriorado.

O método consiste numa massa impelida por uma mola que embate num percutor em contacto com a superfície e o resultado é expresso em termos da distância repercutida pela massa.

Os aparelhos utilizados no ensaio esclerométrico são: o martelo esclerométrico, bigorna de calibração e a pedra abrasiva.

Na área de ensaio é necessário que os elementos de betão possuam no mínimo 100 mm de espessura e que estejam fixos à estrutura e que possuam uma área aproximadamente de 300 mm x 300 mm, podendo ser ensaiados provetes pequenos desde que devidamente fixados rigidamente. Uma superfície com áreas com buracos, obturadas, textura rugosa e elevada porosidade devem ser evitadas.

Para a seleção de uma determinada área de ensaio é necessário considerar os seguintes fatores:

- a) Resistência do betão
- b) Tipo de superfície
- c) Tipo de betão
- d) Condições de humidade da superfície
- e) Carbonatação
- f) Movimento do betão a ensaiar
- g) Direção do ensaio
- h) Outros fatores apropriados

Na preparação do ensaio as superfícies dos elementos a ensaiar deverão ser cuidadosamente preparadas, usando uma pedra abrasiva, desgastando com força as superfícies brandas ou rugosas, ou superfícies com argamassa solta, até que estas se apresentem lisas.

Após a preparação do ensaio deve existir uma preparação preliminar, que consiste na ativação do esclerómetro no mínimo três vezes antes de efetuar qualquer leitura, para garantia de um perfeito estado do equipamento. Antes da sequência de ensaios é necessário a calibração do esclerómetro usando a bigorna de aço e manuseamento deste com temperaturas compreendidas entre 10° C a 35° C.

No ensaio de resistência superficial, o esclerómetro deve ser segurado firmemente uma posição que permita ao percutor embater perpendicularmente na superfície que está a ser ensaiada, aumentando a pressão do percutor até que se dê o impacto. Após o impacto o valor obtido deve ser registado, efetuando uma série de no mínimo nove leituras para obtenção de um valor fiável para cada valor de ensaio, registando também a posição e orientação do esclerómetro. Os pontos de impacto deve distar entre de si mais de 25 mm e que nenhum esteja a 25 mm da margem.

Cada ponto de impacto deve ser examinado e verificar se após o impacto, a superfície foi esmagada ou partir em vazios perto da superfície, eliminando o resultado.

O resultado do ensaio deve ser obtida a mediana de todas as leituras efetuadas, com o ajustamento necessário de acordo com a orientação do esclerómetro e caso mais de 20% das leituras diferirem da mediana em mais de seis unidades, todo o conjunto de leituras deve ser eliminado. Para a realização do ensaio, deverá ter como referências a NP EN 1504-2 [20] e as especificações do fabricante.

Para o relatório de ensaio esclerométrico deve constar os seguintes fatores:

- a) Identificação do elemento/estrutura do betão
- b) Localização da área de ensaio
- c) Identificação do esclerómetro
- d) Descrição da preparação da(s) área(s) de ensaio
- e) Descrição do betão e sua condição
- f) Data/hora de desempenho do ensaio
- g) Resultado de ensaio (valor médio) e orientação do esclerómetro para cada área de ensaio
- h) Resultados de ensaio ajustados à orientação do esclerómetro (se apropriado)
- i) Qualquer desvio ao método de ensaio normalizado
- j) Uma declaração da pessoa tecnicamente responsável pelo exame e ensaio de que estes estão de acordo com a presente Norma, exceto quanto ao especificado no item.

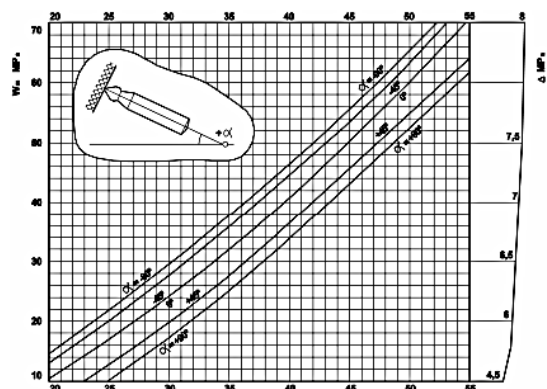


Fig. 3.2 – Ensaio esclerométrico (Esq.) e Ábaco de correlação(dir.)

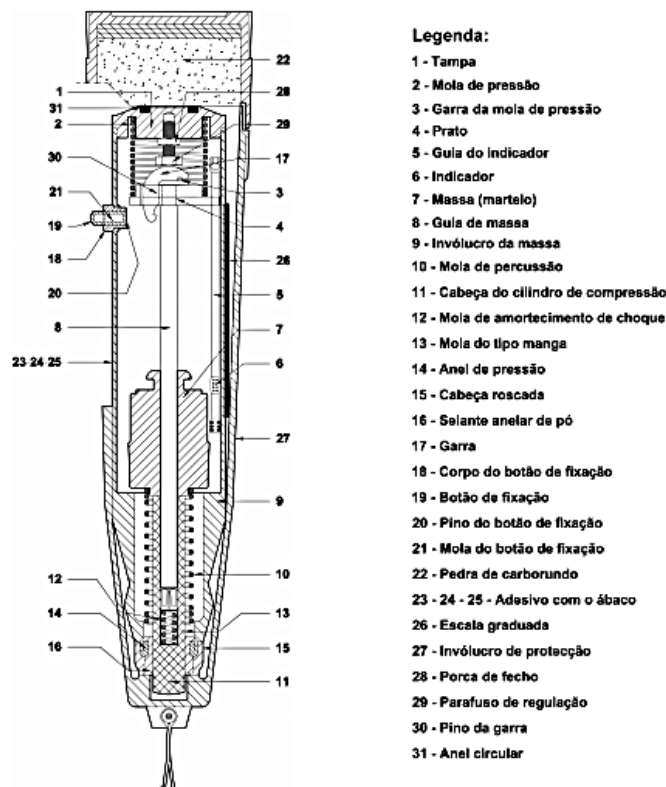


Fig. 3.3 – Esclerómetro de Schmidt – Secção longitudinal

### 3.3.2. ENSAIO DE ULTRA-SONS EM BETÃO

O ensaio ultrassónico do betão consiste na determinação da velocidade de propagação dum impulso ultrassónico, entre dois pontos de medida representado na Fig. 3.4, tendo em vista obter informação sobre as características mecânicas, homogeneidade e presença de fissuras e defeitos.

O objetivo do ensaio consiste na avaliação da qualidade do betão através da medição da velocidade de propagação com ensaios ultrassónicos.

O equipamento é composto por uma unidade central, onde se encontra o gerador de impulsos elétricos e o circuito de leitura, por dois transdutores e um invar que permite fazer a sua calibração. Não é permitido um erro exatidão do equipamento superior a 0,1  $\mu$ s.

Na preparação do ensaio as superfícies dos elementos a ensaiar deveram cuidadosamente preparadas. Se existirem materiais de revestimentos, estes deverão ser previamente removidos.

Os transdutores possuem uma frequência natural normalmente dentro da banda 20 kHz a 150 kHz. Os pontos de colocação dos transdutores deverão ser selecionados de modo a evitarem-se juntas e irregularidades superficiais, bem como zonas da secção resistente onde a densidade de armaduras é elevada, que influenciam os resultados.

A direção de máxima propagação da energia é perpendicular à face do transdutor – transmissor, embora seja possível detetar impulsos que viajam através do betão em outras direções. Assim sendo, é possível efetuar medições da velocidade dos ultra sons colocando dois transdutores em faces opostas (transmissão direta), ou faces adjacentes (transmissão semi-direta) ou na mesma face (transmissão indireta) da estrutura de betão ou provete, ilustrado na fig. 3.4.

O contacto do transdutor com o betão deve ser realizado por um produto de ligação como uma massa lubrificante para um contacto adequado entre a superfície do betão e a face de cada transdutor, representado na fig. 3.5.

Deverão cumprir-se, ainda os seguintes procedimentos:

- Para a medição da velocidade de propagação, deverá ser escolhido preferencialmente o método direto (transdutores colocados em faces opostas), a seguir, o método semidirecto (transdutores colocados em faces perpendiculares) e, por fim, o método indireto (transdutores colocados na mesma face).
- No caso dos métodos direto e semidirecto, em cada zona de ensaio, deverão ser executadas pelo menos 5 medições em locais distintos (pontos da mesma face, afastados entre si pelo menos 20 cm), afastados tanto quanto possível das armaduras do elemento estrutural em ensaio, pelo que deverão ser previamente detetadas com um pacómetro.
- No caso do método indireto, os transdutores deverão ser colocados ao longo de um alinhamento, afastados entre si de distâncias múltiplas de pelo menos 10 cm, devendo ser feitas pelo menos 6 leituras, de modo a poder ser traçada a reta dos tempos de propagação e das distâncias.
- As distâncias entre os transdutores deverão ser medidas com fita métricas com exatidão de pelo menos 2 mm.
- Antes e após as medições em cada zona de ensaio, o equipamento deverá ser calibrado através da barra de invar. Os resultados da calibração serão apresentados

num impresso específico, onde deverão constar, também, outros dados relevantes, nomeadamente a identificação da obra, a data da calibração, o modelo do equipamento, o seu número de serie e a identificação do operador.

- O referido impresso será obrigatoriamente apresentado no relatório, sob pena de os resultados obtidos não se considerarem validos.

Os resultados obtidos serão apresentados em tabelas, distinguindo-os em função do método utilizado, devendo na mesma linha ser apresentados o valor médio das leituras, o valor do desvio-padrão e o valor do coeficiente de variação.

Nas transmissões direta e semi-direta, a velocidade de propagação dos ultra-sons é calculada pela seguinte fórmula:

$$V = \frac{L}{T}$$

Onde

- V é a velocidade de propagação dos ultra-sons, em Km/s
- L é o comprimento do percurso, em mm
- T é o tempo que os ultra-sons levam a atravessar o comprimento de percurso, em  $\mu$ s.

O resultado da velocidade de propagação dos ultra-sons deve ser expresso com aproximação ao 0,01 km/s.

Caso se disponha de resultados de outros ensaios, como, por exemplo, ensaios esclerométrico ou de rotura à compressão sobre provetes cilíndricos recolhidos da estrutura em estudo, deverá ser aferida a correlação com os resultados obtidos. Caso se verifique boa correlação entre os dois tipos de ensaios, então os resultados dos ensaios ultrassónicos deverão ser convertidos para os correspondentes valores de resistência obtidos a partir da curva de calibração dos dois ensaios.

No relatório, incluir-se-á a apresentação do registo fotográfico evidenciando alguns dos ensaios efetuados ou outros aspetos considerados relevantes.

O relatório deve conter também a seguinte informação:

- Identificação da estrutura de betão ou provete ensaiado

- Local da realização do ensaio
- Data do ensaio
- Descrição do betão( se conhecido) e da sua composição
- Idade do betão no momento do ensaio (se conhecida)
- Temperatura do betão no momento do ensaio (se apropriado)
- Tipo e modelo da aparelhagem
- Posicionamento dos transdutores e métodos de transmissão ( com esquema)
- Indicação da presença de armaduras ou de elementos de aço na proximidade das zonas de ensaio
- Estado da superfície do betão e sua preparação no local de ensaios
- Valores de comprimento de percurso
- Valores calculados da velocidade dos ultra-sons em cada percurso
- Declaração da pessoa tecnicamente responsável pelo ensaio indicado que foi realizado conforme a NP EN 12504-4 [21].
- Qualquer afastamento do método de ensaio normalizado

A NP EN 12504 -4 [21] não refere por exemplo distâncias entre transdutores, distância entre pontos da mesma face e numero de leituras a ser realizada, deste modo é necessário seguir referências segundo normas internacionais como a BS 1881 Part 203 [22], ASTM C 597 – 09 [23] e especificações do fabricante.

- 1- Tx
- 2- Rx

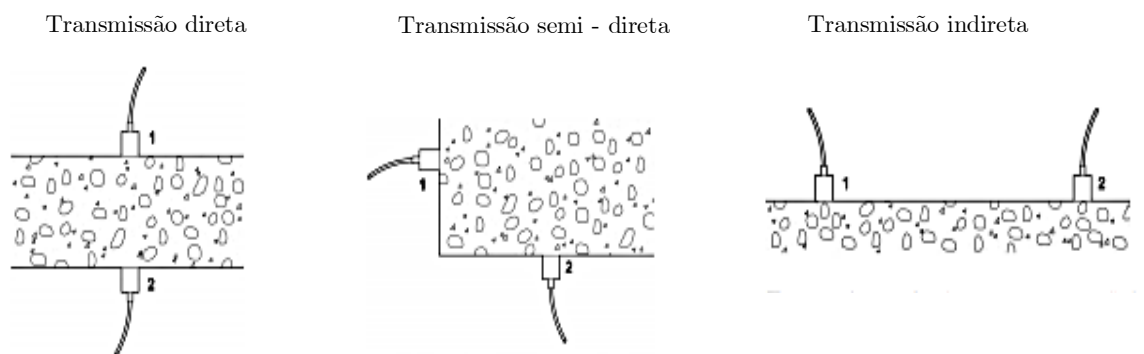


Fig. 3.4 – Ensaio ultrassónico. Método de disposição dos transdutores



Fig. 3.5 – Execução do ensaio para determinação da profundidade de fissuras

### 3.3.3. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORETOS NO BETÃO

A determinação do teor de cloretos no betão é essencial de modo avaliar a necessidade de proceder à reparação em estruturas existentes, bem como para verificar se os materiais usados em construções novas possuem boas condições de durabilidade.

Determinação do teor de cloretos presente no betão, sobre amostras de pó recolhidas a diferentes profundidades, para estudos de durabilidade de estruturas de betão armado, em relação ao mecanismo de deterioração por corrosão das armaduras.

Na preparação do ensaio a localização exata do ponto de ensaio deverá ter em conta a posição das armaduras da malha mais exterior do elemento estrutural em estudo, pelo que deverão ser, previamente, localizadas com um pacómetro e medido o seu recobrimento.

Deverão cumprir-se, ainda, os seguintes procedimentos:

- Serão feitas, pelo menos, 3 recolhas de pó do betão a diferentes profundidades, desde a superfície até 1 cm, um troço de 1cm à profundidade do varão e um último troço de 1 cm por detrás do varão
- Para a recolha do pó, serão executados furos, com broca com diâmetro mínimo de 15 mm, junto de um varão da malha de armadura mais exterior. A fim de se garantir a homogeneidade das amostras de pó serão executados furos suficientes para se obterem a cada profundidade pelo menos 20 g de pó (pelo menos 6 furos).
- Entre cada recolha de pó, será feita a limpeza cuidadosa dos furos, utilizando-se uma bomba de ar manual ou ar comprimido, a fim de evitar a contaminação das amostras.

- As amostras de pó serão guardadas em saquetas plásticas hermeticamente fechadas e devidamente identificadas (com indicação da profundidade).
- A determinação do teor de cloretos presentes nas amostras de pó será feita por laboratório acreditado ou por empresa certificada, que execute este tipo de ensaio, assegurando-se de que dispõe de pessoal técnico qualificado e equipamento devidamente calibrado.
- No caso de os ensaios não serem executados por laboratório acreditado, os resultados obtidos só serão aceites desde que acompanhados da curva de calibração do eletrodo utilizado.

Os resultados obtidos serão apresentados sob a forma de tabelas e, também, sobre gráficos, um por cada perfil, evidenciando, ainda, a posição do varão junto dos furos de recolha e o valor crítico regulamentar do teor de cloretos.

No relatório, incluir-se-á a apresentação do registo fotográfico evidenciando alguns ensaios efetuados ou outros aspetos considerados relevantes.

O ensaio deverá ter por suporte o descrito na seguinte normalização de referência: BS 1881 Part 6 [24] e AASHTO T260 – 84 [25].

A fig. 3.6 representa um exemplo de equipamento utilizado para a determinação in situ do teor de cloretos.



Fig. 3.6 – Equipamento para determinação in situ do teor de cloretos

### 3.3.4. DETEÇÃO DE ARMADURAS E AVALIAÇÃO DO SEU DIÂMETRO E RECOBRIMENTO

Os medidores de recobrimento permitem detetar a posição e a direção das armaduras, as suas dimensões e recobrimento, em estruturas de betão armado e pré-esforçado, de forma não destrutiva. Também podem ser utilizados na deteção de cabos de pré-esforço, mas com maiores limitações, que se prendem, por um lado, às características próprias destes elementos resistentes e, por outro, às capacidades do equipamento.

Este ensaio tem como objetivo o levantamento da pormenorização da secção de elementos de betão armado (armadura principal e armadura secundária) e a medição do recobrimento das armaduras de elementos de betão armado para estudos de durabilidade em relação ao mecanismo de deterioração por corrosão.

Na preparação do ensaio dever-se-á ter em conta a presença de irregularidades superficiais, como, por exemplo, marcas de cofragem que influenciam leituras. Nesse caso específico, os resultados das medições do recobrimento deverão ser corrigidos de +/- o valor médio de pelo menos 10 medições correspondentes ao desnível dos ressaltos da superfície.

Deverão cumprir-se, ainda, os seguintes procedimentos:

- A área de cada zona de ensaio a levantar, por tipo de elemento estrutural, terá, no mínimo, 2m<sup>2</sup>.
- No caso de vigas e pilares de estruturas porticadas vulgares, a área de ensaio deverá distribuir-se, equitativamente por todas as faces acessíveis.
- A malha de armaduras detetada, no elemento estrutural em estudo, será assinalada nas faces sondadas por meio cromático eficaz (giz, lápis de cera, etc.), de modo a evidenciar a disposição dos varões e servir de referência para a localização de outros ensaios que venham a ser realizados.
- Sobre as malhas de armaduras levantadas realizar-se-á a medição do recobrimento da malha mais exterior, em milímetros, considerando-se um mínimo de 30 medições por zona de ensaio
- Deverão ser explicitamente indicados quaisquer fatores que possam influenciar as medições, como, por exemplo, a sua realização em faces com elevada

densidade de armadura, ou revestidas com materiais espessos, irregularidades superficiais, etc.

- Para comprovação das medições com o pacómetro será executado um roço de sondagem, em zona corrente das malhas levantadas, expondo-se um varão da malha de armadura mais exterior e medir-se-á o recobrimento real com um paquímetro.

Os resultados obtidos serão processados estatisticamente e apresentados em tabelas, onde serão indicados, por cada zona de ensaio, os seguintes parâmetros: valor mínimo medido, valor máximo medido, valor medio do conjunto de medições, desvio-padrão do conjunto de medições e o coeficiente de variação correspondente

Do mesmo modo, os resultados serão apresentados graficamente, em particular, as frequências e, frequências acumuladas dos conjuntos dos resultados obtidos. Desse modo, será possível avaliar qual a percentagem correspondente ao conjunto de valores de grandeza inferior ou superior a um determinado valor de referência, como, por exemplo, o valor do recobrimento mínimo regulamentar ou valor da profundidade de carbonatação do betão.

#### NOTA:

No caso de pilares e vigas poderá ser necessário agrupar os valores por face, devendo ser feito o mesmo tipo de processamento e apresentação dos resultados por face.

No relatório, incluir-se-á apresentação do registo fotográfico evidenciando alguns os ensaios efetuados ou outros aspetos considerados relevantes.

O ensaio deverá ter por suporte o descrito na seguinte normalização de referência: BS 1881 Part 204 [26] e as especificações do fabricante.

A fig. 3.7 apresenta o tipo de equipamento que poderá ser utilizado num ensaio de inspeção de deteção de armaduras, o aparelho da HILTI em questão foi utilizado no caso de obra.



Fig. 3.7 – Equipamento Ferroskan deteção de armaduras

### 3.3.5. DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DA CARBONATAÇÃO DE BETÕES

#### Introdução

A carbonatação é um dos mecanismos mais correntes de deterioração do betão armado, exemplificada na fig.3.8.

O dióxido de carbono presente no ar penetra nos poros do betão e reage com o hidróxido de cálcio formando carbonato de cálcio e água. Este processo é acompanhado pela redução da alcalinidade do betão.

Num betão homogéneo, a carbonatação progride com a frente paralela à superfície. Quando a frente de carbonatação atravessa o recobrimento das armaduras, o aço despassiva (devido a perda de alcalinidade), permitindo o início da sua corrosão (desde que existam água e oxigénio), comprometendo a durabilidade do betão. A taxa de carbonatação depende vários fatores, particularmente da permeabilidade do betão e da humidade relativa.

O objetivo do ensaio consiste na determinação, in situ, da profundidade da frente de carbonatação de betões, para estudos de durabilidade de estruturas de betão armado em relação ao mecanismo de deterioração por corrosão das armaduras.

Na preparação do ensaio a seleção exata do ponto de ensaio terá em conta a posição das armaduras da malha mais exterior do elemento estrutural em estudo, pelo que deverão ser, previamente, localizadas com um pacómetro e medido o seu recobrimento.

Deverão ser tidos em conta os pontos singulares da secção dos elementos de betão a ensaiar, nomeadamente os cantos da secção, por exemplo de pilares e vigas, ou zonas com descontinuidades superficiais, onde o betão é, em princípio, de pior qualidade.

Deverão cumprir-se, ainda, os seguintes procedimentos:

- Na seleção dos pontos de ensaio, deverão ser tidos em conta o tipo de controlo e grau de rigor pretendidos, bem como a agressividade do meio a que o elemento estrutural está exposto
- O furo do ensaio será executado por etapas, com uma broca/trado oco com 30 a 40 mm de diâmetro, com avanços sucessivos de 1cm, até ser visível em toda a área exposta a cor de rosa, dada pela solução alcoólica de fenolftaleína, previamente aspergida.
- A limpeza correta do furo do ensaio é essencial para se evitar a contaminação do betão carbonatado pelo betão não carbonatado (fiabilidade dos resultados). Para tal deverá usar-se uma bomba de ar manual ou ar comprimido, de modo a expulsar-se todo o pó resultante da furação.
- A aplicação da solução alcoólica de fenolftaleína será feita necessariamente sobre a superfície recém-exposta, isto é, logo a seguir à furação.
- A medição da profundidade da frente de carbonatação será feita, em milímetros, utilizando-se um paquímetro. Caso a frente seja paralela à superfície, basta uma medição, se não deverá ser medida a profundidade máxima e obtido o valor médio de um mínimo de 3 medições, distribuídas no perímetro do furo de ensaio.

Os resultados obtidos serão apresentados sob a forma de tabelas, devendo ser indicado, também, o recobrimento medido com o pacómetro.

Caso aplicável, os resultados serão apresentados, também, sobre os gráficos com as frequências acumuladas dos conjuntos de resultados dos ensaios de medição do recobrimento das armaduras com o pacómetro.

No relatório, incluir-se-á apresentação do registo fotográfico evidenciando alguns dos ensaios efetuados ou outros aspetos considerados relevantes.

O ensaio deverá ter por suporte o descrito na seguinte normalização de referência: RILEM CPC – 18 [27].



Fig. 3.8 – Reação de fenolftaleína numa carote de betão recém extraída

### 3.3.6. TERMOGRAFIA

A termografia baseia-se no princípio segundo o qual todos os corpos emitem radiação térmica, sendo possível, utilizando aparelhagem adequada, visualizar e registar diferentes graus de emissão na faixa do infravermelho, ilustrada na fig.3.9.

O objetivo do ensaio consiste na deteção de manifestações patológicas ocultas através da emissão raios infra vermelhos.

Na preparação do ensaio a parede ou outro elemento a observar termograficamente são previamente aquecidos, utilizando projetores de luz com potência adequada, ou, se se tratar de elementos exteriores aproveitar a própria radiação solar. Convém a superfície do elemento estar limpa.

A realização do ensaio deverá ser realizada com uma camara termográfica sensível à radiação infravermelha, ao nível da superfície deteta-se diferença de temperaturas da ordem da fração de grau centígrado. Assim com esta técnica é possível realizar um levantamento rigoroso de vários pormenores da constituição do elemento sem prejudicar o revestimento superficial.

A termografia infravermelha demonstra ser o método não destrutivo com maior precisão, bem como o mais eficiente e económico.

As observações termográficas efetuadas em obra serão registadas em dispositivos próprios. Estes registos possibilitarão a posterior visualização, para confirmação e interpretação do

observado em obra. Serão, se necessário, obtidas cópias em papel dos termogramas, que poderão ser compostas em mosaicos.

Em certos casos, as heterogeneidades observadas podem ser referenciadas diretamente na superfície observada, utilizando giz ou marcador.

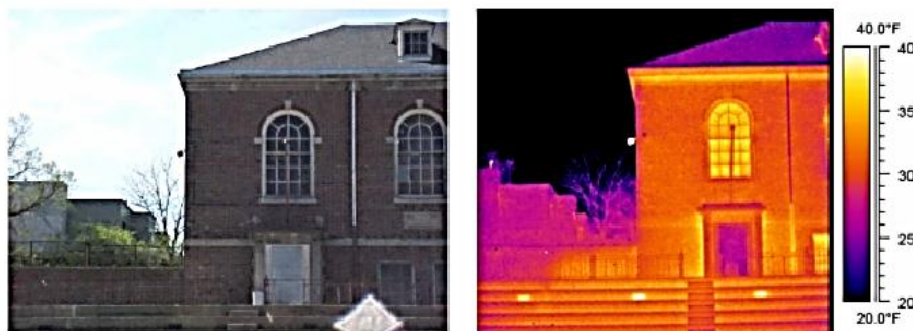


Fig. 3.9 – Inspeção termográfica

### 3.3.7 DETEÇÃO DE CORROSÃO ATIVA EM ARMADURAS POR MEDIÇÃO DOS POTENCIAIS ELÉTRICOS

A American Society for testing and Materials C876 [28], prescreve o método de ensaio para a obtenção dos potenciais de corrosão no betão e estabelece avaliação da probabilidade de corrosão nas armaduras. Apesar de qualitativo na análise de avaliação de corrosão das armaduras, o levantamento de potenciais de corrosão em estruturas constitui-se, ainda, na técnica mais utilizada para monitorizar estruturas de betão com vistas à corrosão das armaduras e constitui-se num instrumento que, se rigorosa e cuidadosamente utilizado, permite identificar de forma não destrutiva as áreas com corrosão. A deteção prematura é um fator vital na prevenção de falhas estruturais não previstas.

A aplicação deste método tem a vantagem de varredura rápida de áreas extensas.

O equipamento normalmente utilizado, segundo a fig.3.10, é o seguinte:

- Sonda meia célula padrão cobre/ sulfato de cobre, para medições localizadas
- Eléctrodo de um disco, para varredura rápida de áreas extensas
- Eléctrodo de quatro discos, para máxima velocidade de medição em áreas extensas.



Fig. 3.10 – Utilização do equipamento CANIN +

Regista-se um mapeamento detalhado dos potenciais de corrosão, exemplificado na fig.3.11, os resultados são interpretados da seguinte forma:

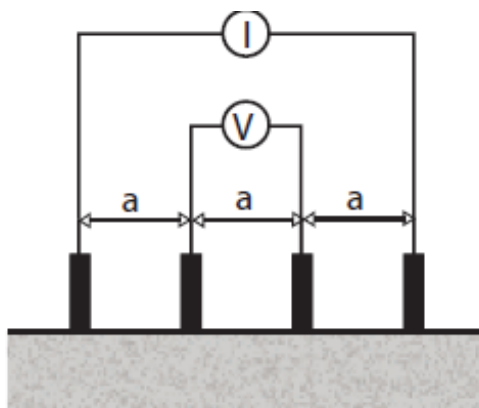


Fig. 3.11 - Diferença de potencial medida entre duas sondas internas

Segundo testes empíricos chegaram aos valores limite a seguir que podem ser usados para determinar a probabilidade de corrosão.

Quando $\rho \geq 12 \text{ K}\Omega\text{cm}$	➔	a corrosão é improvável
Quando $\rho = 8 \text{ a } 12 \text{ k}\Omega\text{cm}$	➔	corrosão é possível
Quando $\rho \leq 8 \text{ k}\Omega\text{cm}$	➔	corrosão é quase certa

### 3.4 ENSAIOS DESTRUTIVOS

Os ensaios destrutivos são especialmente dedicados à caracterização das propriedades mecânicas em ambiente laboratorial. Na caracterização do betão são usuais os ensaios de resistência à compressão, à tração e determinação do módulo de elasticidade. A presente dissertação aborda o tema da reabilitação, assim sendo os ensaios destrutivos são descritos com base neste tema, sendo estes ensaios realizados sobre carotes extraídas da estrutura de betão armado e não em moldes executados no local.

#### 3.4.1 ENSAIO RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os provetes são ensaiados até à rotura numa máquina de ensaio de compressão. Regista-se a carga máxima suportada pelo provete e calcula-se a resistência à compressão do betão.

O objetivo do ensaio consiste na determinação da resistência atual de betões através de ensaio de rotura à compressão sobre provetes cilíndricos, obtidos a partir de carotes.

Na preparação do ensaio deve proceder à seleção exata do local de extração das carotes deverá ter sempre em conta a segurança estrutural do elemento a sondar, no sentido de ser o menos possível afetada. Deste modo, em pilares correntes (de edifícios), o furo de extração deverá localizar-se sensivelmente a meio da altura, ou o mais possível afastado das ligações aos restantes elementos estruturais (vigas ou lajes). Do mesmo modo, em vigas, o furo de extração das carotes deverá localizar-se entre  $1/5$  e  $1/4$  do vão na zona onde os esforços de flexão são mais reduzidos.

Para além dos condicionamentos atrás referidos, deverá ser tido em conta que a recolha das carotes deve ser feita de modo a interferir o mínimo com as armaduras do elemento a sondar, representado na fig.3.12. Para tal, deve ser usado um pacómetro antes da extração das carotes. No caso de pilares, lajes ou paredes densamente armados, onde não seja de todo possível evitar-se o corte de varões das armaduras, o corte deverá ser feito de modo a seccionar-se apenas um varão. No entanto, tal opção deverá ser previamente ponderada quanto às consequências estruturais do elemento a sondar e da estrutura. No caso de vigas, não é permitido o corte de quaisquer armaduras, sem, previamente, se ponderarem, em conjunto com a fiscalização, as consequências estruturais no elemento a sondar e da estrutura.

No caso de pilares e vigas correntes, só é permitida execução de um corte por elemento. Caso a carote extraída não permita a obtenção de um provete válido para ensaio, deverá ser escolhida outra localização, em particular noutra elemento idêntico.

Após a extração das carotes estas serão imediatamente identificadas, marcando-as com lápis de cera ou outro processo igualmente eficaz. Os furos de extração das carotes serão obturados com material de reparação estrutural através das técnicas dry pack (compactação a seco), ou por outro processo igualmente eficaz.

Na realização do ensaio, exemplificado na fig.3.13, as carotes serão cortadas e as faces retificadas, de modo a obterem-se provetes com altura sensivelmente igual ao diâmetro. No caso de alguma carote ter intersectado a armadura, o corte dessa carote antes do ensaio deverá ser feito, de modo a eliminar o troço afetado pela presença de armadura. O boletim de resultados dos ensaios dos provetes será incluído no relatório, sem o qual os resultados apresentados não serão considerados válidos.

Os resultados obtidos serão processados tendo por base a metodologia preconizada na publicação da Concrete Society Technical Report n° 11, onde são indicados vários fatores de correção a aplicar sobre os resultados dos provetes ensaiados, que têm em conta, entre outros, a direção da carotagem, a relação altura/diâmetro do provete, o corte dos agregados, a presença de material de recobrimento, a forma dos provetes, a resistência potencial, etc.

Sempre que possível deve-se: i) distinguir zonas de amassaduras comuns; ii) proceder à análise por elementos distintos; iii) apresentar os valores característicos da tensão de rotura à compressão dos conjuntos de provetes ensaiados.

No relatório, incluir-se-á a apresentação do registo fotográfico evidenciando alguns dos ensaios efetuados ou outros aspetos considerados relevantes.

O ensaio de rotura à compressão deverá ser executado de acordo com a norma E 226 do LNEC [29].



Fig. 3.12 – Localização de armaduras; realização do furo e extração da carote



Fig. 3.13 – Ensaio de carotes, resistência à compressão

### 3.4.2 ENSAIO RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

A garantia da boa aderência na ligação dos materiais novos e velhos constitui um dos principais aspectos para o sucesso dos trabalhos de reparação ou reforço das estruturas de betão armado. Esta garantia também é exigida em pavimentos térreos ou elevados, onde as camadas dos vários materiais que constituem o revestimento devem estar bem ligadas, a fim de proporcionarem maior longevidade ao pavimento em boas condições de utilização.

Os ensaios de aderência permitem verificar se as especificações exigidas foram alcançadas. O ensaio de aderência por tração direta pull – off, exemplificado na fig.3.14, consiste na aplicação suave de uma força de tração, exercida manualmente no volante de tensão de um aparelho concebido para esse fim.

O objetivo do ensaio consiste na avaliação da aderência de revestimentos superficiais ou de materiais de reparação ou de reforço de estruturas de betão, utilizando o equipamento de arrancamento pull-off.

Na preparação do ensaio deve-se proceder à seleção da zona a ensaiar deverá ter em conta que a execução dos cortes deve ser feita de modo a não interferir com as armaduras do elemento a estudar. Para tal deve ser usado um pacómetro antes da execução dos cortes (área mínima de 0,2 m<sup>2</sup>).

Após a deteção das malhas de armaduras na zona de ensaio serão marcados os pontos do arrancamento das pastilhas nos intervalos das armaduras. Deverão ser marcados pelo menos 3 pontos, suficientemente afastados, de modo a não haver influência entre os arrancamentos.

Em cada ponto de arrancamento o corte deverá penetrar o suficiente no betão antigo, considerando-se o mínimo de 2cm. A superfície dos pontos do arrancamento será convenientemente limpa, de modo a assegurar-se uma colagem eficaz das pastilhas metálicas.

A colagem das pastilhas metálicas na superfície será feita com resina epoxídica e endurecedor, podendo ser usada uma pistola de ar quente para acelerar a cura da ligação. No entanto, só após 1 hora de cura poderão ser efetuados os arrancamentos.

Deverão cumprir-se, ainda, os seguintes procedimentos:

- Por cada zona de ensaio, serão executados pelo menos 3 arrancamentos
- A força de arrancamento deverá ser aplicada gradualmente, sem movimentos bruscos
- Após a rotura do provete de arrancamento deverá proceder-se à análise da superfície de rotura, registando-se o valor para o qual ocorreu

Os resultados obtidos deverão ser cuidadosamente analisados face às variáveis envolvidas, nomeadamente a localização da secção da rotura (no betão antigo, na ligação betão antigo/material de reparação ou de reforço, no material de reparação ou de reforço, ou na ligação da pastilha metálica), o tipo de secção por onde se deu a rotura (secção paralela à superfície, secção oblíqua à superfície, ou irregularidades importantes da secção) e outros

fatores que possam justificar piores resultados como, por exemplo, presença de descontinuidades importantes noas materiais ensaiados.

Os resultados obtidos deverão ser comparados entre si na mesma zona de ensaio e, completamente, com os de outras zonas de ensaio. No caso de um resultado se afastar mais do que 50 % da média dos restantes, deverá ser excluído, sem prejuízo de se analisarem as circunstâncias experimentais em que foi realizado tal correspondente ensaio.

No relatório, incluir-se-á a apresentação do registo fotográfico evidenciando alguns dos ensaios efetuados ou outros aspetos considerados relevantes.

O ensaio deverá ter suporte o descrito na seguinte normalização de referência: BS 1881 Part 207 [30].



Fig. 3.14 – Determinação da resistência à tração do betão através do pull-off test

### 3.4.3 MÓDULO DE ELASTICIDADE

Os ensaios de determinação do módulo de elasticidade são realizados de acordo com LNEC E – 397 [31], sendo realizados em provetes cilíndricos.

Para a realização do ensaio é necessário aplicação de três transdutores de deslocamento (designados por LVDTs) acoplados ao provete cilíndrico, de modo a medir a distância relativa entre o anel superior e o anel inferior afastados entre si de  $L_0$ . São realizados um conjunto de ciclos de carga/descarga, a velocidade controlada, em que o provete cilíndrico é sujeito a uma carga axial de compressão incremental, sendo medida a respetiva deformação. O ensaio termina quando a diferença da extensão entre dois ciclos consecutivos seja inferior a  $10 \times 10^{-6}$  m/m.

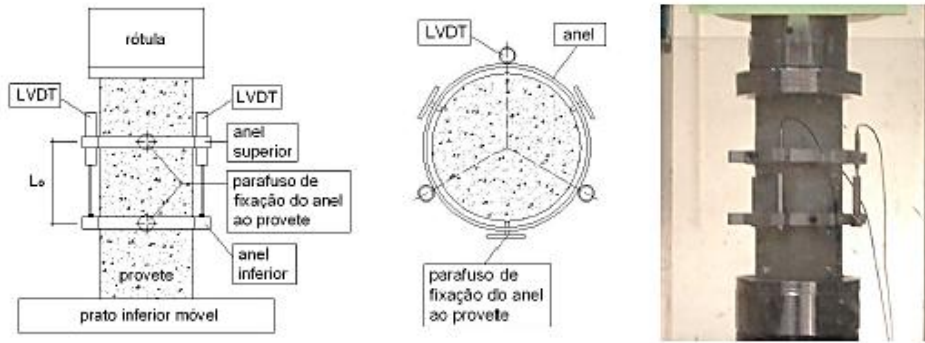


Fig.3.15 - Dispositivo de ensaio para obtenção do módulo de elasticidade

Espera-se que o betão apresente um comportamento elástico nos intervalos de carga aplicados, pelo que será possível medir o valor do módulo de elasticidade secante obtido através da curva que relaciona tensões – deformações do betão, entre  $\sigma_c = 0$  e  $\sigma_c = 0,4f_{cm}$ , conforme o indicado na figura.

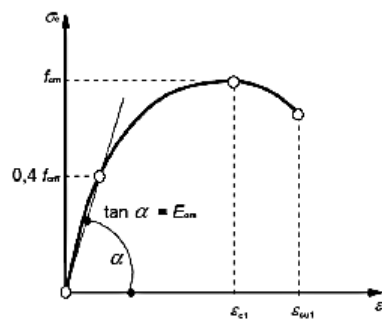


Fig.3.16 – Relação tensões – extensões para análise estrutural

Os valores das propriedades dos materiais necessários ao cálculo das deformações instantâneas e diferidas do betão dependem não só da classe de resistência do betão, mas também das propriedades dos agregados e de outros parâmetros relacionados com a composição do betão e com as condições ambientais.

Assim, o valor do módulo de elasticidade deve ser entendido como um valor aproximado válido para betões com agregados contendo quartzo. Para outro tipo de agregados, o módulo de elasticidade  $E_{cm}$  deve ser corrigido de acordo com a expressão:  $E_{cm,corr} = KE_{cm}$  usando os fatores  $k$  que constam do seguinte quadro

Agregados	Basalto	Quartzíticos	Calcário	Grés
K	1.2	1.0	0.9	0.7

Quadro 3.1 – Fator corretivo do Ecm, função do tipo de agregados

A variação módulo de elasticidade com o tempo pode ser estimada a partir da expressão:

$$E_{cm}(t) = \left( \frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0,3} \times E_{cm}$$

## 4. INSPEÇÕES DE EDIFÍCIOS: DESENVOLVIMENTO DE UMA FICHA DE INSPEÇÃO

### 4.1 INTRODUÇÃO

Existe uma falta de cultura de manutenção, em especial a preventiva, traduzindo-se na degradação de estruturas que poderia ser evitável. A garantia de maior vida útil das estruturas gera maior poupança em termos económicos devido à reabilitação ou reforço atempadamente através de um plano de controlo e inspeção da estrutura existente ao longo da sua vida útil.

A ficha de inspeção é uma importante ferramenta para registo e análise para futuro diagnóstico da estrutura existente, permitindo no caso da gestão de obras um apoio à decisão. Na avaliação e diagnóstico é fulcral compreender e conhecer as características das estruturas como o seu comportamento estrutural, materiais, valor, identidade, técnicas de construção, alterações efetuadas, conservação. Conhecendo estas características das estruturas é necessário efetuar o registo e avaliação das anomalias, danos e avaliação da segurança da estrutura. Com base nestes registos e análise obtém-se um quadro sobre o estado de conservação da estrutura, favorecendo uma escolha criteriosa das melhores técnicas e processos de reabilitação ou reforço.

Para a inspeção de edifícios foram elaboradas quatro tipos de fichas, permitindo a sua uniformização para diferentes tipos de inspeção e de fácil leitura. Estando as quatro fichas criadas, interligadas entre si e devem ser utilizadas em conjunto para cada caso de obra.

- Ficha de inspeção A: Identificação das características gerais do edifício
- Ficha de inspeção B: Identificação das características da fachada onde se insere a anomalia
- Ficha de inspeção C: Identificação da anomalia
- Ficha de inspeção D: Realização para cada tipo de ensaio e suas características, estando estas exemplificadas em anexo.

A ficha de inspeção A foi criada para identificação e caracterização do edifício, na qual é descrita a sua localização, local de implantação, tipologia da estrutura existente, tipologia dos materiais existentes e tipologia de escoamento das águas pluviais. Esta ficha foi criada

para que o leitor perceba como é constituído o edifício e o seu comportamento estrutural, permitindo efetuar uma relação entre as suas características e as anomalias evidenciadas.

A ficha de inspeção B foi criada para registo de anomalias e suas causas na fachada do edifício onde se insere a anomalia, consiste em descrever a orientação da fachada, efetuar a avaliação da fachada segundo a gravidade da anomalia, extensão da intervenção e complexidade da intervenção. Por fim, consoante os fatores supra citados é classificado o nível de reabilitação para a fachada em ligeira, média ou profunda e é realizada uma representação gráfica das anomalias observadas segundo a ficha de inspeção C criando um padrão. Assim é perceptível para o leitor e de fácil análise as anomalias existentes na fachada, percebendo em que secções é necessário atuar.

Na ficha de inspeção C é realizado o registo de anomalias nos elementos estruturais de betão armado, sendo uma inspeção pormenorizada de cada tipo de anomalia. É efetuado o levantamento fotográfico para cada tipo de anomalia, mencionando o elemento inspecionado e a referência fotográfica. De acordo com o elemento inspecionado, é descrito o tipo de anomalia, gravidade de anomalia, extensão da anomalia, causas prováveis, localização da anomalia no elemento, nível de reparação e observações se necessário.

A ficha de inspeção D é formulada de acordo com cada tipo de ensaio, tendo sido criadas cinco tipos de fichas para os ensaios esclerométricos, deteção de armaduras, ultra – sons, resistividade do betão e aço.

Nas fichas de inspeção, se possível, deve-se introduzir a representação gráfica das anomalias observadas, esta característica da ficha de inspeção é de grande utilidade dada a possibilidade de serem detetados padrões que, em si, contêm, geralmente, informação preciosa para a compreensão dos mecanismos de deterioração em presença. É o caso do padrão da fendilhação numa parede de fachada, pode mostrar uma orientação dominante, por exemplo, paralela às compressões, ou o padrão de distribuição da humidade, cuja concentração pode ajudar a referenciar a respetiva origem. Na figura 4.1 observa-se um exemplo do levantamento de anomalias no revestimento de uma fachada, mas que pode ser utilizado para estruturas de betão armado, ou seja, num elemento estrutural de betão armado poderá realizar-se marcações de diferentes cores por áreas das anomalias e identificação do levantamento fotográfico.

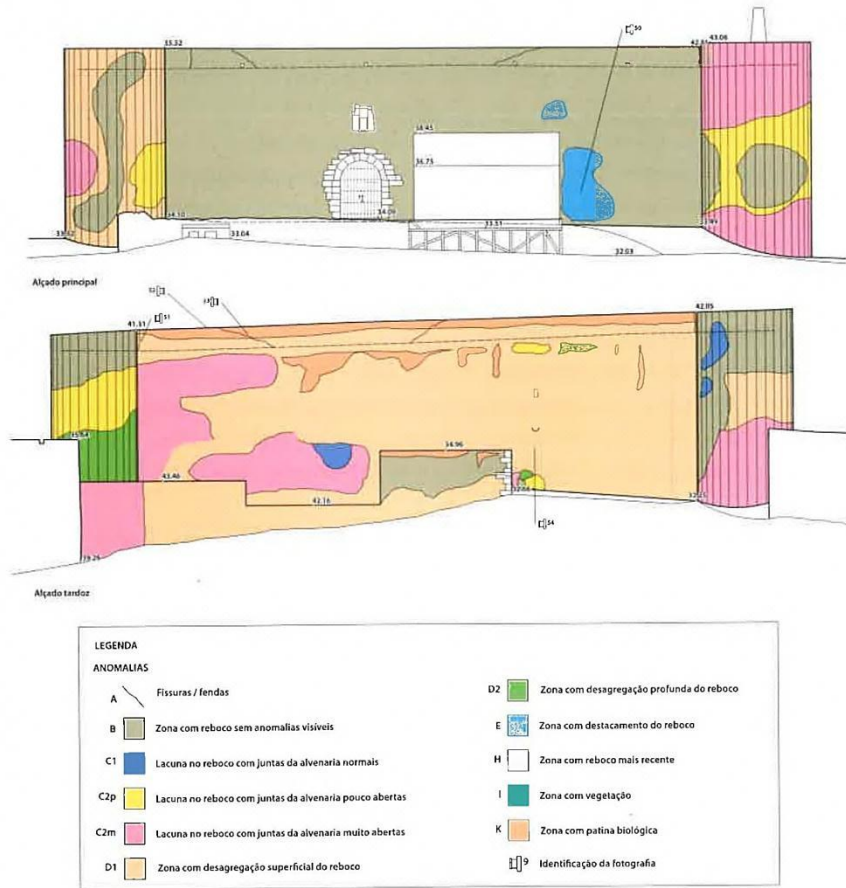


Fig. 4.1 – Levantamento de anomalias no revestimento de uma fachada [5].

Na figura 4.2 está ilustrada um exemplo de um ensaio, como se deverá efetuar a deteção de armaduras e o seu registo.

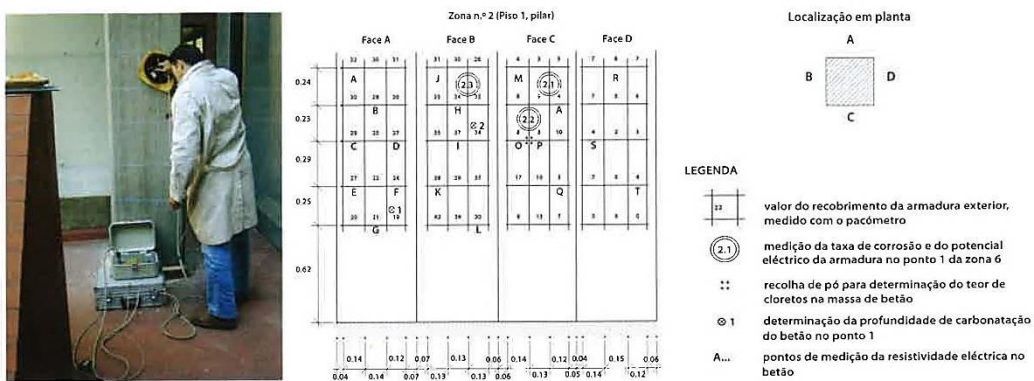


Fig. 4.2 – Avaliação por amostragem da taxa de corrosão em elementos de betão [5].

## IDENTIFICAÇÃO E CARATERISTICAS GERAIS DO EDIFÍCIO

### 1. Dados Gerais

#### 1.1. Identificação

Rua/Av/Pc.:

Nº/Lote:

Andar:

Freguesia:

Concelho:

#### 1.2. Caracterização

 Nº Pisos edifício  
|0|3|

 Nº Frações  
|\_|\_|

 Ano de construção  
\_\_\_\_\_

 Tipologia estrutural  
\_\_\_\_\_

 Utilização do edifício  
\_\_\_\_\_

 Pé Direito  
\_\_\_\_\_

### 2. Local de implantação

2.1 Isolado

2.2 Gaveto

2.3 Banda/extremo

2.4 Banda/ Meio

### 3. Tipologia da estrutura resistente

3.1 Pórtico/parede em betão armado

3.4 Laminar em betão armado

3.2 Viga/pilar em betão armado

3.5 Mista (betão/metálica)

3.3 Viga/ pilar em perfil metálico

3.6 Mista (betão/alvenaria)

### 4. Tipologia das paredes exteriores

4.1 Paredes de pano duplo

4.2 Paredes de pano simples

### 5. Tipologia dos materiais das paredes exteriores

5.1 Alvenaria de tijolo furado

5.2 Alvenaria de tijolo maciço

5.3 Pedra natural

5.4 Blocos de betão

5.5 Betão

5.6 Desconhecida

5.5 Blocos de betão de argila expandida

5.6 Blocos de betão celular autoclavado

## IDENTIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS DO EDIFÍCIO

### 6. Tipologia dos revestimentos / acabamentos de paredes exteriores

#### 6.1 Revestimentos por elementos contínuos

 6.1.1. Ladrilhos cerâmicos 

 6.1.2. Ladrilhos hidráulicos 

 6.1.3. Placas de pedra natural 

#### 6.2. Revestimentos de ligantes minerais

 6.2.1 Tradicionais com pintura 

 6.2.2 Não tradicionais (monomassas) com/sem pintura 

 6.3. ETICS 

 6.6. Pintura com acabamento liso 

 6.4. Betão à vista 

 6.7. Pintura com acabamento rugoso 

 6.5. Tijolo cerâmico face – à -vista 

 6.8. Impermeabilização 

### 7. Tipologia das redes de escoamento das águas pluviais

#### 7.1 Caleiras e tubos de queda

 7.1.1 Ferro fundido 

 7.1.2 PVC 

 7.1.3 Ferro galvanizado 

 7.1.4 Alumínio 

 7.1.5 Zinco

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NA FACHADA DO EDIFICIO ONDE SE INSERE A ANOMALIA****1. Dados Gerais****1.1 Identificação**

Consulta da ficha de inspeção A

**1.2. Orientação Fachada**1.2.1 Norte 1.2.1 Sul 1.2.1 Este 1.2.1 Oeste 

Vista Geral

**2. Avaliação**Gravidade da  
anomaliaExtensão da  
intervençãoComplexidade  
da intervenção

2.1 Estrutura

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.2 Paredes

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.3 Instalação drenagem de águas pluviais

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Legenda**

Gravidade da anomalia

NA – Não se aplica

SS – Sem significado

L - Ligeira

M - Média

G - Grave

Extensão da intervenção

L - Localizada

M - Média

E - Extensa

T - Total

Complexidade da intervenção

S - Simples

M - Média

D - Difícil

**3. Nível da reabilitação**3.1 Reabilitação Ligeira 3.2 Reabilitação Média 3.3 Reabilitação Profunda

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha:

Obra :

Data:

**REGISTO ANOMALIAS NOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE BETÃO ARMADO****Levantamento fotográfico**

--	--

Elemento inspecionado :	Referência fotográfica :	Elemento inspecionado :	Referência fotográfica :
-------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------

**Levantamento fotográfico**

--	--

Elemento inspecionado :	Referência fotográfica :	Elemento inspecionado :	Referência fotográfica :
-------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------

Elemento inspecionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
-----------------------	----------	-----------------------	----------------------	------------------	-------------------------------------	--------------------	-------------

--

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

## 5. REABILITAÇÃO

### 5.1 INTRODUÇÃO

“O termo reabilitação designa toda a serie de ações empreendidas tendo em vista a recuperação e beneficiação de um edifício, tornando-o apto para o seu uso atual. O seu objetivo fundamental consiste em resolver as deficiências físicas e as anomalias construtivas, ambientais e funcionais, acumuladas ao longo dos anos, procurando ao mesmo tempo uma modernização e uma beneficiação geral do imóvel sobre o qual incide, melhorando o seu desempenho funcional e tornando esses edifícios aptos para o seu completo e atualizado reuso” [32]

Realizadas inspeções aos edifícios, são definidas classificações de acordo com o grau de intervenção [32]:

- **Nível 1:** Grau de intervenção de reabilitação superficial consiste na execução de pequenos reparos e benefícios nas instalações e equipamentos já existentes na edificação.
- **Nível 2:** Grau de intervenção de reabilitação média diferencia-se da reabilitação superficial por serem ações mais profundas, mas que não ultrapassam 50% do custo de uma construção nova.
- **Nível 3:** Grau de intervenção de reabilitação profunda consiste de uma forma geral, na necessidade de desenvolver importantes alterações na distribuição e organização interior dos espaços nos edifícios, as quais implicam demolições e reconstruções significativas que podem obrigar à substituição parcial ou total dos subsistemas do edifício.

Este tipo de classificação permite estabelecer critérios e criar instrumentos gerais de gestão técnica e financeira que visam facilitar a tomada de decisões.

Uma boa gestão de obra deve implementar planos de inspeção para uma correta manutenção durante a vida útil do edifício. Segundo as classificações acima mencionadas, deve-se proceder à reparação do edifício de acordo com o grau definido. Em Portugal existe a falta de consciencialização da necessidade de reparação e manutenção dos edifícios, como se pode verificar de acordo com o fig.5.1. O setor da reabilitação em Portugal tem vindo a crescer consideravelmente ao longo dos anos, tomando-se uma consciencialização

da sociedade Portuguesa e das entidades competentes de que é necessária uma definição de estratégias e de planeamento para este setor, sendo fundamental uma manutenção das estruturas de modo a prevenir patologias que provocam a degradação. O peso (%) da reabilitação em Portugal é manifestamente baixo relativamente a outros países da Europa situando-se entre 5 a 10%, segundo dados da Federação da Indústria Europeia da Construção (FIEC).

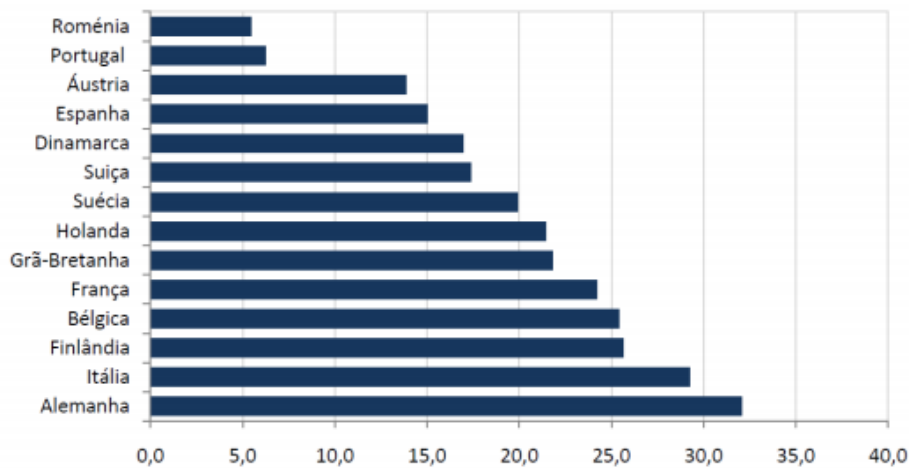


Fig. 5.1 – Peso (%) da reabilitação em diferentes países da Europa

## 5.2. FASES DE UM PROJETO DE REABILITAÇÃO

O projeto de reabilitação implica uma análise cuidada de todos os fatores intervenientes que possam afetar a qualidade do mesmo. A reabilitação de uma estrutura implica o desenvolvimento de um projeto que pode ser realizado em várias fases, nomeadamente:

### 1ª Fase – Avaliação do estado da estrutura

- a) Recolha de informação
- b) Inspeção da estrutura

### 2ª Fase – Avaliação da segurança da estrutura

- a) Verificação da segurança da estrutura face às condições iniciais de projeto
- b) Verificação da segurança da estrutura face às novas exigências de utilização

### 3ª Fase – Caracterização do tipo e objetivos de intervenção

- a) Não intervir

- b) Reparar em pequena escala
- c) Reparar e eventualmente reforçar
- d) Reforçar
- e) Demolir

#### **4ª Fase – Projeto de reabilitação**

Requisitos a ter em conta na elaboração de um projeto de reabilitação:

- a) O método deve ser eficiente para reparar o tipo de deterioração existente
- b) Deve combater as causas que originaram a degradação
- c) Deve ser adequado ao nível de agressividade do ambiente a que a estrutura está exposta
- d) Os métodos de reparação devem utilizar produtos ou sistemas em conformidade com a NP EN 1504 [3] e outras normas CEN relevantes.

O projeto de reabilitação deve seguir as recomendações das normas europeias [33 a 35 e 3]:

- Eurocódigo 1 – Bases de projeto e ações em estruturas [33]
- Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão [34]
- Eurocódigo 8 – Parte 1-4: Reforço e recuperação de edifícios [35]
- EN1504 – Produtos e sistemas para a proteção e reparação de estruturas de betão [3]

### **5.3. NORMA EN NP 1504**

Existe por vezes uma diferença entre as características essenciais ao dimensionamento de soluções de reparação e as características que os produtos possuem, não explorando a eficiência de uma solução de reparação ao limite. Devido a esta lacuna foram constituídas equipas técnicas destinadas à preparação de documentos de normalização, que por sua vez, vieram impulsionar e difundir o estabelecimento de critérios de dimensionamento, de verificação de segurança e execução em obra.

Para um projeto de reabilitação de estruturas de betão definiu-se a norma NP EN 1504 [3] “Produtos e sistemas para proteção e reparação de estruturas de betão”, constituída por 10 partes, com o intuito de estabelecer regras e elucidar os técnicos para um correto

projeto de reabilitação. Na fig. 5.2 é ilustrado os princípios e a relação entre as diferentes partes da norma NP EN 1504 [3].

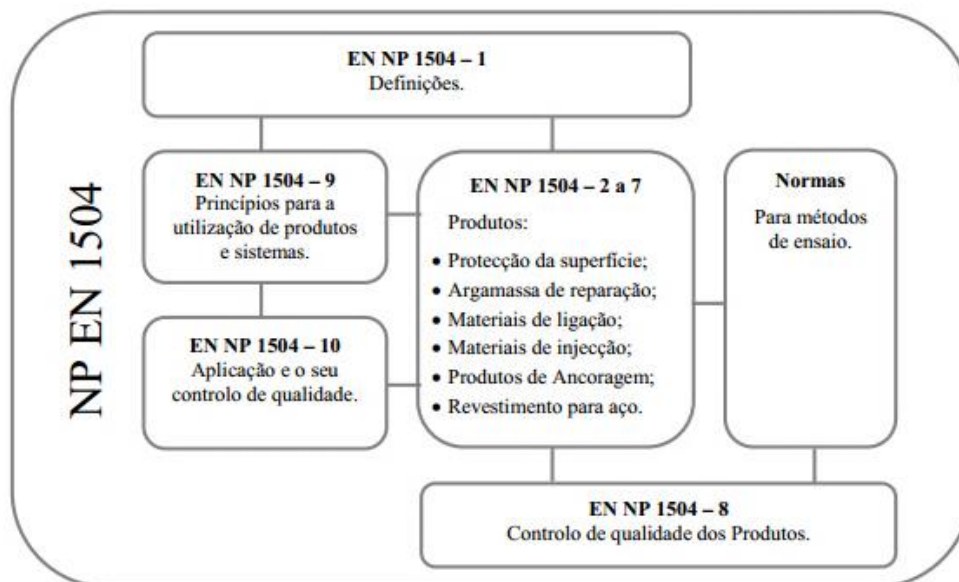


Fig. 5.2 – Ligação entre as diferentes partes da norma e externas

A norma NP EN 1504 [3] estabelece um conjunto de etapas que deverão ser seguidas, contudo, cada projeto é diferente, devendo assim haver o cuidado de ajustar a norma a cada situação, reabilitação ou reforço. O projeto de reabilitação ou reforço, antes de ser iniciado, deve ser alvo de uma análise prévia para que se averigüe a sua adequabilidade e viabilidade económica e estrutural.

A investigação publicada, sobre as recentes normas NP EN 1504 [3], sobre várias áreas de intervenção no reforço cuja preocupação foi tentar ajustar as mesmas à situação concreta de reforço. Mas há muito por realizar de modo a se perceber as grandes vantagens da norma [36]. A NP EN 1504 [3] é demasiado simplista e genérica devendo ser mais abrangente, pois num projeto de reabilitação ou reforço existem várias condicionantes que não existem num projeto de raiz, sendo por vezes difícil de seguir as etapas e as regras estabelecidas segundo a norma.

#### 5.4. ESCOLHA DO MÉTODO DE INTERVENÇÃO

De acordo com a NP EN 1504 -9 [37], são definidos métodos de proteção ou reparação, referidos no quadro 5.1 e 5.2, de modo a serem adotados para uma estrutura de betão, de

acordo com os objetivos que se pretendam alcançar com a intervenção. A escolha do método de reparação é, de acordo com a norma, a parte fulcral do processo [3].

Para o projeto de reabilitação ou reforço é necessário considerar os seguintes aspetos, nomeadamente:

- Não fazer nada durante um certo tempo
- Reanálise da capacidade estrutural com eventual aceitação da menor capacidade resistente e modificação da utilização da estrutura
- Prevenção ou redução da deterioração futura, sem melhoria da resistência da estrutura de betão
- Melhoria, reforço ou reabilitação total ou parcial da estrutura de betão
- Reconstrução total ou parcial da estrutura de betão
- Demolição total ou parcial da estrutura de betão

A norma refere a especificação dos fatores a considerar na escolha do método de reparação, de modo a prevenir situações inesperadas.

Os fatores a considerar são [3]:

- O uso e o tempo de vida útil desejado para a estrutura
- Os requisitos para um comportamento desejável da estrutura
- O desempenho esperado no longo prazo da intervenção
- A possibilidade de se realizar uma proteção ou reparação adicionais com o método adotado
- O número e custos aceitáveis dos ciclos de reparação da estrutura durante o seu período de vida útil
- O custo e a viabilidade de métodos alternativos de proteção ou reparação, incluindo custos futuros de manutenção e acesso
- Propriedades e métodos possíveis para a preparação da estrutura para a intervenção
- Estética da intervenção
- Considerações de higiene e segurança, não só durante a intervenção, mas no longo prazo para os utilizadores da estrutura. A escolha de soluções para a intervenção, optando por aquelas que representem um risco de segurança mais reduzido durante

a obra, a opção por materiais menos tóxicos, são exemplos efetivamente condicionados por estes aspetos

- Considerações estruturais relacionadas com a segurança da intervenção, a utilização da estrutura e o risco de alteração do seu comportamento estrutural
- Possibilidade de proteger a estrutura de ambiente agressivos

A escolha do método mais adequado deve ter em conta aspetos técnicos, económicos, ambiental e sociais. Face a este conjunto de fatores, na NP EN 1504-9 [36] enumera um conjunto de métodos de proteção e reparação de acordo com cada princípio, referenciados no quadro 5.1 e 5.2, de modo a prevenir ou estabilizar a deterioração no betão armado.

<b>Princípio</b>	<b>Método de proteção/reparação</b>
<b>1 - Proteção contra o ingresso</b>	Impregnação
	Impregnação hidrofóbica
	Revestimento superficial
	Cobertura local de fendas
	Injeção de fendas
	Transformação de fendas em juntas
	Montagem de painéis externos
	Aplicação de membranas
<b>2 - Controlo de humidade</b>	Impregnação hidrofóbica
	Impregnação
	Revestimento superficial
	Montagem de painéis externos
	Tratamento eletroquímico
<b>3 - Reparação do betão</b>	Aplicação de argamassa à mão
	Aplicação de uma nova betonagem
	Betão ou argamassas projetados
	Substituição de elementos
<b>4 - Reforço estrutural</b>	Adição ou substituição de armaduras internas ou externas
	Fixação de armaduras em furos existentes ou a realizar
	Fixação de chapas
	Adição de argamassa ou betão
	Injeção de fendas, vazios ou interstícios
	Enchimento de fendas, vazios ou interstícios
	Pré-esforço
<b>5 - Aumento da resistência física</b>	Revestimento superficial
	Impregnação
	Adição de argamassa ou betão
<b>6 - Aumento da resistência química</b>	Revestimento superficial
	Impregnação
	Adição de argamassa ou betão

Quadro 5.1 – Métodos de proteção/reparação face a anomalias no betão

Princípio	Método de proteção/reparação
7- Preservação ou restauro da passivação	Aumento da espessura da camada de recobrimento, com adição de argamassa ou betão
	Substituição de betão carbonatado ou contaminado
	Realcalinização eletroquímica de betão carbonatado
	Realcalinização de betão carbonatado por difusão
	Extração eletroquímica de cloretos do betão
8 - Aumento da resistividade	Impregnação
	Impregnação hidrofóbica
	Revestimento superficial
9 - Controlo catódico	Limitação do teor em oxigénio através de saturação do betão ou revestimento superficial
10 - Proteção catódica	Aplicação de um potencial elétrico
11 - Controlo das áreas anódicas	Pintura de reforço com tintas que contenham pigmentos activos
	Pintura de reforço com tintas que funcionam como barreiras
	Aplicação de inibidores de corrosão

Quadro 5.2 – Métodos de proteção/reparação de anomalias à corrosão de armaduras

## 5.5. PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES

O estado do substrato é essencial quando se aplica um sistema de proteção, pois vai influenciar o comportamento deste face aos sistemas de proteção.

Segundo Hurley [38] e Rodrigues [39], os fatores adversos existentes na superfície que podem influenciar o comportamento da aplicação são os seguintes:

- **Presença de contaminações** – a existência de agentes descofrantes e membranas de cura que não sejam conciliáveis com o sistema de proteção a utilizar pode ser um fator adverso para a aderência ao sistema ao substrato;
- **Existência de materiais pulverulentos não aderentes** – os materiais pulverulentos são essencialmente a leitada do betão mais jovem, poeiras, eflorescências, sais e poluentes industriais. Estes fatores devem ser retirados de forma a melhorar a aderência entre o sistema de proteção e a superfície;

- **Textura da superfície** – a textura da superfície é, de igual modo, um fator importante para a aderência entre o sistema de proteção e o substrato, na medida em que, uma superfície demasiado lisa ou vidrada é prejudicial para a união dos mesmos;
- **Grau de humidade** – exceto os casos em que os sistemas de proteção possam ser aplicados em superfícies húmidas, a presença de humidade no betão aquando da aplicação do produto pode ser prejudicial para a aderência entre ambos;
- **Defeitos na superfície** – no caso de um substrato fissurado ou demasiado poroso, deve proceder-se a uma reparação prévia, para que a aplicação dos sistemas de proteção resulte numa barreira contínua e sem defeitos.

Previamente à execução da reparação, as superfícies devem estar devidamente preparadas estando isentas de qualquer produto ou irregularidade na superfície que possam prejudicar uma boa aderência entre o substrato e a nova camada a aplicar.

### 5.5.1. PREPARAÇÃO DO BETÃO

#### 5.5.1.1. Limpeza do betão

A preparação da superfície pode ser realizada através da limpeza do betão dependendo do grau da anomalia.

A finalidade da limpeza é remover pó, material não ligado e contaminantes de forma a melhorar a ligação entre a superfície limpa do substrato e o material a aplicar. Decapagem por jacto de água, ar comprimido limpo ou limpeza a vácuo são métodos eficazes.

Onde existem contaminantes ou onde estes penetram através da superfície, pode ser necessário removê-los utilizando métodos que envolvam, por exemplo, o uso de solventes ou limpeza a vapor.

O jato de água a alta pressão, exemplificado na fig.5.3, é utilizado para limpeza ou remoção superficial de betão até uma profundidade de 2 mm.

Os métodos para limpeza do betão são os seguintes: mecânicos, por percussão e por abrasão ; decapagem por jato de ar e de areia e por decapagem por jato de água com baixa pressão até 18 MPa.



Fig. 5.3 – Exemplo de uma limpeza da superfície de betão armado com jato de água

#### 5.5.1.2. Aderência entre materiais

Após uma cuidadosa limpeza da superfície do betão é necessário uma boa aderência entre a superfície existente e o material utilizado na reparação. Uma das técnicas é a criação de rugosidade no substrato através de ferramentas mecânicas de impacto como o martelo de agulhas.

#### 5.5.1.3. Remoção do betão

O betão deteriorado deverá ser retirado com alguns cuidados de modo a não comprometer a segurança da estrutura. O conhecimento prévio da localização das armaduras é fundamental para que estas não sejam danificadas. Na extensão da remoção deve ser tido em conta os fatores relevantes e a necessidade de ter recobrimento não contaminado na zona das armaduras.

Para os métodos que requerem a remoção do betão, devem ser satisfeitos os seguintes requisitos:

- a) A extensão da remoção deve ser apropriada ao Princípio e ao Método escolhidos entre os da ENV 1504-9 [36];
- b) A remoção deve ser a mínima possível;
- c) A remoção não deve reduzir a integridade estrutural para além da capacidade da estrutura desempenhar a sua função. Podem ser necessários suportes temporários;

- d) A profundidade de carbonatação e os perfis da concentração de cloretos ou outra contaminação no betão devem ser estabelecidos e tomados em consideração;
- e) A extensão da remoção do betão deve estar de acordo com o método escolhido e deve ser especificado. Deve ser tomado em conta o seguinte:
1. A resistência do betão à penetração de gases e fluidos;
  2. A natureza e concentração da contaminação antes e após a reparação;
  3. A profundidade da contaminação;
  4. A profundidade de carbonatação;
  5. A atividade de corrosão das armaduras;
  6. O recobrimento das armaduras;
  7. A necessidade de compactação do material de reparação;
  8. A necessidade da colagem ao substrato;
  9. A necessidade do tratamento das armaduras.

Deterioração da superfície do betão geralmente não é uniforme, assim as áreas que são necessárias reparar deverão ser modificadas de modo à implementação de formas simplificadas como se pode observar na fig.5.4. Na fig.5.5 são representados três passos possíveis na remoção do betão, em que: i) primeiro passo consiste em verificar se uma determinada secção emite som oco, significando por exemplo delaminação; ii) Segundo passo consiste na remoção através de um martelo hidráulico; iii) Implementação de formas simplificadas utilizando um disco diamantado de corte.

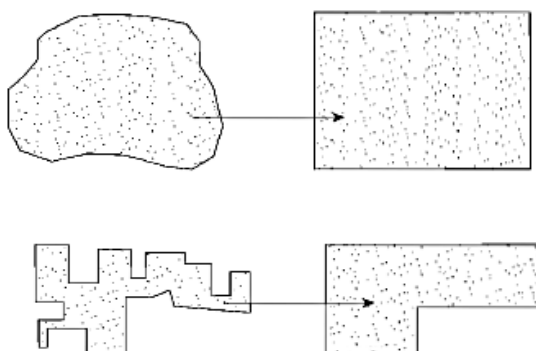


Fig. 5.4 – Recomendação de implementação de formas simples de reparação

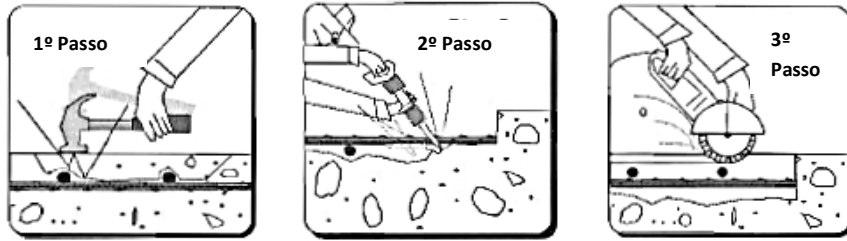


Fig. 5.5 – Esquema representativo da remoção do betão

As armaduras expostas se apresentarem corrosão, o betão deve ser removido numa profundidade de 15 mm ou na máxima dimensão dos inertes para além das armaduras. Caso exista contaminação com cloretos deve ser removido até 20 mm para além das armaduras. Para os lados a distância de remoção deve variar entre 50 e 100 mm [40].

Após a remoção do betão os bordos do betão deverão ser cortados com um ângulo mínimo de  $90^\circ$  e um ângulo máximo de  $135^\circ$ , para reduzir a possibilidade de transbordar sobre a superfície do betão adjacente sólido e deverão ser tornados suficientemente rugosos de forma a fornecer boa ligação entre o material original e o produto de reparação, ilustrado na fig.5.6.

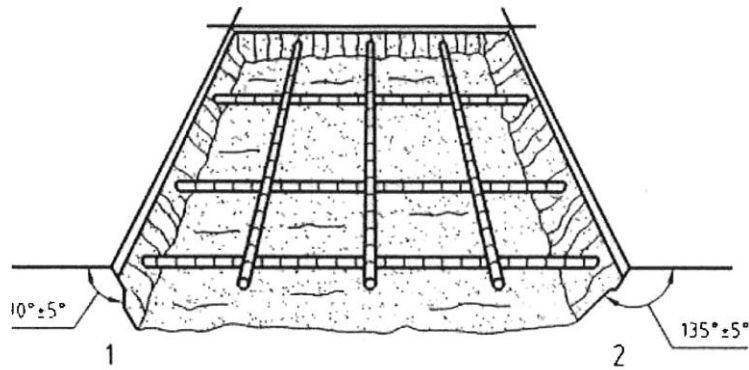


Figura 5.6 – Remoção do betão

Existem vários métodos para remoção do betão, estando estes métodos dependentes de vários fatores a ter em consideração como: custo, quantidade e qualidade do betão removido e risco de dano do betão a manter. Os métodos mais usuais são: por percussão mecânica, decapagem por jato de água com alta pressão até 60 MPa e muito alta pressão até 110 MPa e remoção por esmagamento (martelo hidráulico).

## 5.5.2. PREPARAÇÃO DAS ARMADURAS

O primeiro passo para este processo consiste na remoção do betão de acordo com o subcapítulo 5.5.1. da presente dissertação.

Para a preparação das armaduras o método de limpeza deve satisfazer aos seguintes requisitos:

- Deve remover-se a ferrugem, argamassa, betão, poeira e outro material deletério e não ligado que reduz a colagem e contribui para a corrosão;
- Toda a superfície exposta das armaduras deve ser uniformemente limpa, exceto se considerações estruturais o não permitirem;
- A menos que a limpeza seja feita imediatamente antes da aplicação dos produtos e sistemas de proteção, os substratos limpos devem ser protegidos da contaminação;
- As armaduras devem ser limpas sem lhes causar danos ou danificar ou contaminar o betão ou o ambiente adjacente.
- A limpeza pode ser realizada com auxílio de uma escova de aço ou outro processo abrasivo.

A técnica de limpeza depende da extensão a limpar, assim em pequenas extensões, uma limpeza manual é em geral suficiente por exemplo com esfregão de aço e em grandes extensões, o jato de areia é um método em geral mais eficiente. Na fig.5.7 é exemplificado à esquerda o estado de deterioração de uma laje, com delaminação, armaduras expostas e fendilhação; ao centro a preparação do betão e aço cumprindo o valor de profundidade abaixo das armaduras; à direita o sistema de reparação concluído, tendo sido aplicada a devida argamassa para o caso existente.

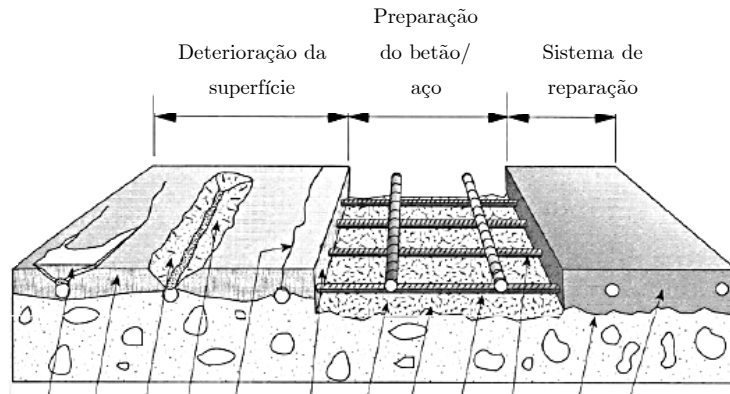


Fig. 5.7 – Estado deterioração(esq.) e reparação(dir.) de uma laje

Como se pode observar na fig. 5.8 existe uma perda de secção do varão, assim nos casos em que existe perda de secção significativa (mais de 25%) dos varões de aço é necessário proceder-se ao seu reforço através de colocação novos varões.

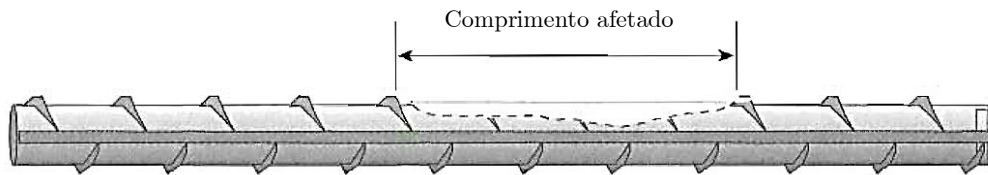


Fig. 5.8 – Perda significativa de um varão

Os novos varões devem ser colocados com comprimento equivalente à zona de perda significativa de secção acrescida do comprimento da emenda por sobreposição para cada um dos lados, ver fig. 5.10. Neste caso é contabilizada a transmissão de forças por aderência.

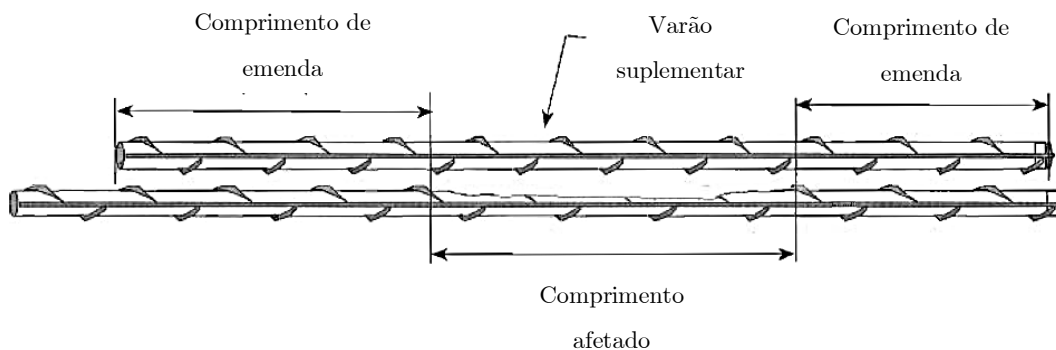


Fig. 5.10 – Reforço de armadura através de colocação de um novo varão

Alternativamente aos casos acima mencionados pode-se recorrer a ligações por soldadura ou acoplação mecânica, exemplificado na fig.5.11.

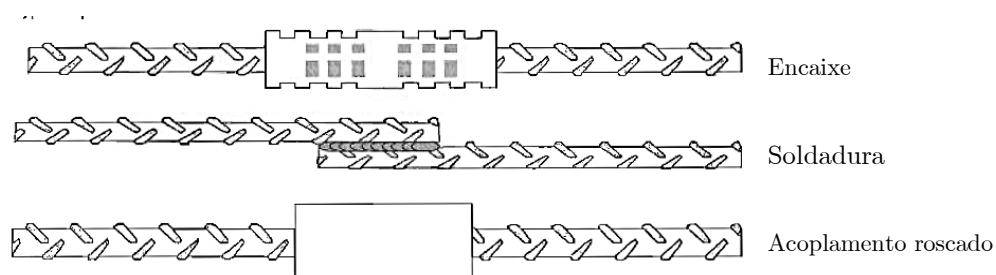


Fig. 5.11 – Tipos de ligações varões

## 5.6. SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO

Os produtos de reabilitação mencionados para cada solução de reabilitação, são referidos apenas os produtos SIKA, devido a possuírem uma gama abrangente estando os seus produtos certificados segundo a norma NP EN 1504 [3], sendo difícil encontrar no mercado nacional uma marca que abranja os parâmetros acima citados. Os produtos mencionados neste capítulo para cada solução de reabilitação são os produtos escolhidos e descritos no capítulo do caso de obra.

### 5.6.1 TÉCNICAS DE PROTEÇÃO SUPERFICIAL

#### 5.6.1.1 Introdução

Os tratamentos e revestimentos superficiais são aplicados a estruturas novas como medida preventiva, a estruturas existentes quando se antevê a necessidade de proteção adicional ou a estruturas que sofreram reparações, para prolongar a vida útil. Existem diversos tratamentos superficiais pelo que se irá mencionar sobretudo aqueles que incidem preventivamente sobre a corrosão das armaduras [41].

Na figura 5.12 representa um esquema dos diferentes tipos de tratamentos superficiais no betão, em que a) representa o revestimento orgânico, b) tratamento hidrofóbico, c) tratamento bloqueador de poros e d) revestimentos espessos cimentícios como o betão projetado ou reboco [41].

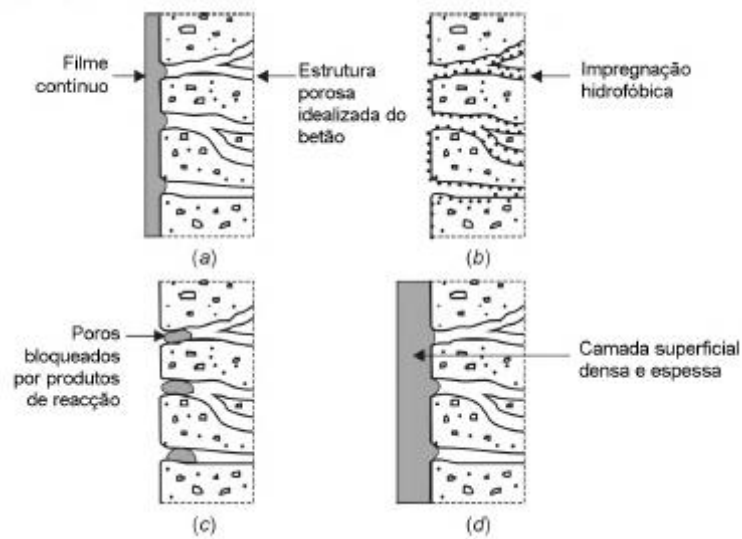


Fig. 5.12 – Representação esquemática dos diferentes tipos de tratamentos superficiais no betão [41].

São descritos os principais tipos de tratamento superficiais no quadro 5.1.

Classificação	Material
<b>Revestimentos que formem filme</b>	Acrílico
	Copolímero de Butadeína
	Borracha cloretada
	Resina epoxy
	Oleoresinoso
	Resina de poléster
	Copolímero de polietileno
	Poliuretano
	Vinil
<b>Tratamento hidrofóbico</b>	Silicones
	Siloxano
	Silano
<b>Tapa poros</b>	Silicatos
	Silicofluoreto
	Materiais de crescimento de cristais
<b>Reboco</b>	Argamassas de cimento simples e modificações por polímeros

Quadro 5.1 – Tratamentos superficiais

O método de aplicação mais apropriado depende do tipo e viscosidade do produto e da área a ser tratada, sendo os mais comuns por pulverização, rolo ou por trincha.

### 5.6.1.2. Impregnação

A impregnação consiste numa proteção superficial das estruturas de betão de modo a limitar o acesso de contaminantes e aumentar a sua resistência superficial. Na técnica da impregnação existem dois tipos: a impregnação simples e a impregnação hidrofóbica, ilustrados na fig.5.13.

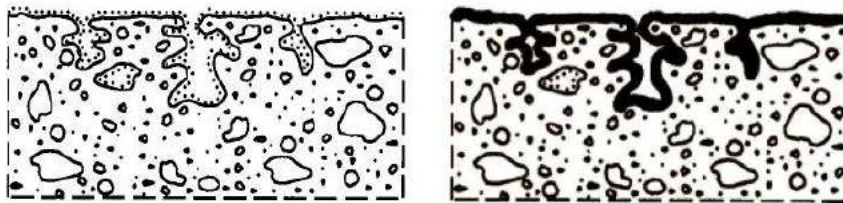


Fig. 5.13 – Esquema representativo das diferenças entre impregnação hidrofóbica(esq.) e impregnação(dir.)

O tratamento do betão por impregnação simples é destinado a reduzir a porosidade superficial e a reforçar a superfície, ficando os poros e capilares parcial ou completamente preenchidos. A técnica da impregnação resulta num filme superficial que bloqueia a passagem de agentes agressivos através do sistema de poros.

A impregnação hidrofóbica consiste no tratamento do betão destinado a produzir uma superfície repelente à água. A superfície interior dos poros e capilares fica revestida mas os poros não ficam preenchidos. Não há película sobre a superfície do betão e não há praticamente alteração da sua aparência.

### Utilização

Segundo a NP EN 1504 -10 [42], os revestimentos devem ser aplicados com espessuras entre o máximo e o mínimo especificado pelo fabricante. O grau de humidade da superfície afeta a capacidade de penetração da impregnação, assim sendo, fatores como a temperatura máxima e mínima, o teor de humidade do substrato e a temperatura e humidades ambientes devem ser especificadas e devem ser apropriadas ao material de revestimento por impregnação ou ao material de revestimento por impregnação hidrofóbica

A impregnação pode ser aplicada por pulverizador de baixa pressão, sob vácuo, gel, à mão, pincel ou rolo. A aplicação deve ser efetuada de cima para baixo, tendo o cuidado de não deixar o produto escorrer. Camadas sucessivas devem ser aplicadas “fresco sobre fresco”. Para uma boa aplicação do produto, a impregnação deverá penetrar na superfície pelo menos 2 mm.

Os produtos indicados para uma solução de reabilitação através do método de impregnação devem ser escolhidos devido às suas propriedades à base de silanos ou siloxanos (silicones).

De acordo com a NP EN 1504 – 9 [37], os métodos de proteção e seus princípios a ser seguidos para a execução da solução por impregnação são:

- **Método 1.1** → Princípio 1 – Proteção contra a penetração de agentes agressivos – Impregnação
- **Método 2.1** → Princípio 2 – Controlo da humidade
- **Método 5.2** → Princípio 5 – Resistência física
- **Método 6.2** → Princípio 6 – Resistência ao ataque químico
- **Método 8.1** → Princípio 8 – Aumento da resistividade – Aumenta a resistividade elétrica do betão

Os produtos de impregnação para a solução de reparação podem ser os seguintes:

SIKA – Sikagard 700 S – impregnação hidrofóbica hidrorrepelente à base de silicone (profundidade inferior a 10 mm)

SIKA – Sikagard 706 thixo – Impregnação hidrofóbica à base de silanos (profundidade superior a 10mm)

#### **5.6.1.2. Revestimento superficial**

O revestimento superficial, exemplificado na fig.5.14, consiste num tratamento destinado a produzir uma camada protetora continua sobre a superfície do betão, podem ser: por pintura ou com ligantes minerais e mistos. A aplicação destes materiais melhora a superfície do betão, para maior resistência ou desempenho face a influências externas específicas. Estes podem ser elásticos com capacidade de fissuras, impermeáveis e resistentes à carbonatação.

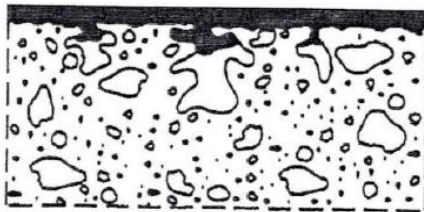


Fig. 5.14 – Representação esquemática de um revestimento superficial

### **Revestimento por pintura**

Os revestimentos por pintura resultam da aplicação de uma ou mais demãos de produto (s) de pintura e atinge espessuras e atinge espessuras de 0,1 mm a 1 mm (se formulados com um elevado teor de sólidos). Possuem características de durabilidade e grau de proteção muito variáveis, assim a sua eficiência e o modo de proteção difere com o tipo de ligante utilizado (poliuretanos, borracha clorada, acrílicos, vinílicos, epoxídicos, betuminosos, à base de cimento, etc).

Tipo de tintas indicado segundo diferentes patologias:

- **Carbonatação**

Controlo da carbonatação deverá se utilizar as tintas acrílicas, pois estas são as mais eficazes.

- **Cloretos**

Combate aos cloretos, as tintas epoxídicas, de poliuretano ou borrachas são as mais indicadas.

Para proteções especiais as tintas vinílicas são as mais indicadas, possuem um maior custo mas garantem melhor resistência química e à penetração da água e excelente aderência.

### **Revestimento de ligantes minerais e mistos**

Os revestimentos de ligantes minerais e mistos são geralmente formulados com um teor elevado de cargas inertes, por vezes contêm polímeros (revestimentos de ligantes mistos) em quantidades variáveis e podem atingir espessuras superiores a 5 mm. Atuam de modo semelhante aos revestimentos por pintura, diferindo na espessura. O elevado teor em agregados que possuem confere uma boa resistência à radiação ultravioleta, embora a

aderência à superfície possa ser prejudicada em relação a produtos com teores mais elevados em ligantes poliméricos, como por exemplo os revestimentos por pintura [40].

O ligante mineral mais utilizado é o cimento, mas também se pode recorrer a ligantes aéreos como a cal hidráulica. A utilização de fibras de reforço por exemplo, vidro ou policarbonato, atribuem uma maior resistência ao revestimento.

Fissuras superficiais com movimentos até 0,3 mm podem ser reparadas, seladas e o seu movimento acomodado através da utilização de revestimentos elásticos com capacidade de ponte de fissuras, impermeáveis e resistentes à carbonatação. Os produtos de reparação deste tipo de fissuras designa-se por selantes que possuem uma ação intermedia (relativamente aos revestimentos anteriormente referidos), penetrando nos poros e ao mesmo tempo formando uma película superficial. Os selantes são constituídos à base de resinas sintéticas, possuem geralmente boas características de aderência ao betão e por vezes são usados como primários, antes da aplicação de um produto de acabamento.

<b>LIGANTES HIDRAULICOS (Principais características)</b>	
<b>Cal hidráulica</b>	Tem presa lenta
	Endurece dentro de água e ao ar atmosférico
	Aproxima-se das características de um cimento, mas com menor resistência
	Grande plasticidade e elevada trabalhabilidade
	Forte aderência
	Grande poder de retenção de água, opondo-se à retração inicial
	Fraca tendência para a fissuração e fendilhamento
	Boa impermeabilidade e durabilidade
<b>Cimento portland</b>	É o ligante hidráulico mais importante, emprega-se normalmente na confeção de betões e argamassas
	Desenvolvimento rápido das resistências mecânicas
	Elevadas resistências a todas as idades
	A temperaturas negativas o endurecimento pára
	Reage mal a águas agressivas

Quadro 5.2 – Principais características entre cal hidráulica e cimento Portland

## Utilização

Na aplicação dos revestimentos superficiais são necessários cuidados indispensáveis, nomeadamente:

- A limpeza da superfície de modo a garantir adesão do produto à superfície do elemento;
- Colocação de uma primeira camada de revestimento de pequena espessura para regularização da superfície;
- Aplicação por spray, rolo ou pincel;
- Ter em atenção a temperatura e humidade indicadas pelo fabricante para aplicação.

Para os revestimentos de ligantes minerais e mistos não é aconselhável a utilização de resinas epóxi pois não permite a permeabilidade ao vapor do betão.

De acordo com a NP EN 1504 – 9 [37], os métodos de proteção e seus princípios a ser seguidos para a execução da solução por revestimento superficial são:

- **Método 1.2** → Princípio 1 – Proteção contra o ingresso
- **Método 2.2** → Princípio 2 – Controlo da humidade
- **Método 5.1** → Princípio 5- Aumento da resistência física
- **Método 6.1** → Princípio 6 – Resistência aos químicos
- **Método 8.1** → Princípio 8 – Aumento da resistividade
- **Método 9.1** → Princípio 9 – Controlo catódico

Os produtos de revestimento superficial para a solução de reparação podem ser os seguintes:

SIKA – Sikagard 680/681 – Tinta composta por resinas acrílicas

SIKA – Icoment Massa – Barramento de igualização de betão e agente adesivo para argamassas

### 5.6.1.3.Membranas

As membranas, apresentadas na fig.5.15, são revestimentos superficiais flexíveis de base polimérica, betuminosa ou de cimento garantindo total impermeabilidade à água e aos

gases. Este produto tem como objetivo evitar a passagem de agentes nocivos para o substrato.

As membranas mais correntes são as de asfalto, PVC, polietileno e neoprene. Este tipo de produto pode ser aplicado sob a forma líquida ou em rolo, aplicado por aquecimento. Justifica-se a aplicação de membranas sobretudo em ambientes quimicamente agressivos ou em casos de exposição a elevadas pressões hidrostáticas.



Fig. 5.15 – Aplicação de membrana líquida (esq.), aplicação de membrana tipo tela (dir.)

### Utilização

A norma NP EN 1504 [3] não refere cuidados a ter na aplicação deste produto. Tendo em conta as características do produto é necessário que o substrato esteja seco e limpo de sujidades.

De acordo com a NP EN 1504 – 9 [37], os métodos de proteção e seus princípios a ser seguidos para a execução da solução por aplicação de membranas são:

- **Método 1.3** → Princípio 1 – Proteção contra o ingresso
- **Método 1.7** → Princípio 1 – Proteção contra o ingresso
- **Método 6.7** → Princípio 6 – Resistência aos químicos
- **Método 9.1** → Princípio 9 – Controlo catódico

Os produtos de membranas para a solução de reparação pode ser o seguinte:

SIKA – Sikalastic 612 – Membrana impermeabilizante líquida de alta elasticidade.

#### 5.6.1.4. Nova camada de recobrimento

A colocação de uma nova camada de recobrimento permite um aumento de proteção do substrato. O recobrimento é constituído à base de argamassa, base de cimento com polímeros ( latex, resinas sintéticas como a epoxy) ou cimento Portland, podendo ser armado com malha de aço ou fibras e a sua espessura situar-se entre 5 a 60 mm. Acima dos 60 mm deve-se utilizar o microbetão (betão com agregados de pequena dimensão) de modo a existir um controlo da fendilhação devido a fenómenos de retração.

#### Utilização

Para aplicação de novas camadas de recobrimento é necessário existir limpeza da superfície e existência de aderência entre o substrato e argamassa aplicar através da criação de rugosidade. Numa aplicação manual a superfície deve ser previamente humidificada ou aplicação de um primário. A aplicação do recobrimento de ser faseada e ser executada em camadas finas.

De acordo com a NP EN 1504 – 9 [37], os métodos de proteção e seus princípios a ser seguidos para a execução da solução para aplicação de uma nova camada de recobrimento são:

- **Método 2.3** → Princípio 2 – Controlo da humidade
- **Método 5.1** → Princípio 5 – Aumento da resistência física
- **Método 6.1** → Princípio 6 – Resistências aos químicos
- **Método 7.1** → Princípio 7 – Preservação ou restauração da passividade

Os produtos de para uma nova camada de recobrimento para a solução de reparação pode ser o seguinte:

SIKA – Sikatopseal 107 – Argamassa impermeabilizante, mistura de cimentos e polímeros.

#### 5.6.1.5. Proteção física exterior

Designa-se proteção física exterior elementos construtivos exteriores colocados sobre a superfície de betão. Com este tipo de produto consegue-se controlar a exposição ambiental e o nível de agressividade a que a superfície de betão estava sujeita.

Este tipo de sistema altera completamente a estética e esconde sinais de deterioração da estrutura o que pode ser prejudicial, assim com uma inspeção periódica permite verificar o estado de conservação da estrutura.

A grande vantagem consiste na rapidez e facilidade de execução. Um dos produtos de proteção física exterior é a colocação de painéis fabricados, exemplo painéis GRC (painéis de cimento reforçado com fibras de vidro).

De acordo com a NP EN 1504 – 9 [37], os métodos de proteção e seus princípios a ser seguidos para a execução da solução para aplicação de uma proteção física exterior são:

- **Método 1.6** → Princípio 1 – Proteção contra o ingresso
- **Método 2.3** → Princípio 2 – Controlo da humidade

## **5.6.2. Técnicas de prevenção de corrosão**

### **5.6.2.1 Introdução**

A fig. 5.16 apresenta uma síntese das principais técnicas utilizadas para a redução ou anulação da velocidade de corrosão. Para o tratamento da deterioração por corrosão de armaduras existem três tipos de soluções: i) substituição dos elementos deteriorados; ii) redução ou anulação da velocidade de corrosão; iii) conceção de uma estrutura nova.

Quanto à solução por redução ou anulação da velocidade de corrosão existe a solução pelo proceso ânodico, catódico e eletrólito. Todas as técnicas mencionadas são referidas no presente capítulo.

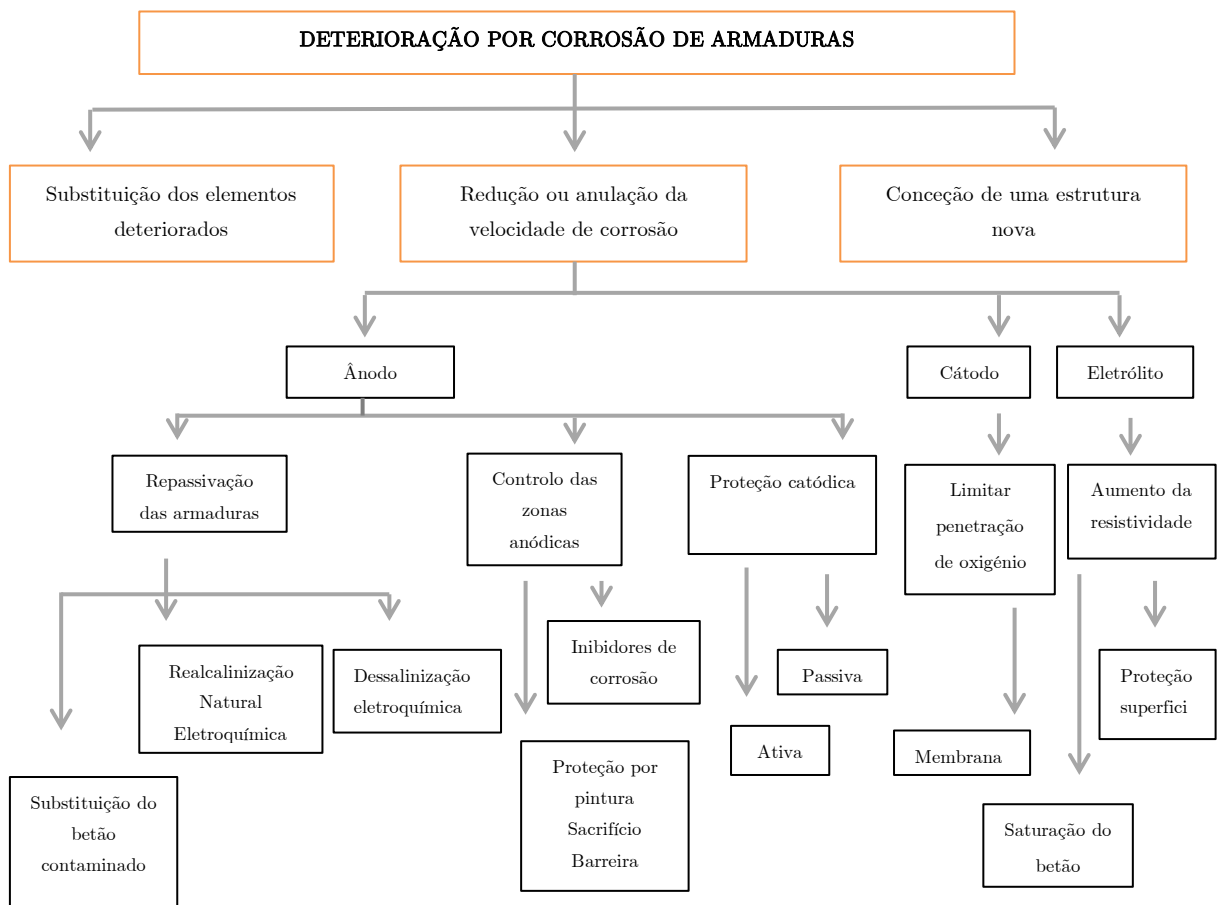


Fig. 5.16 – Técnicas de redução/anulação da taxa de corrosão

### 5.6.2.1. Proteção do aço contra a corrosão

O betão confere proteção às armaduras, este constitui uma barreira física que o separa do meio ambiente e possui uma elevada alcalinidade que permite formar uma película fina de óxido de ferro na superfície do aço, sendo esta designada por camada de passivação.

O objetivo da prevenção da corrosão reside na proteção da camada de passivação através de duas formas: proteção dos varões de aço com revestimento ou pela utilização de inibidores de corrosão no betão.

#### Revestimento dos varões de aço

Os revestimentos dos varões de aço funcionam como barreiras e são divididos em dois tipos: pigmentos eletricamente ativos e revestimentos estanques.

Os revestimentos que contêm pigmentos eletricamente ativos fornecem proteção catódica localizada. O mais usual é a utilização do pigmento Zinco, segundo Helene [43] o zinco

protege de duas formas: como barreira entre o aço e ambiente como ânodo de sacrifical. O zinco é capaz de reagir tanto em meios ácidos como em meios básicos, assim os seus produtos de corrosão tendem a colmatar os poros do betão e inibir a continuação do ataque. Estes produtos de corrosão do zinco são menos expansivos e ligeiramente mais solúveis do que o óxido de ferro, possibilitando o alojamento na interface aço-betão, diminuindo as tensões e conseqüentemente as fissurações. Segundo a NP EN 1504 parte 7 [44], é referido que o cimento é considerado um pigmento ativo devido à sua alcalinidade.

Os revestimentos estanques consistem no isolamento da armadura da água dos poros da matriz cimentícia envolvente. O revestimento mais usual é a resina epóxi, pois esta possui boas propriedades de aderência e resistência química, alta resistência à abrasão e ao impacto. Existe um inconveniente na aplicação por epóxi, ocorre quando existem danos à película, provocam aparecimento de células de corrosão. Existindo uma agravante, em que não é possível aplicar tratamentos eletroquímicos em armaduras revestidas com epóxi, dificultando muito o tratamento desta corrosão. As espessuras do revestimento devem compreender entre 180  $\mu\text{m}$  e 300  $\mu\text{m}$  de modo a não comprometer a flexibilidade e garantir uma proteção eficaz [45]. Espessuras inferiores a 250  $\mu\text{m}$  não afetam a aderência entre o aço e betão, mas para valores superiores podem levar reduções de 60 % [45].

Uma importante consideração a ter em conta consiste na tensão de aderência entre aço e o betão que deve ser igual ou superior ao considerado no projeto.



Fig. 5.17 – Corrosão devido a rotura do filme de resina numa armadura

## Inibidores de corrosão

Os inibidores de corrosão são compostos químicos quando aplicados no betão podem evitar ou diminuir corrosão das armaduras sem causar danos nas propriedades do betão.

Para garantia de bons resultados na aplicação dos inibidores é necessário ter em consideração quatro aspetos: a causa da corrosão, para identificação se o problema pode ser solucionado através da utilização de inibidores; o custo da sua utilização, para verificar se o custo excede o das perdas causadas pela corrosão; as propriedades e mecanismo dos inibidores, para verificação da sua compatibilidade; e condições adequadas de adição e controle, para garantia de correta utilização.

Os inibidores de corrosão podem ser de natureza orgânica e inorgânica, sendo classificados segundo a sua função: catódico, anódico e misto. É necessário ter atenção a quantidade utilizada, pois se a quantidade for inferior ao limite crítico, os produtos de proteção não se formarão em toda a superfície, ocorrendo corrosão localizada em áreas não protegidas [45].



Fig. 5.18 – Aplicação de inibidores de corrosão.

## Utilização

Na aplicação da proteção das armaduras, estas devem ser previamente limpas. Todo o perímetro e extensão do varão exposto deve ser revestido. Deve-se aplicar em toda a extensão do betão o inibidor de corrosão e não apenas localizadamente, pois pode-se criar um potencial eletroquímico na região envolvente da área de reparação.

De acordo com a NP EN 1504 – 9 [37], os métodos de proteção e seus princípios a ser seguidos para a execução da solução para aplicação de uma proteção contra a corrosão no aço, segundo o princípio 11 que consiste no controlo das áreas anódicas são:

- **Método 11.1** → Revestimento ativo da armadura
- **Método 11.2** → Revestimento barreira da armadura
- **Método 11.3** → Aplicação de inibidores de corrosão no betão

Produtos de proteção contra a corrosão para a solução de reparação podem ser os seguintes:

SIKA – Monotopo910S – Produto à base de cimento, melhorado com resina sintética e sílica de fumo.

SIKA – Sikatoparmatec 110 EPOCEM – Revestimento à base de cimento e resina epoxy modificada.

### **5.6.2.2 Métodos eletroquímicos**

As técnicas eletroquímicas de proteção e reparação em estruturas danificadas por corrosão de armadura são três: proteção catódica, realcalinização e dessalinização. Estas técnicas consistem na aplicação de uma corrente elétrica contínua entre a armadura, que funciona como cátodo, e um eletrodo auxiliar externo, que funciona como ânodo. As principais diferenças estão na densidade de corrente aplicada e na duração do tratamento.

#### **Proteção catódica**

A proteção catódica consiste em aplicar o potencial da armadura abaixo do potencial de corrosão, conseguido através de um fluxo de corrente constante ao longo de toda a vida da estrutura. A proteção catódica pode ser classificada em passiva e ativa.

O método de proteção catódica passiva consiste na instalação de um ânodo sacrificial, a corrente elétrica é resultada da diferença de potencial entre dois metais distintos, sendo um deles o aço-carbono da armadura (cátodo) e, o outro, um metal menos nobre (ânodo). Dos metais adotados são o zinco, alumínio ou magnésio

O tipo de proteção catódica ativa consiste numa corrente de proteção por imposição de tensões elétricas geradas por uma fonte externa de alimentação. São usados retificadores de modo a retificar corrente alternada, sendo o polo positivo conectado a um ânodo e o polo negativo conectado à armadura. O sistema de ânodos mais utilizados são os seguintes: malha de titânio, revestimentos ou tintas orgânicas condutoras, ânodos em forma de sonda, tiras de titânio e revestimentos metalizados como o zinco puro.

Importante consideração na aplicação deste método é ter em conta a espessura de recobrimento do betão, variações de espessura podem causar fluxo de correntes não uniformes.

### Realcalinização

Este método tem como objetivo devolver a alcalinidade do betão em redor das armaduras, para o restabelecimento e manutenção da camada de passivação de óxido de ferro sobre a superfície das armaduras, sem que seja necessário a remoção do betão. O método de realcalinização tem duração de cerca de uma a duas semanas, segundo o princípio da figura 5.19.

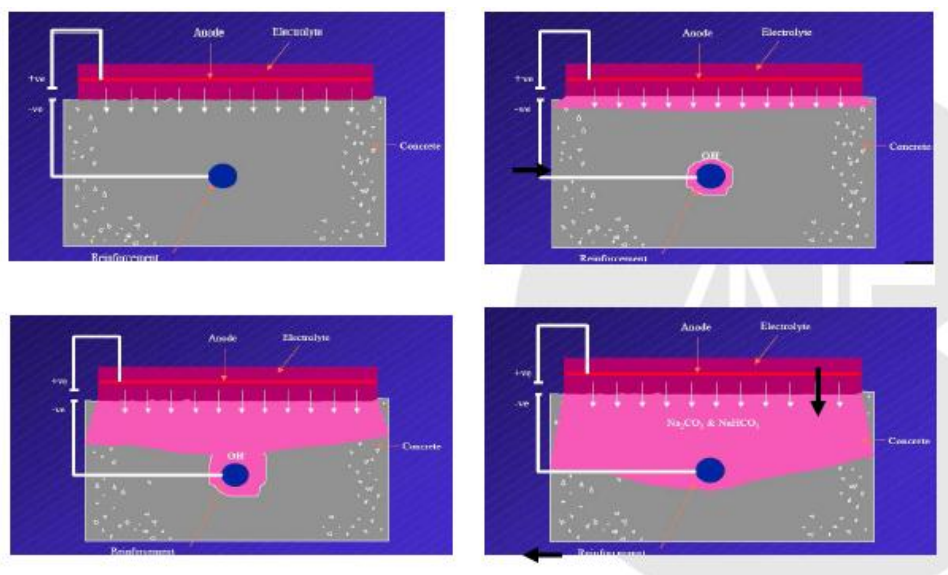


Fig. 5.19 – Princípio da Realcalinização

O processo consiste em aplicar um campo elétrico entre a armadura de aço no interior do betão e uma malha de aço inserida numa solução alcalina, colocada externamente sobre a superfície do betão.

Em superfícies verticais a solução deve ser impregnada numa polpa de celulose [25]. É importante que não existam revestimento sobre a estrutura de betão. É necessário que seja medido a carbonatação do betão antes de se aplicar o processo de modo a ser avaliada a sua evolução.

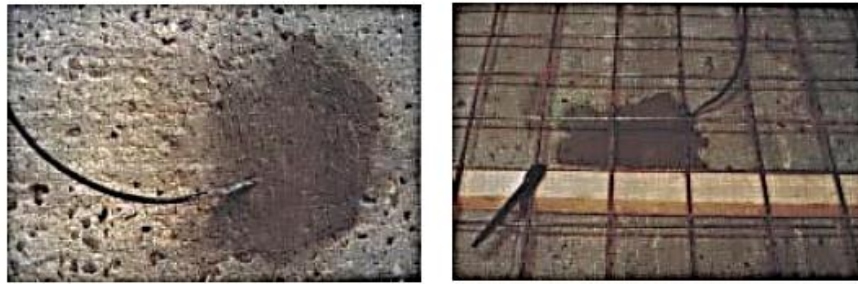


Fig. 5.20 – Conexão elétrica da armadura e malha metálica (ânodo) instalada e conectada ao terminal positivo

### Dessalinização

A dessalinização, representada na fig.5.21, é um método eletroquímico, em que se aplica temporariamente, para controlar a corrosão das armaduras no betão contaminado por cloretos. Este método tem como objetivo remoção dos cloretos no betão junto das armaduras e assim reduzir o seu teor até valores inferiores aos considerados críticos para a indução da corrosão. Esta técnica consiste na aplicação temporária de corrente elétrica contínua, entre a armadura do betão (cátodo) e uma malha de um ânodo, aplicada na superfície do betão e embebida numa solução eletrolítica. Devido à passagem da corrente contínua, os iões cloro (carregados negativamente) são atraídos para o ânodo (carregado positivamente) e migram para fora do betão. Simultaneamente, ocorre um fenómeno de eletrolise na interface aço/betão que produz um ambiente alcalino e conduz à re-passivação das armaduras.

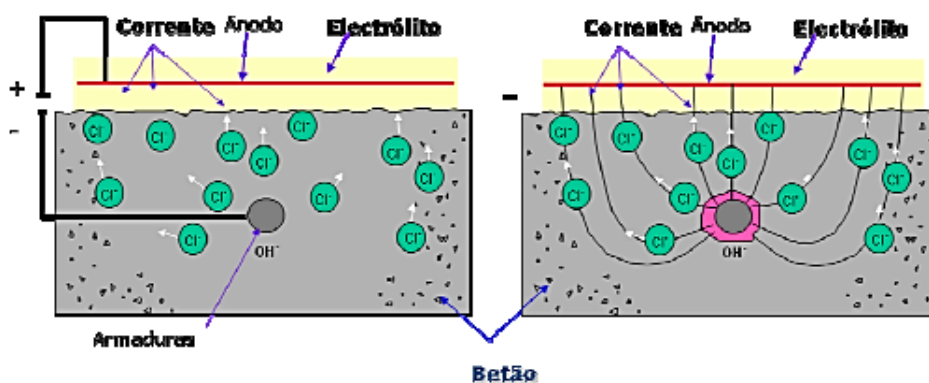


Fig. 5.21 – Princípio da dessalinização

Na fig.5.22 é exemplificado o processo de execução do método de dessalinização, apresentando o tipo de ligações entre os materiais necessários para que o processo ocorra.



a)



b)



c)



d)

Fig. 5.22 – Método de dessalinização

De acordo com a figura 5.22 observa-se o seguinte processo de instalação : a) Instalação da malha de aço (ânodo entre camadas de feltro, b) Ligações às armaduras (catódicas) e à malha d aço (anódicas), c) Instalação do sistema de rega para manter a humidade e d) Exemplo das ligações às fontes de alimentação.

### 5.6.3. TÉCNICAS DE REPARAÇÃO BETÃO DETERIORADO

#### 5.6.3.1 Introdução

A substituição de betão deteriorado por uma proteção adequada é uma tarefa de grande importância. O betão armado danificado deve ser reparado com materiais altamente alcalinos, à base de cimentos impermeáveis, com propriedades o mais parecidas com as do betão existente. A exigência de diminuição do tempo de intervenção, levou ao

desenvolvimento de materiais de rápida colocação e com elevadas resistências iniciais; más acessibilidades conduziram ao desenvolvimento de materiais fluidos. Enquanto alguns materiais têm características próprias que oferecem vantagens significativas em situações particulares, outros, quando comparados com materiais convencionais, têm vantagens globais apesar dos seus custos elevados. [46]

O sucesso de qualquer reparação depende essencialmente de dois fatores: diminuição da retração após colocação e garantia de boa aderência ao betão existente. Têm sido usados uma grande variedade de métodos para diminuir a retração e promover melhores aderências [46].

Nos sistemas à base de cimentos, a retração pode ser compensada com o uso de aditivos expansivos na mistura, ou pela pré-retração das argamassas. Nos sistemas 100 % à base de resinas com endurecedores, os produtos poliméricos contendo inertes” apresentam geralmente retrações negligenciáveis, enquanto a resina e o endurecedor isoladamente podem apresentar retrações consideráveis. Nos sistemas à base de cimento, a adesão ao substrato pode ser melhorada com o uso de leitadas de cimento ou de cimento e látex. Os sistemas poliméricos, por seu lado, têm já excelente adesão aos substratos de betão [46].

As características a exigir aos materiais de reparação e reabilitação, são [47]: i) devem ser tão duráveis como o material envolvente; ii) devem requerer um mínimo de preparação no local; iii) possuir tolerâncias para intervalos relativamente largos de temperaturas e humidades; iv) devem ser quimicamente compatíveis com o substrato; v) possuir cores e texturas superficiais similares ao material existente.

### **5.6.3.2 Tratamento de fissuras**

Devido a um determinado tipo de anomalias, o betão pode deteriorar-se provocando fendas. Estas fendas poem em causa a durabilidade de uma estrutura através da exposição a agentes agressivos, deste modo a reparação destas é essencial. Na reparação das fissuras, é necessário devolver o desempenho e funcionamento monolítico aos elementos danificados. Apenas as fendas que prejudiquem o comportamento da estrutura devem ser objeto de tratamento (comportamento estrutural, funcionalidade, durabilidade, estética).

As fendas podem ser classificadas do seguinte modo:

- **Passivas** – fendas que não apresentam movimento, a causa que originou a fenda deixou de existir. (ex<sup>o</sup> fendas de retração após estabilização)
- **Ativas** – fendas que apresentam variação de abertura. (ex<sup>o</sup> fendas causadas por variações térmicas, corrosão, reações expansivas).
- **Latentes** – fendas passivas que podem tornar-se ativas após a intervenção da reabilitação. (ex<sup>o</sup> eliminação de juntas de dilatação).

Segundo a NP EN 1504-5 [48], os produtos de injeção podem ser classificados em três categorias de acordo com a aplicação pretendida, são os seguintes:

- Produtos de injeção para enchimento transmissor de forças das fissuras, vazios e interstícios no betão. São produtos capazes de se colarem à superfície do betão e transmitirem forças através deles. Os materiais usuais são as resinas epoxys e as caldas de cimento, em geral estes são rígidos e frágeis após endurecimento.
- Produtos de injeção para enchimento dúctil das fissuras, vazios e interstícios no betão. São produtos flexíveis capazes de suportar movimentos posteriores. Os materiais usuais são os poliuretanos.
- Produtos de injeção para enchimento expansivo das fissuras, vazios e interstícios no betão. São produtos capazes de, após a reação, expandir repetidamente por absorção de água, por as moléculas de água se ligarem às moléculas dos produtos de injeção. Os materiais mais usuais são os géis acrílicos e resinas de poliuretano.

As técnicas de tratamento de fendas são determinadas pela sua estabilidade dimensional. Para o tratamento de fendas existem três tipos de técnicas de injeção: Injeção sob pressão (o material de injeção é colocada sob pressão através de furos e tubos executados na zona superficial da fenda), preenchimento por gravidade (o material é vertida e penetra na fenda por ação da gravidade) e por injeção superficial com vácuo – a zona a injetar é sujeita a vácuo e o material é colocado posteriormente sob pressão.

Segundo a composição dos materiais de injeção existem dois tipos para o preenchimento das fendas: minerais (como as caldas de cimento ou cal) e poliméricos (como as resinas epoxy ou de poliuretano).



Fig. 5.23 – Injeção de resina de epóxido numa laje de betão armado

### Utilização

O tratamento de fendas podem ser de três tipos: injeção das fendas, selagem superficial e reforço de fendas.

Antes do início do processo de injeção de fendas é necessário remoção do betão danificado e limpeza das fissuras. Posteriormente no plano das fissuras são abertos um determinado numero de furos no seu plano e o espaçamento entre estes depende da largura das fendas. Após a limpeza a ar comprimido das poeiras devido à abertura dos furos, segue-se a introdução nesses furos tubos por onde se injetara a resina. Seguidamente efetua-se a selagem estanque da superfície da fissura que pode ser feita com pasta de resina ou com argamassa de cimento especiais. A injeção deve ser continua e no sentido ascendente para expulsão do ar. Por fim a remoção da selagem e limpeza das superfícies.

Importante referir que as resinas injetadas possuem tendência a ser absorvidas pelas microfissuras das argamassas. Assim sendo, convém que após finalização do enchimento das fendas, se mantenha a pressão durante aproximadamente 15 minutos, de forma a compensar as absorções por capilaridade e garantir que não se formem vazios.

As características de desempenho dos produtos são classificados em: características de base, características de trabalhabilidade, características de reatividade e durabilidade. Na execução do tratamento das fendas é necessário ter em conta condições particulares como:

- Temperatura de transição vítrea deve ser considerada se a temperatura do produto endurecido for superior a 21°C ou inferior a 3° C.
- Teor de iões de cloreto e o comportamento à corrosão devem ser considerados para a injeção do betão armado

- Estanquidade à água deve ser considerada para as injeções de estanquidade
- Expansão e a velocidade de expansão de produtos expansivos

Para fendas com pequenas espessuras os materiais utilizados são polímeros, como os mástiques. Para fendas com grandes espessuras são utilizados produtos de silicone ou poliuretanos.

O tratamento de fendas consiste em restabelecer o monolitismo e estanquidade das construções em betão. Quando a injeção de fendas não é suficiente devido às forças existentes é necessário um reforço como os grampos exemplificado na fig.5.23.

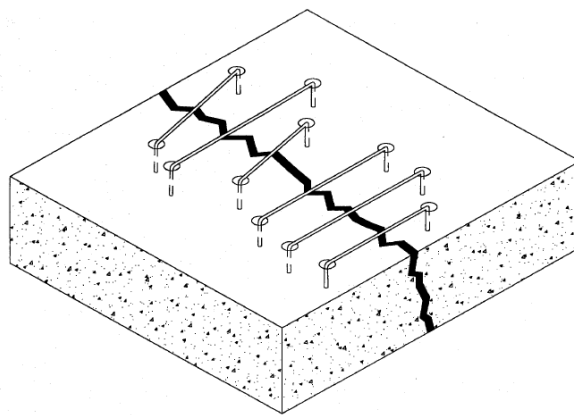


Fig. 5.23 – Utilização de grampos no reforço de uma fenda

De acordo com a NP EN 1504 – 9 [37], os métodos de proteção e seus princípios a ser seguidos para a execução da solução no tratamento de fendas são:

- **Método 1.4** → Princípio 1 – Proteção contra a penetração de agentes agressivos
- **Método 1.5** → Princípio 1 – Proteção contra a penetração de agentes agressivos
- **Método 4.5** → Princípio 4 – Reforço estrutural
- **Método 4.6** → Princípio 4 – Reforço estrutural

Produtos para tratamento de fendas para a solução de reparação podem ser o seguinte:

SIKA – Sikadur 52 Injection – Resina de epoxy para injeções

### 5.6.3.3 Aplicação de argamassa e microbetão em zonas deterioradas

A colocação de argamassa em zonas deterioradas deve-se a uma necessidade de proteção da estrutura de betão, muitas vezes devido à delaminação do betão em que por vezes expõe as armaduras provocando uma acelerada corrosão.

#### **Argamassas e betões à base de cimento Portland (ligante mineral)**

O ligante mais utilizado na conceção das argamassas e betões para reparações superficiais é o cimento Portland, assim estas argamassas e betões possuem inúmeras vantagens como materiais de reparação: dilatações térmicas semelhantes ao betão do substrato, aparência semelhante e custos relativamente baixos. A maior parte destes produtos usam cimentos com rápidos endurecimentos e contêm agentes expansivos que provocam a dilatação dos betões e argamassas, quer em fase plástica quer após o endurecimento. A expansão na fase plástica estabelece um contacto mais eficaz com o substrato, preenchendo completamente as superfícies e promovendo uma boa aderência. É no entanto importante restringir a expansão de modo a que se originem as tensões de compressão no interior das argamassas ou betões, para que quando ocorrer a retração, a perda de humidade liberte essas tensões de compressão, reduzindo a extensão da retração.

Estes materiais também representam algumas desvantagens, tais como elevadas retrações e tendência para fendilhar quando não há cuidado em manter o conteúdo de água baixo e não se promove uma cura adequada. Também apresentam poucos ganhos de resistência quando as temperaturas são baixas. Nestas situações, os cimentos de elevadas resistências iniciais misturados com superplastificantes e aditivos aceleradores, têm presas suficientemente rápidas para essas situações.

Em circunstâncias especiais, existem pastas de cimento e areia com dosagens especialmente preparadas, que são usadas nas reparações. Estes produtos contêm inertes com uma granulometria específica, adjuvantes e aditivos para promoverem propriedades específicas.

As pastas têm vantagem de serem fluidas e facilmente bombeáveis, recomendando-se para áreas de difícil acessibilidade. A estas técnicas de colocação, anda muitas vezes associada outra técnicas que é a do betão pré-colocado.

Na técnica do betão pré-colocado, o inerte é colocado primeiro, com auxílio de cofragens apropriadas, e só depois é aglutinado pela introdução da pasta. Este método de reparação está especialmente adaptado para reparações debaixo de água e outras reparações em que há baixa acessibilidade e se requerem baixas retrações.

As técnicas “dry pack” refere-se a argamassas ou betões que podem ser utilizados com consistência nula. A aplicação deve ser feita por operários experimentados, porque o material tem tendência para formar vazios quando é mal aplicado.

O betão reforçado com fibras tem sido aplicado com sucesso em revestimentos delgados

### **Betões e argamassas polímeras**

Sempre que possível, é desejável que por razões técnicas que por razões económicas, que o betão armado deteriorado seja reparado por materiais à base de cimento impermeável e altamente alcalino, com propriedades próximas do betão do substrato. Contudo, há um vasto tipo de situações em que as composições dos materiais de reparação contendo polímeros, quer como aditivos quer como ligantes de elevadas resistências, são mais apropriados para executar as reparações dos betões ou argamassas degradados [30]. Os betões polímeros compreendem uma combinação de inertes finos e ásperos juntos numa matriz polimerizada. A polimerização dá-se após o contacto de dois constituintes que reagem entre si: a resina ou base e o endurecedor.

A reação de policondensação inicia-se logo que se efetua a mistura dos constituintes, dedicando um intervalo de tempo para que se possa fazer a aplicação. Este intervalo de tempo pode ser designado por duração prática de utilização, “pot-life”.

Nas maior parte dos casos os epóxidos ( um dos tipos de resinas mais divulgados), não são utilizados puros, mas adicionados de diferentes produtos com a finalidade de facilitar a sua aplicação ou para obter produtos finais possuindo características bem definidas para a aplicação concreta a que se destina. Estes aditivos podem agrupar-se nas seguintes categorias [47].

- Solventes que se destinam a facilitar a aplicação dos epóxidos diminuindo a sua viscosidade; podem distinguir-se os solventes não reactivos e os reactivos.
- Plastificantes que se destinam a aumentar o alongamento à rotura e a diminuir a sua fragilidade

- Aceleradores que podem utilizar-se quando se pretende reduzir o tempo de cura ou assegurar uma reticulação mais extensa do polímero
- Cargas minerais que para além de diminuírem o custo final do produto, contribuem para diminuir a retração e o coeficiente de dilatação térmica, aumentam a viscosidade, “pot- life”, as resistências mecânicas (excepto ao impacto) e a resistência ao calor.

Consideram-se duas grandes categorias de betões e argamassas polímeras: os que utilizam emulsões de latex misturadas com o ligante cimento Portland e os que utilizam polímeros (resinas termoendurecidas).

### **Utilização**

A colocação de argamassa numa área de superfície deteriorada é necessário ter em conta vários fatores, sendo um deles o fator estético. Convém que a argamassa utilizada possua uma cor semelhante á superfície existente, senão irá conferir uma imagem desagradável à estrutura existente.

Resumidamente o processo de reparação pode ser executado da seguinte forma:

- 1) Identificação de áreas deterioradas
- 2) Remoção betão danificado
- 3) Limpeza do substrato e das armaduras
- 4) Substituição de varões com perda significativa da sua secção
- 5) Se necessário aplicação de produto de prevenção corrosão
- 6) Para melhor aderência aplicação de primário ou humidificação do substrato
- 7) Aplicação de argamassa de reparação

Métodos mais usuais na colocação do betão: Betão moldado, Betão projetado via seca, Betão projetado via húmida, argamassa colocada à colher e por reparação global.

### **Betão moldado**

A reparação por betão moldado, ilustrado na fig.5.24, é um dos métodos mais correntes na reparação vertical e em alguns casos, em localizações elevadas coloca-se a cofragem por lançamento do material de reparação para a cavidade preparada. Esta colocação de cofragem facilita o uso de diferentes tipos de materiais de reparação, seleccionados a partir

do conceito performance e modo de aplicação. O material de reparação deve ser de baixa retração e proporcionar a fluidez necessária. Após a colocação do betão moldado é necessária a sua vibração de modo a remover o ar e providenciar uma melhor ligação com o substrato existente.

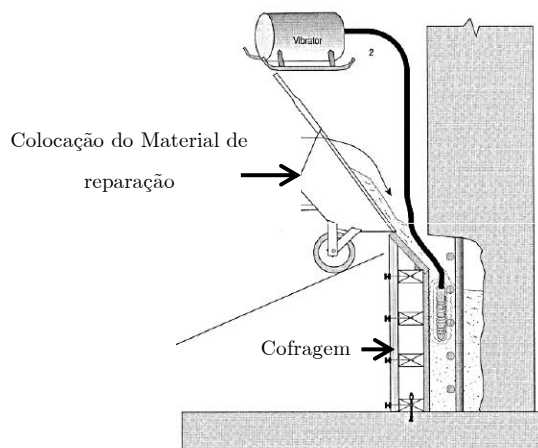


Fig. 5.24 – Aplicação de betão moldado [49].

### Betão projetado via seca

O betão projetado por via seca, apresentado na fig.5.25, é um método que envolve a pré-mistura de ligantes e agregados, os quais são ligados a uma máquina especial, a partir da qual são expelidos por uma mangueira. O material é transmitido pela mangueira com ar comprimido para um bocal no qual é equipado com abastecimento de água para misturar os ligantes e agregados. A mistura é injetada pelo bocal a velocidade elevada para a superfície preparada.

O processo de projetar o betão por via seca varia dependendo do recobrimento necessário e sua orientação. Quando a reparação necessita de uma espessura elevada é necessário a colocação por várias camadas, mas cada camada não deverá possuir uma espessura elevada de modo a evitar anomalias como a descamação. O uso de adjuvantes ajuda a melhorar a trabalhabilidade e a performance do betão. A sílica ativa é uma boa propriedade, melhora a aderência do betão e a sua coesão, providenciando juntamente com a sua capacidade de aumentar a espessura de recobrimento.

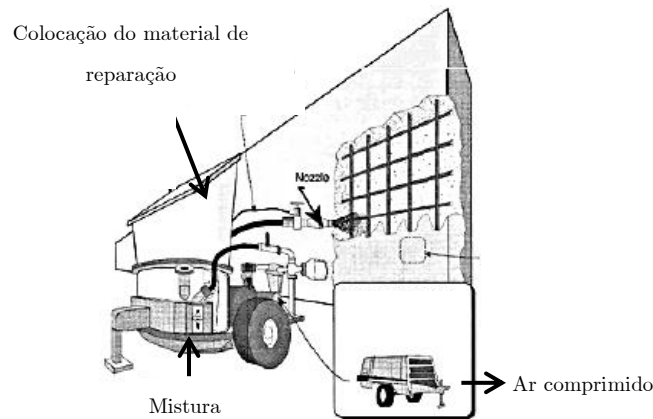


Fig. 5.25 – Exemplo de colocação betão projetado via seca [49].

### Betão projetado via húmida

O betão projetado por via húmida, representado na fig.5.26, é um método que envolve a pré-mistura de todos os ingredientes (excluindo os aceleradores) incluindo os ligantes, agregados, adjuvantes e mistura de água. A pré-mistura dos materiais de reparação são colocados numa bomba de pressão na qual transporta os materiais para um bocal, onde é introduzido ar de compressão. O material de reparação é projetado para o substrato por compressão de ar. Sílica e fibras são usadas correntemente para melhorar a durabilidade.

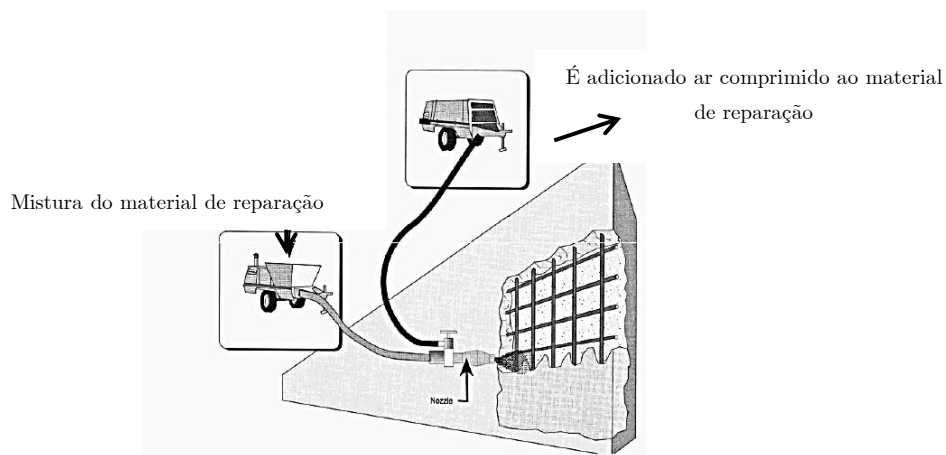


Fig. 5.26 – Exemplo de colocação do betão projetado por via húmida [49].

### Argamassa colocada à colher

A maioria dos constituintes da argamassa aplicada à colher são misturas de cimento, agregados finos, materiais para compensação da retração e água. A mistura de material é aplicada na superfície preparada por uma colher ou talocha, este material de reparação deve ser pressionado contra o substrato. Este método ( ver fig.5.27) deve ser executado

por camadas, as quais devem possuir boa ligação entre si. O melhor uso para esta técnica quando não envolve reparação das armaduras, pois é difícil obter um bom envolvimento e boa coesão em torno das armaduras.

Evitar utilização do método quando as armaduras estão expostas

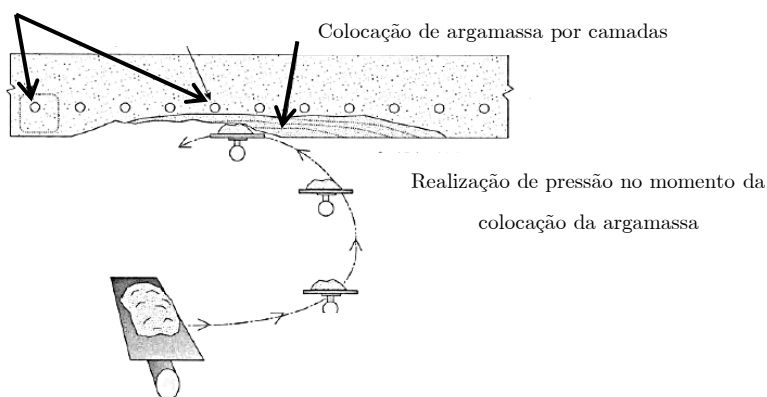


Fig. 5.27 – Exemplo de colocação de argamassa à colher [49]

### Reparação global

Em certas situações é necessário uma reparação global (ver fig.5.28), por exemplo quando as superfícies do betão possuem grandes extensões danificadas, será mais económico e providencia uma melhor reparação ao longo prazo se as superfícies afetadas forem removidas e reconstruídas. Após a colocação de um novo betão, no processo de cura podem surgir tensões resultantes entre o betão novo e antigo, resultando sobretudo das variações térmicas e da retração.

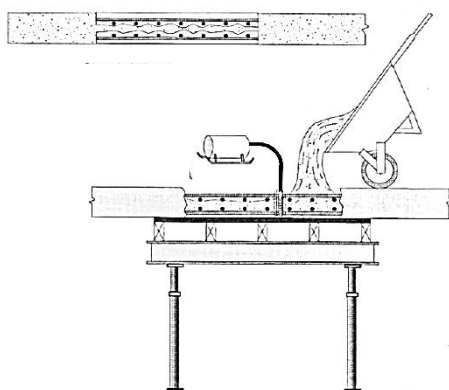


Fig. 5.28 – Exemplo de reparação pelo método global [49]

De acordo com a NP EN 1504 – 9 [37], os métodos de proteção e seus princípios a ser seguidos para a aplicação de argamassa e microbetão em zonas deterioradas, são:

- **Método 3.1** → Princípio 3 – Reparação do betão
- **Método 3.2** → Princípio 3 – Reparação do betão
- **Método 3.3** → Princípio 3 – Reparação do betão
- **Método 4.4** → Princípio 4 – Reforço estrutural
- **Método 7.2** → Princípio 7 – Preservação ou restauro da passivação

### **Produtos disponíveis no mercado**

Os produtos disponíveis no mercado são os mesmos descritos no subcapítulo 5.6.1.4. referente à colocação de uma nova camada de recobrimento.

### **5.6.4. CONTROLO DA QUALIDADE**

O controlo de qualidade deve ser realizado antes, durante e após a realização dos trabalhos de reparação e deve consistir nas seguintes verificações:

- Escolha dos materiais e verificação da conformidade com as especificações antes e durante a reparação
- Receção dos materiais
- Estudo da composição do betão
- Remoção do betão deteriorado
- Limpeza das armaduras
- Preparação das superfícies
- Colocação do produto de reparação
- Ensaio de controlo
- Controlo da cura do betão/argamassas
- Verificação dos recobrimentos antes e após a reparação

Um dos ensaios mais usuais na verificação da qualidade da reparação é o ensaio de aderência “pull – of” referido no subcapítulo 3.4.2.

## 6. PROJETO DE REABILITAÇÃO DO EDIFÍCIO C RTP

### 6.1 INTRODUÇÃO

O caso de obra em estudo diz respeito aos trabalhos de reparação e de reabilitação estrutural do Edifício C da RTP, em Vila Nova de Gaia, e inclui a condução de uma campanha de inspeção e a redação do respetivo relatório, a elaboração de uma memória descritiva e das condições técnicas para a condução dos trabalhos.

Após a realização de um exame preliminar e um exame pormenorizado efetuou-se um levantamento no âmbito da presente dissertação por amostragem de anomalias que os elementos estruturais selecionados da envolvente exterior do edifício exhibe atualmente, também se realizaram campanhas de ensaios, “in situ”, com vista a caracterização e avaliação da resistência dos materiais e elementos estruturais.

Durante a inspeção realizada, foram objeto de apreciação os elementos estruturais da envolventes exterior do edifício, nomeadamente:

- Pilares em betão armado
- Vigas em betão armado
- Escadas exteriores e parede de apoio às escadas em betão armado
- Mainéis em betão armado

De acordo com cada elemento inspecionado foi elaborada uma ficha de inspeção onde se identificam as anomalias detetadas, descrevendo a sua localização; identificação; gravidade; causas prováveis e estudos complementares.

Foram realizados ensaios não destrutivos em elementos estruturais representativos para caracterização das anomalias detetadas, nomeadamente:

- Ensaio esclerométrico digital (Proceq)
- Ensaio de ultrassons em betão (Proceq)
- Detecção de armaduras e avaliação do seu diâmetro e recobrimento (Ferrosan)
- Medição da resistividade do betão (Proceq Resipod)
- Medição da resistividade do aço (Proceq Canin +)

Este caso de obra foi desenvolvido recorrendo a elementos fotográficos e relatório de ensaio de carbonatação de uma campanha de inspeção realizada ao mesmo edifício pela empresa NewMensus (23/05/2012).

## **6.2. EXAME PRELIMINAR**

### **6.2.1 INTRODUÇÃO**

Exame preliminar incluiu uma visita ao local, contactos com os serviços que possam ter elementos do projeto original ou suas alterações, e reuniões com os responsáveis pelo edifício, que podem ter conhecimento direto do estado do edifício, sua construção e historial. Não foi possível identificar os responsáveis pelo projeto, ou pela construção. Junto de quem se poderia encontrar informação adicional, como cálculos, desenhos de execução ou de preparação de obra e relatórios de ensaios.

Após a realização do exame preliminar resultaram recomendações para o exame pormenorizado, assim como medidas cautelares ou ações imediatas se necessárias.

Numa primeira análise é possível identificar e diagnosticar problemas mais elementares, tais como existência de fissuras e deformações localizadas. Problemas mais complicados exigiram uma investigação mais profunda e pormenorizada, que inclui a realização de levantamentos, medições, observações, ensaios in situ.

A inspeção visual do edifício C RTP, com vista à avaliação do seu estado, incluiu uma visão de conjunto, abrangendo aspetos que podem ser relevantes: local de implantação, envolvente exterior, instalações de águas e elétricas (corrosão das armaduras).

No quadro 6.1 são descritos os problemas e situações a ter em conta numa inspeção visual.

SITUAÇÕES A TER EM ATENÇÃO	PROBLEMAS ASSOCIADOS
<b>Envolvente (Local de implantação)</b>	
<b>Ambiente</b>	
Condições climáticas e microclimáticas	Humidade, crescimento biológico, deterioração das argamassas pelo gelo - degelo
Ambiente marinho	Sais, eflorações, corrosão das armaduras
Atmosfera poluída (ambiente urbano ou proximidade de indústrias poluentes ou vias de comunicação)	Crostras negras, dissolução e deterioração da pedra e do betão pelas chuvas ácidas, corrosão das armaduras
Proximidade de tráfego pesado	Vibrações (deterioração das argamassas de assentamento; assentamentos por compactação do solo)
Proximidade de grandes escavações	Assentamento diferenciais
Possibilidade de inundações sazonais	Humidade ascendente
Grandes assimetrias de exposição solar	Gradientes de temperatura, alterações do comportamento termoigrométrico
<b>Terreno de fundação</b>	
Solos muito deformáveis (aluviões, siltes, argilas)	Assentamentos
Solos expansivos	Assentamentos diferenciais, inchamento da fundação, movimentos sazonais, anomalias na interação construção/terreno
Inclinação excessiva do terreno	Escorregamentos, assentamentos diferenciais
Construção em leitos de linhas de água ou na sua proximidade imediata	Possibilidade de inundação da construção e descalcamento das fundações, assentamentos por amolecimento do solo ou arrastamento de finos
<b>Árvores e vegetação</b>	
Árvores de grande porte ou espécies de crescimento rápido a menos de 10 m da construção	Assentamentos diferenciais, entupimento do sistema de drenagem da cobertura, roturas e entupimentos em canalização de esgotos, facilitação do crescimento biológico
Ervas, trepadeiras e arbustos sobre a construção	Destruição das argamassas de assentamento ou dos rebocos, deterioração da pedra e do betão, desagregação das alvenarias

Quadro 6.1 – Inspeção visual: situações a ter em atenção e problemas associados.

## 6.2.2 SÍNTESE DAS ANOMALIAS MAIS CORRENTES E CAUSAS PROVAVEIS

Sem prejuízo da observação cuidada que é necessário fazer em cada caso particular, apresenta-se no quadro 6.2, uma síntese de sintomas frequentemente detetáveis durante a inspeção visual de construções de betão armado e causas genéricas, que normalmente, lhe estão associadas.

As indicações dadas, são necessariamente, muito genéricas e devem ser utilizadas com a máxima prudência.

<b>Anomalias</b>	<b>Causas prováveis</b>
Fissuração sub - horizontal junto à laje de cobertura	Variações de temperatura
Fissuração em varandas e outros elementos salientes	Fluência desses elementos. Betão de fraca qualidade
Manchas de ferrugem	Deficiente execução do betão armado (pontas de arame ou de dispositivos e fixação das cofragens)
Delaminação ou escamação superficial	Elemento excessivamente comprimido. Ataque químico
Delaminação superficial com exposição das armaduras	Corrosão das armaduras. Recobrimento insuficiente. Betão superficial poroso, carbonatado, ou com elevado teor de cloretos
Flechas excessivas em lajes e vigas	Excesso de carga, cedência da fundação, armadura inadequada ou mal posicionada. Betão de deficiente qualidade. Deficiência de cálculo
Juntas de dilatação abertas. Fissuração diagonal nos painéis de parede	Assentamentos diferenciais
Nichos de pedra, chochos	Má qualidade da cofragem, com fuga da calda de cimento. Má compactação do betão
Fissuras ativas verticais	Momento fletor excessivo
Fissuras ativas inclinadas	Esforço transversal excessivo
Fissuras passivas verticais ou inclinadas	Carga excessiva
Fissura passiva atravessando a totalidade do elemento	Retração ou variação de temperatura em elemento restringido
Fissuras superficiais passivas	Retração plástica, cura deficiente, perda de água superficial, vento e/ou calor excessivo na altura da betonagem

Quadro 6.2 – Síntese das anomalias mais frequentes em edifícios de betão armado.

### 6.2.3. AUXILIARES DE INSPEÇÃO E SUA UTILIZAÇÃO

A simples observação visual pode ser completada por um conjunto de observações adicionais, muito simples, não destrutivas ou reduzidamente intrusivas, que permitem retirar da visita à obra o máximo de informação útil para posterior encaminhamento do assunto. Na generalidade das situações, a informação recolhida permitirá fazer uma primeira triagem; nos casos mais simples, a informação recolhida permitirá, eventualmente chegar a um diagnóstico.

No quadro 6.3, são descritos alguns dos auxiliares de inspeção que poderão ser utilizados para verificação do estado da estrutura existente, estando ilustrado na fig.6.1 um martelo em que é possível verificar possíveis danos num dado elemento através da som oco emitido pela elemento, marcando essas áreas.

Desingação	Utilização
Martelo de gólogo	Avaliação expedita da compacidade, da resistência e do estado do betão; Deteção expedita, por percussão, de vazios, delaminações
Esclerometro (Martelo de Semhidt)	Avaliação rápida da qualidade e da resistência do betão
Comparador visual de fissuras	Medição rápida da largura de fissuras, por comparação
Máquina fotográfica	Obtenção de fotografias
Fio de prumo/Nível	Deteção expedita de desaprumos

Quadro 6.3 – Auxiliares de inspeção e sua utilização.

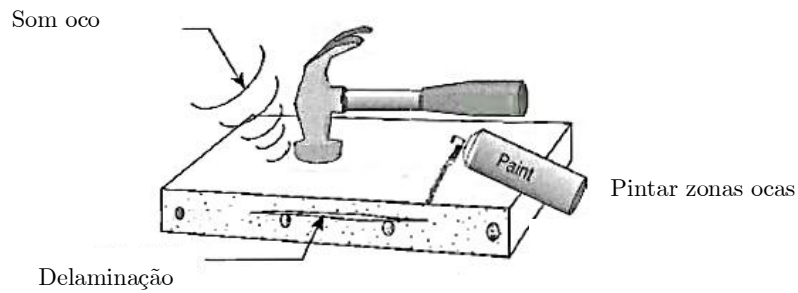


Fig. 6.1 – Utilização do martelo na inspeção para detetar possíveis danos na superfície

Um dos auxiliares da inspeção foi o nível, que também poderia ser o fio de prumo, representado na fig.6.2, com que este foi colocado na parede das escadas exteriores na face a norte em que foi visível o desaprumo da mesma, com uma diferença significativa.

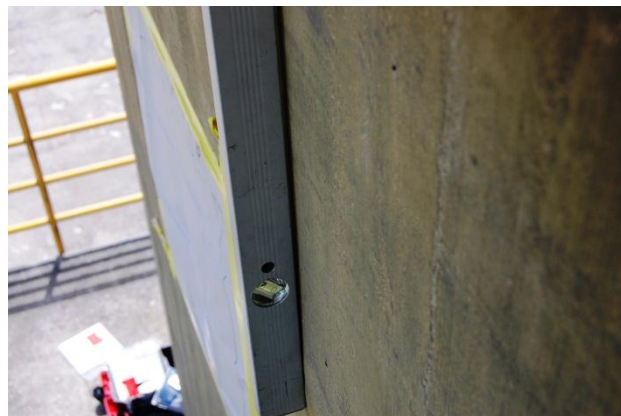


Fig. 6.2 – Utilização do Nível

Um dos pilares na fachada Oeste apresentado na fig.6.3, possui na base uma elevada corrosão de armaduras provocando a delaminação do betão. Assim sendo, estando as armaduras expostas, foi possível uma medição com uma fita métrica verificando o espaçamento e o diâmetro dos varões.



Fig. 6.3 – Utilização de fita métrica

### Comparador de fissuras

O comparador de fissuras segundo a figura 6.4 permite quantificar com menor ou maior rigor a abertura de fissuras e fendas. Consiste num retângulo de plástico transparente, com diferentes traços de espessuras conhecidas e que por comparação visual permite estimar aberturas das fissuras.



Fig. 6.4 – Comparador de fissuras

### 6.2.4 CONCLUSÃO

Nesta primeira análise foi possível identificar o estado dos elementos estruturais de betão armado, sendo visível aspetos como a porosidade, cofragem deficiente, fendilhação, delaminação, corrosão de armaduras, armaduras expostas e uma fissuração numa viga por esforço transversal.

A fissuração na viga VE201 por esforço transversal foi classificada como muito grave. Esta fissura possui como características uma inclinação entre 45 e 75 ° em direção ao pilar, esta anomalia pode dever-se a sobrecarga, betão deficiente, erro de cálculo e armadura

transversal insuficiente. Assim sendo definiu-se para esta anomalia o nível de reparação elevado e urgente.

Face aos estudos preliminares através de uma análise visual é recomendado a reabilitação urgente devido ao avançado nível de degradação em que se encontra o edifício.

### **6.3. EXAME PORMENORIZADO**

#### **6.3.1. INTRODUÇÃO**

No início do exame pormenorizado, o rigor e a pertinência dos elementos disponíveis deverão ser confirmados na obra, pois poderão ter sido ultrapassados por alterações feitas quer depois do exame preliminar, quer depois de a construção entrar em serviço, quer muitas vezes, durante a própria obra. A recolha da informação necessária à avaliação do comportamento estrutural da construção segue uma via inversa da normalmente percorrida na conceção e construção: as peças que fariam parte do projeto são reconstituídas a partir da obra [5].

O Eurocódigo 8, Parte 1-4, define qual a informação mínima a recolher em intervenção de avaliação estrutural [5]:

- a) Identificação do sistema estrutural e a sua classificação dentro dos tipos estruturais considerados na ENV 1998 – 1 – 1, ENV 1998 – 1 – 2 e ENV 1998 – 1 – 3.
- b) Informação sobre as modificações estruturais desde a construção, passíveis de alterar o comportamento estrutural.
- c) Identificação das condições do sub solo tais como estão classificadas em 3.2 da ENV 1998 -1 -1: 1994.
- d) Identificação do tipo de fundações do edifício
- e) Identificação da classe de exposição em relação à influência ambiental
- f) Informação acerca das dimensões gerais e das propriedades das secções dos elementos do edifício e a qualidade e estado dos materiais constituintes.
- g) Descrição do uso atual ou planeado do edifício (com identificação da sua categoria e importância segundo ENV 1998 – 1 – 2 : 1994).
- h) Avaliação das potenciais sobrecargas, considerando o uso real dos vários espaços.

- i) Informação sobre a qualidade dos materiais existentes, expressa em termos quantitativos, sempre que possível
- j) Informação acerca do tipo e extensão dos danos estruturais passados e presentes, se aplicável, incluindo anteriores reparações
- k) Informação sobre erros grosseiros identificáveis da conceção estrutural, defeitos dos materiais e da pormenorização.

### 6.3.2 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício em análise é o estúdio C da RTP no Monte da Virgem, Rua Conceição Fernandes n.º 755, Vila Nova de Gaia. Na figura 6.5 observa-se a sua localização.



Fig. 6.5 – Imagem aérea da localização do Edifício C RTP

O edifício desenvolve-se em 3 pisos acima do solo, sendo que o piso 2 apresenta pé – direito duplo em grande parte do edifício (estúdio). O piso 0 é uma semicave apresentando-se completamente desafogado nos alçados norte (Figura 6.6) e nascente (Figura 6.7), completamente enterrado no alçado poente (Figura 6.8) e parcialmente enterrado no alçado sul (Figura 6.10), o qual tem contígua uma rampa que faz a transição entre a cota de soleira do alçado nascente e cota de soleira do alçado poente.

O alçado norte apresenta portões de acesso à garagem localizada no piso 0 e portas de acesso ao edifício ao longo das escadas exteriores. O alçado nascente apresenta portões de acesso à garagem localizada no piso 0. A entrada principal do edifício situa-se no alçado poente. O alçado sul não possui acessibilidade ao interior do edifício.

A estrutura do estúdio é porticada de betão armado. Os pilares e vigas são de betão armado à vista pelo exterior. No alçado Norte existem umas escadas exteriores em betão

armado, apoiadas numa parede resistente central (Figura 6.6). Estas escadas estabelecem a ligação exterior entre pisos e o acesso à cobertura do terraço. Nas fachadas, os vãos existentes são interrompidos por mainéis em betão armado à vista, que servem de ombreira à sucessão de vãos, com se pormenoriza na figura 6.11.

Na generalidade da estrutura os elementos de betão à vista não possuem qualquer pintura ou recobrimento que sirva de proteção ao meio ambiente. A exceção é no alçado poente, onde os elementos de betão apresentam um revestimento que consiste na pintura com uma emulsão asfáltica. Nas vigas junto à escada exterior no alçado norte verificou-se também a existência de uma pintura com verniz. Estes revestimentos permitiriam impermeabilizar o betão, impedindo a entrada de ar e água, que potenciam as reações que originam a corrosão das armaduras. Por este motivo estes elementos apresentam um grau de deterioração menos acentuado, muito embora por vezes tenham sido detetadas fissuras ocultas pelo revestimento aplicado.

Em todos os elementos de betão armado é notório a elevada porosidade. Uma das anomalias também verificadas, a corrosão de armaduras, aponta para uma corrosão por carbonatação.

O edifício da RTP situa-se em área urbana e na sua área envolvente existe um grande número de indústrias, influenciando a corrosão por carbonatação devido principalmente ao CO<sub>2</sub>. Estando assim os elementos de betão armado a uma exposição ambiental agressiva.

Nas figuras seguintes, da fig. 6.6 à fig.6.11, são representadas as fachadas do edifício e elementos estruturais de betão armado em estudo.



Fig. 6.6 – Alçado norte



Fig. 6.7 – Alçado nascente



Fig. 6.8 – Alçado poente



Fig. 6.9 – Alçado sul



Fig. 6.10 – Escadas exteriores



Fig. 6.11 – Mainéis em betão armado

### Levantamento Arquitetónico

As plantas e alçados referentes ao Edifício C da RTP encontram-se em anexo, com a informação relativa à localização dos elementos estruturais de betão armado com a respetiva numeração e localização dos ensaios efetuados.

## **6.4 ESTRUTURA E FUNDAÇÕES**

Nas fundações não existe informação relativamente às suas características, seria necessário abertura de poços de sondagem, que poderiam ser aproveitados para neles se realizarem ensaios de caracterização das propriedades geotécnicas dos terrenos em presença.

Seria importante saber o estado atual das fundações, pois daria informação se existe uma possível relação entre o estado das fundações e as fendas existentes nos elementos estruturais de betão armado.

## **6.5 AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ANOMALIAS**

Tendo em vista a avaliação do estado de degradação da estrutura procedeu-se no decorrer de uma campanha de inspeção à localização e identificação das anomalias, numa ficha de inspeção própria que se encontra em anexo todo o levantamento fotográfico efetuado.

Para o efeito as anomalias foram classificadas segundo o seu tipo, gravidade de deterioração, extensão, suas causas, localização, nível de reparação.

### **6.5.1 TIPO DE ANOMALIA**

Após a realização de um exame preliminar e um exame pormenorizado constatou-se que as anomalias principais identificadas são: Betão delaminado com exposição de armaduras, Betão fendilhado, Betão com manchas, cofragem deficiente, porosidade, retração plástica e fissuração por esforço transversal.

Nos elementos estruturais de betão armado inspecionados verificou-se que as anomalias acima descritas estão em grande parte associadas entre si, com maior ou menor grau de gravidade e diferente extensão.

## **6.6 ENSAIOS IN SITU**

### **6.6.1 INTRODUÇÃO**

Realizou-se um conjunto de ensaios in situ que permitem a caracterização material da estrutura. Na condução destes ensaios foram seguidas as normas portuguesas e/ou internacionais, sempre que existentes, ou, na sua ausência, a documentação técnica aplicável. A identificação na estrutura do local de realização dos ensaios é representada em anexo e teve em atenção a exposição da estrutura às condições ambientais.

### 6.7.2 ESCLEROMETRO

Para a realização do ensaio não destrutivo para obtenção do índice esclerométrico foi seguido o descrito na norma NP EN 12504 – 2.

O aparelho utilizado no ensaio foi o esclerómetro digital DIGI – SCHMIDT 2000 modelo ND acompanhado por um monitor da Proceq segundo a fig.6.12, devidamente calibrados. Sendo este modelo o mais apropriado para ensaios de betões em construções correntes de edifícios e pontes,, com resistências da gama de 20 MPa a 60 MPa, com uma energia de impacto de 2,2 N.m. O modelo em questão é digital efetuando um registo automático de um determinado numero de leituras, reduzindo assim o erro inerente à leitura efetuada pelo observador.



Fig. 6.12 – Martelo de Schmit

Para a realização do ensaio, primeiro foi necessário efetuar a deteção de armaduras com o aparelho Ferroskan através da opção Quicksan e marcação no elemento estrutural com lápis de cera. Com esta marcação foi definida uma área de ensaio para cada elemento estrutural de aproximadamente de 300 mm x 300 mm, definindo 9 pontos de impacto com afastamento com mais de 25 mm e que nenhum está a menos de 25 mm da margem. Previamente esta área foi devidamente preparada, sendo limpa e desgastada com força usando uma pedra abrasiva, até a superfície se apresentar lisa.



Fig. 6.13 – Exemplo de área de ensaio em pilar

Na preparação preliminar o esclerómetro foi ativado três vezes antes de qualquer leitura, verificando se o aparelho está a trabalhar corretamente.

Em cada área de ensaio e para cada ponto de impacto o esclerómetro foi segurado firmemente na posição horizontal de modo ao percutor embater perpendicularmente na área ensaiada. Após o impacto, foi registado o índice esclerométrico descrevendo todas as características de como foi executado o ensaio nas respetivas fichas de ensaio.

Foi visível um ligeiro esmagamento da superfície em todos os pontos dos ensaios, o que demonstra a fraca capacidade resistente do betão.

As medições podem ser afetadas pela dosagem de cimento, relação água – ligante, dimensão e natureza do agregado, profundidade de carbonatação, estado da superfície (humidade e irregularidades) e pelo ângulo de incidência do esclerómetro com a superfície. Foram obtidos valores de resistência do betão elevados o que pode significar uma das anomalias supra citadas. Foram realizados ensaios de carbonatação em alguns elementos estruturais de betão armado, que indicaram valores elevados de profundidade de carbonatação, em alguns casos de cerca de 3 cm.

De acordo com as especificações do fabricante quando existe carbonatação é possível uma redução da resistência do betão, através de um gráfico que possui uma relação entre a profundidade de carbonatação e a resistência do betão. O efeito da carbonatação consiste em aumentar a dureza do betão, afetando sobretudo a camada superficial exterior, numa profundidade que dependerá da permeabilidade do betão, das condições de exposição e da idade. Esta camada pode exceder os 20 mm de espessura para betões antigos e, em casos extremos, os valores de resistência podem ser sobrestimados em 50% [Neupomecono]. No

edifício C da RTP foram realizados ensaios em determinados elementos tendo sido obtidos valores até 3 cm de profundidade de carbonatação, valores elevados como  $f = 80 \text{ N/mm}^2$  que explicam os resultados obtidos durante os ensaios realizados com o esclerómetro. Assim sendo, se reduzirmos aproximadamente 50% aos valores ensaiados, obtemos um valor aceitável entre a gama de valores de 20 a 60 MPa.

Através do número de ressalto (R) e a posição em que o esclerómetro foi ensaiado, é possível a obtenção do valor da resistência à compressão do elemento através de uma correlação apresentada na fig.6.14.

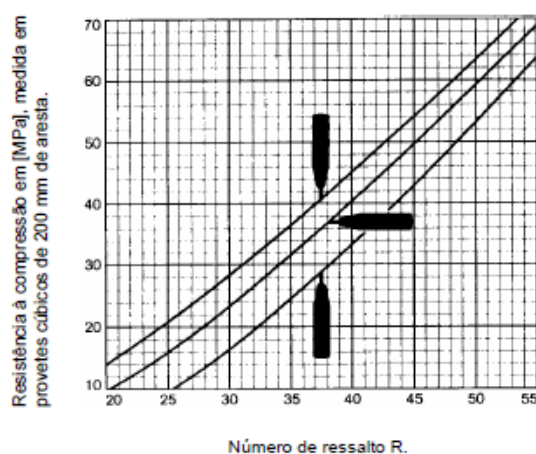


Fig.6.14 – Correlação entre a resistência à compressão e o número de ressalto (modelo Tipo N)

O registo dos dados obtidos pelo esclerómetro foram registados do seguinte modo: Identificação da obra, Nome do operador, Data, Localização da área ensaiada na estrutura, Ângulo do esclerómetro com a horizontal, Descrição da área ensaiada, por exemplo, se a superfície foi preparada ou se estava exposta, N° de serie do esclerómetro utilizado ou a sua identificação simplificada, a resistência de cálculo.

### 6.7.3 ENSAIO DE CARATERIZAÇÃO DAS ARMADURAS

As armaduras são uma parte importante do conjunto do betão armado. Desta forma, a sua determinação é importantíssima para uma boa análise estrutural e para dar resposta a uma possível intervenção de reforço.

Nas figuras 6.14 e 6.15, apresentam-se exemplos de malhas de armaduras detetadas em vigas e pilares. Pela extensão do número de ensaios necessários apenas se realizaram em elementos chave.

Para a realização dos ensaios de detecção de armaduras recorreu-se ao uso do equipamento “Ferrosan PS 200” da HILTI.

Segundo especialistas da HILTI, por vezes devido às dimensões do elemento de betão armado é necessário a utilização de uma placa até 1,2 cm sobre o elemento de modo a que o ferrosan comece na extremidade do elemento corretamente com as quatro rodas do Scanner rolaem na perfeição para obtenção de resultados fiáveis. A placa de madeira utilizada possui 4 mm de espessura e sobre esta foi colocada uma grelha de 60 x 60 cm<sup>2</sup>. A placa de madeira conjuntamente com a grelha foi colada com fita adesiva ao elemento de betão armado, podendo também quando as dimensões do elemento e acessibilidade permitirem a utilização de grampos.

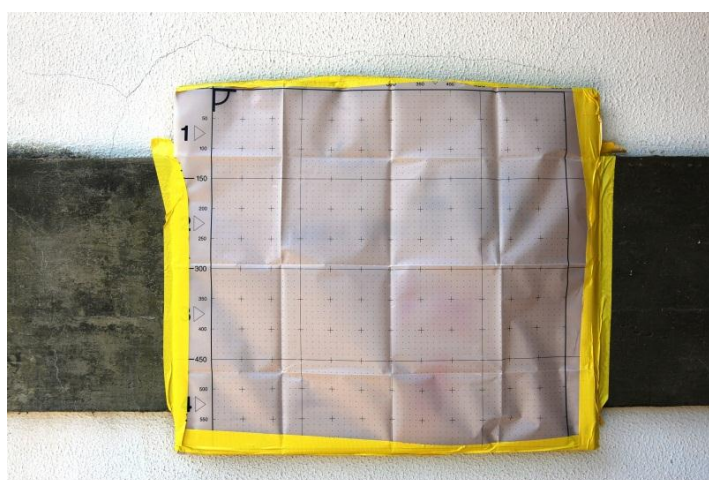


Fig. 6.15 – Utilização de uma placa de madeira



Fig. 6.16 – Utilização do Ferrosan

Na preparação do ensaio, foi devidamente preparada a área a ensaiar no caso em que não era necessária a placa de madeira, estando esta livre de impurezas. As rodas do Scanner devem estar limpas e livres de areia ou qualquer tipo de sujidade semelhante, quando estas estiverem demasiado rompidas convém a sua troca, o que não é o caso.

No aparelho Ferrosan foi ativada a opção Imagescan, que permite a obtenção de uma imagem com armaduras detetadas. O aparelho deve ser deslocado lentamente primeiro na direção horizontal em três níveis de altura da grelha, coincidindo cada altura com as marcações da anterior leitura, após a realização da leitura horizontal procedeu-se à leitura vertical (colunas) seguindo os mesmos procedimentos. A armadura lida pelo aparelho esta perpendicularmente à direção de leitura.

Após a obtenção da leitura para cada área de ensaio, foram enviadas as leituras por infra vermelhos para o monitor da HILTI em que numa primeira análise é possível através do software o cálculo do recobrimento e diâmetro dos varões.

Para uma análise mais rigorosa, foi ligado este monitor da HILTI a um computador, no qual existe um Software apropriado da marca. Neste Software foi descontada a placa de madeira de 4mm, para obtenção de resultados fiáveis. Obtendo a imagem da disposição das armaduras, foram marcados vários pontos tanto na armadura horizontal como na armadura vertical, o programa efetua o cálculo e fornece dados como o diâmetro, recobrimento e espaçamento entre varões. Todos os valores obtidos o programa efetua uma média para cada ponto marcado, sendo um valor estimado e não exato.

#### **6.7.4 AVALIAÇÃO DO RISCO DE CORROSÃO ATIVA DAS ARMADURAS**




##### **ATRAVÉS DA MEDIÇÃO DA RESISTIVIDADE DO BETÃO**

A realização deste ensaio consiste na medição do campo do potencial, em que efetua a medição dos potenciais na superfície do betão para obtenção de uma imagem característica do estado de corrosão da superfície do aço dentro do betão.

O aparelho utilizado no ensaio foi o Canin + da PROSEQ, apresentado na fig.6.16. Previamente à utilização deste aparelho foi utilizado o Ferrosan PS 200 com a opção Quickscan na deteção das armaduras, pois a presença de armadura afeta as medições da resistividade elétrica. Para minimizar este efeito o procedimento recomendado é medir na diagonal em relação aos varões de aço.

Posteriormente à detecção das armaduras procedeu-se à molhagem da superfície de ensaio com água aproximadamente 10 a 20 minutos antes de realizar o ensaio. As quatro almofadas de espuma da sonda foram também suficientemente humedecidas com água. Após as condições de ensaio serem as ideais a sonda foi mantida encostada na superfície até ser alcançado um valor final estável. Seguidamente para certificação do correto funcionamento do aparelho, este foi testado numa placa com potenciais elétricos, obtendo um valor imediatamente significando que existe um bom potencial elétrico.

Foram realizadas 5 leituras do mesmo local, movendo a sonda alguns milímetro entre cada medição e tirando uma média dos 5 valores. Se houver mau contacto entre os eletrodos e o betão ou se a condutividade do betão for pequena, o fluxo de corrente será reduzido. Isto fornece uma indicação da confiabilidade da leitura obtida:

- 50% a 100%            A leitura é confiável
- 20% a 50%            “Valor não exato” será exibido na tela
- 0% a 20%            A resistência é  $> 99 \text{ k}\Omega\text{cm}$  ou contacto é bastante deficiente

Foi utilizado o aparelho CANIN +, mas não se conseguiu obter resultados, pois no leitor do aparelho a medição não permanecia estável e por vezes obtenção de valores superiores a  $99 \text{ k}\Omega\text{cm}$ . Assim sendo não foi possível realizar o ensaio e obter resultados fiáveis.



Fig. 6.17 – Aparelho de deteção corrosão ativa

#### 6.7.4 ENSAIO DE ULTRASSONS NO BETÃO

O ensaio ultra – sónico consiste na determinação da velocidade de propagação dum impulso ultrassónico, entre dois pontos de medida, tendo em vista obter informação sobre as cateterísticas mecânicas, homogeneidade e presença de fissuras e defeitos.

Para a realização do ensaio previamente foi utilizado o Ferrosan PS 200 para determinação da localização das armaduras.

O aparelho utilizado foi o TICO da PROSEQ, apresentado na fig.6.17, a metodologia seguida neste tipo de ensaio foi o método direto, semi – direto e indireto.

O impulso ultrassónico foi gerado num ponto do elemento em estudo através de um transdutor emissor (Tx), a partir dum sinal elétrico. Depois de atravessar o betão, o sinal ultrassónico é captado por outro transdutor – recetor (Rx), colocado num outro ponto, que o transforma novamente em sinal elétrico. O tempo gasto no percurso é medido eletronicamente na unidade de medida central, sendo assim possível calcular a velocidade de propagação.

A disposição das superfícies disponíveis para ensaio irá condicionar a escolha da localização das leituras e sua precisão devido à posição dos transdutores.

Para o caso de obra do edifício C da RTP, devido às condicionantes existentes de acessibilidade aos elementos estruturais, optou-se por realizar ensaio do tipo indireto na viga VN101, ensaio do tipo direto e semi-direto na parede da caixa de escadas exteriores do alçado Norte e ensaio semi-direto nos pilares P5.3, P1.1 e P1.2.

Previamente a áreas de ensaios foram devidamente limpas, procedendo-se à deteção de armaduras com o aparelho da HILTI modelo Ferrosan através da opção Quickscan. Após a superfície devidamente preparada, procedeu-se à calibração do aparelho de ensaio colocando dois transdutores em ambos os lados do tubo circular de aço de calibração. Para a correta calibração o aparelho deve indicar 20,6  $\mu$ s.



Fig. 6.18 – Aparelho ultra – sons

Devido ao mau estado em que se encontram os cabos de ligação entre os transdutores e o monitor, não foi possível realizar o ensaio. Os cabos são demasiado sensíveis e talvez devido às diversas utilizações foram-se deteriorando, notava-se um mau contacto pois era audível a interrupção do sinal emitido pelo transdutor.

As correlações empíricas entre a velocidade de propagação dos ultra-sons e a resistência não beneficiam em geral de grande credibilidade, sendo afetadas por diversos fatores difíceis de contabilizar.

#### **6.7.5 DETERMINAÇÃO DA RESISTIVIDADE DO BETÃO**

A medição de resistividade da superfície fornece informações extremamente úteis acerca de uma estrutura de betão.

O RESIPOD é uma sonda winner, de 4 pontos, especialmente concebida para medir a resistividade elétrica do betão através de um ensaio não destrutivo.

Previamente à execução ensaio, foram detetadas as armaduras através do Ferroskan PS200 através da opção Quickscan. Na execução do ensaio é aplicada a sonda sobre o elemento de betão armado a inspecionar na diagonal à armadura, é aplicada uma corrente nas duas sondas das extremidades e a diferença de potencial é medida entre as duas sondas internas. A resistividade calculada depende do espaçamento destas sondas.

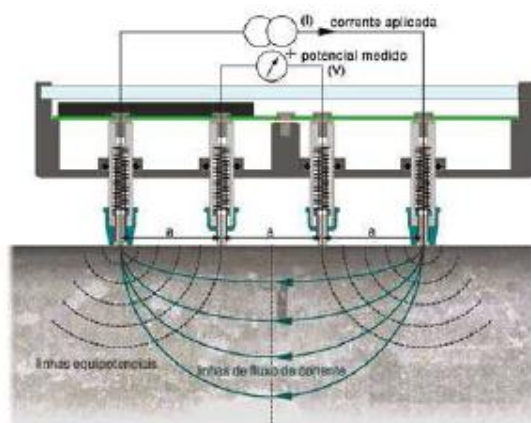


Fig. 6.19 – Medição dos potenciais

Foi utilizado o aparelho RESIPOD da PROSEQ mas não se conseguiu obter resultados, pois no leitor do aparelho não era possível obter um valor estável, assim sendo não foi possível realizar o ensaio e obter resultados fiáveis.



Fig. 6.20 – Aparelho de resistividade do betão

## 6.8 CONDIÇÕES TÉCNICAS PARA A REPARAÇÃO

As condições técnicas para reparação dos elementos de betão armado seguem as indicações segundo a norma EN 1504 que define produtos e sistemas para proteção e reparação das estruturas de betão.

### 6.8.1 PREPARAÇÃO DAS SUPERFÍCIES

#### 6.8.1.1 Limpeza do betão

A preparação da superfície pode ser realizada através da limpeza do betão dependendo do grau da anomalia.

O método utilizado deve ser decapagem por jato de água a alta pressão dos elementos de betão armado de modo a realizar uma limpeza eficaz ou remoção superficial do betão até uma profundidade de 2 mm, dependendo do grau da anomalia dos elementos.

#### **6.8.1.2 Aderência entre materiais**

Posteriormente a uma limpeza eficaz da superfície do betão é necessário garantir uma boa aderência entre a superfície existente e o material utilizado na reparação. A técnica utilizada será por martelo de agulhas em áreas que seja necessário a criação de rugosidade no substrato.

#### **6.8.1.3 Remoção do betão**

A remoção do betão deteriorado deverá ser executada com precaução de modo a não comprometer a segurança da estrutura. O conhecimento prévio da localização das armaduras é fundamental para que estas não sejam danificadas.

O betão deteriorado, solto ou com armaduras expostas deve ser removido numa profundidade mínima de 15 mm, caso exista contaminação por cloretos deverá ser removido até 20 mm para além das armaduras. Para os lados a distância de remoção deve variar entre 50 e 100 mm.

Serão removidos todos os fragmentos de ferros de amarração, pregos e outros elementos metálicos visíveis. As abraçadeiras e parafusos oxidados serão removidos e substituídos por novos em aço galvanizado.

A remoção do betão deve ser a mínima possível e as áreas a reparar devem ser modificadas de modo à implementação de formas simples para uma correta execução. O método de corte tem como função delimitar o contorno da área de reparação de modo a facilitar a remoção do betão deteriorado com o auxílio de outro método, para tal será utilizado jato de água de elevada pressão com 60 MPa e disco diamantado.

Após a remoção do betão os bordos do betão deverão ser cortadas com um ângulo mínimo de 90° e um ângulo máximo de 135 ° para reduzir a possibilidade de transbordar sobre a superfície do betão adjacente sólido e deverão ser tornados suficientemente rugosos de forma a fornecer boa ligação entre o material original e o produto de reparação.

A remoção por esmagamento consiste no repetido batimento na superfície do betão que causa a sua fragmentação. Para a limpeza e picagem de pequenas superfícies e locais de difícil acesso usa-se o processo manual de ponteiro, talhadeira e marreta. Para a picagem e limpeza de maiores superfícies utiliza-se o martelo hidráulico.

Deverá evitar-se que os contornos das superfícies fiquem fendilhados, para que o material a aplicar não forme escamas, que seque depressa e se soltem rapidamente.

De forma a garantir a remoção das impurezas resultantes das operações anteriormente descritas será lavada a área da remoção com jato de água de alta pressão.

Por fim, todos os elementos de betão armado deverão ser inspecionados para certificação que todas as etapas foram cumpridas.

#### **6.8.1.4 Preparação das armaduras**

Na preparação das armaduras deve-se remover a ferrugem, argamassa, betão, poeira ou outro material deletério e não ligado que reduz a aderência e contribui para a corrosão. Toda a superfície exposta deve ser uniformemente limpa, exceto se considerações estruturais não permitirem.

As armaduras devem ser limpas sem lhes causar danos ou danificar ou contaminar o betão ou o ambiente adjacente. A limpeza deve ser realizada com auxílio de uma escova de aço ou outro processo abrasivo. A menos que a limpeza seja feita imediatamente antes da aplicação dos produtos e sistemas de proteção, os substratos devem ser limpos e protegidos de contaminação.

A técnica da limpeza depende das armaduras e da extensão a limpar. Em pequenas extensões, uma limpeza manual é suficiente por exemplo com esfregão de aço. Em grandes extensões, o jato de areia é um método eficiente.

Nos casos em que existe perda significativa de secção de um varão (mais de 25%), é necessário proceder-se ao seu reforço. Os varões devem ser colocados com comprimento equivalente à zona de perda significativa de secção mais o comprimento da emenda para cada lado. Para além deste método podem ser ligados aos varões existentes por soldadura ou acoplação mecânica.

#### **6.8.1.5 Aplicação de proteção do aço contra a corrosão (Aplicação no aço)**

Para aplicação de proteção do aço contra a corrosão optou-se pelo revestimento dos varões de aço através de um primário de epóxi e pó de zinco para o aço, pois é um material menos expansivo ligeiramente mais solúvel que o óxido de ferro, possibilitando o alojamento na interface aço-betão, diminuindo as tensões e conseqüentes fissurações.

O produto escolhido é da marca SIKA – Sikatoparmatec 110 Epocem, é um revestimento à base de cimento e resina de epóxi modificada, fornecido em três componentes e utilizado como agente de aderência e como proteção anticorrosiva. Adequado para o controlo de proteção anódica, para reparações de betão armado, como revestimento de proteção anticorrosiva das armaduras e adequado como agente de aderência em betão. Seguir as especificações do fabricante para a sua aplicação.

### **6.8.2 REPARAÇÃO DE BETÃO DELAMINADO**

#### **6.8.2.1 APLICAÇÃO DE ARGAMASSA EM ZONAS DETERIORADAS**

Aplicação da argamassa de reparação monocomponente da SIKA – Sika Mono Top 612, é uma argamassa tixotrópica monocomponente à base de cimento, areias selecionadas, sílica de fumo, resinas sintéticas e reforçada de poliamida.

Para aplicação da argamassa a base deve estar limpa, sã, isenta de partículas em desagregação, leitadas superficiais, isenta de gorduras, óleos e pinturas e o mais regularizada possível. O substrato deve estar limpo e apresentar alguma rugosidade.

A aplicação pode ser realizada manualmente, seguido procedimentos tradicionais ou mecânicos, utilizando equipamento de projeção por via húmida. Quando aplicado manualmente pressionar bem a argamassa de reparação sobre a base.

O acabamento pode fazer-se com uma esponja humedecida, talocha de madeira ou talocha de poliestireno expandido, a partir do momento em que se tenha iniciado a presa da argamassa.

Para assegurar um bom desempenho a argamassa fresca deve ser protegida da desidratação prematura, utilizando os métodos de cura adequados.

### **6.8.2.2 APLICAÇÃO DE PROTEÇÃO DO AÇO CONTRA A CORROSÃO**

#### **(APLICAÇÃO NO BETÃO)**

O tipo de betão existente na obra em estudo é do tipo poroso sendo recomendável a utilização de inibidores de corrosão.

Aplicação do produto SIKA – Sika ferrogard 903, é uma impregnação do tipo emulsão com propriedades inibidoras da corrosão, destinada a superfícies de betão.

O número de camadas para chegar a obter resultado depende da capacidade de absorção da base e das condições atmosféricas. Em geral são necessárias 3 a 5 demãos para chegar ao consumo pretendido.

A base deve estar limpa e seca antes da aplicação. O produto deve ser aplicado até à saturação, à brocha, a rolo, ou com pistola de baixa pressão. Não é conveniente aplicar sob radiação solar direta. Um a três dias após a aplicação do produto deve-se molhar a superfície de betão uma a duas vezes por dia para aumentar a velocidade de penetração.

### **6.8.2.3 APLICAÇÃO DE ARGAMASSA DE REGULARIZAÇÃO E SELAGEM**

Aplicação de argamassa de regularização e selagem monocomponente a base de cimento, areias selecionadas, sílica de fumo e resinas sintéticas, do tipo SIKA Monotop – 612, ou equivalente.

Esta argamassa de regularização será aplicada em todo o perímetro e extensão exterior dos elementos de betão armado, terá com função aumentar a espessura de recobrimento e proteger o betão contra a penetração de substâncias agressivas.

A argamassa pode ser aplicada manualmente, seguindo os procedimentos tradicionais ou mecânicos, utilizando equipamento de projeção húmida.

O acabamento pode fazer-se com uma esponja humedecida, talocha de madeira ou talocha de poliestireno expandido, a partir do momento em que se tenha iniciado a presa da argamassa.

### **6.8.2.4 APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO DE PROTEÇÃO E ACABAMENTO**

Aplicação de revestimento de proteção e acabamento com tinta acrílica especial para betão, do tipo Sikagard 660 ES, ou equivalente.

Este revestimento terá a função de proteger o betão dos agentes agressivos, favorecer o efeito de autolimpeza das suas superfícies, controlar a humidade e aumentar a resistividade.

A base deve apresentar-se seca, sólida e isenta de sujidade, gordura e partículas em desagregação. O período de secagem dos barramentos cimentosos deve ser de pelo menos 4 dias antes de iniciar a pintura.

Pode ser aplicado com pincel, trincha, rolo de pelo curto ou por projeção, com pistola airless: pressão de 150 bar, bico de 0,38 – 0,66 mm, ângulo de projeção de 50 – 80 °, de acordo com as especificações do fabricante.

### **6.8.3 REPARAÇÃO DE BETÃO FISSURADO**

O material escolhido é o SIKADUR – 52 injection, é uma resina de epóxi de baixa viscosidade para injeções. As resinas epóxi são muito rígidas e são utilizadas para devolver o monolitismo estrutural a elementos muito fendilhados.

Previamente à aplicação das resinas deve-se proceder à remoção do betão deteriorado e limpeza das fissuras com ar comprimido ou jato de água.

Posteriormente colocam-se os tubos de injeção, nos casos em que a fenda é muito profunda, o afastamento deve ser reduzido de modo a não ser necessário pressões de injeções muito elevadas. Deve-se efetuar uma selagem estanque da superfície da fissura, deve ser realizada com uma camada fina de argamassa epoxídica que possua capacidade de suportar a pressão de injeção.

Após a injeção, deve-se proceder à remoção da selagem e limpeza das superfícies.

### **6.8.4. APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO DE PROTEÇÃO E ACABAMENTO**

Aplicação de revestimento de proteção e acabamento com tinta acrílica especial para betão, do tipo Sikagard 670 W.

Este produto é uma pintura de proteção e decorativa para o betão, sendo de proteção contra a carbonatação, à base de resinas acrílicas em dispersão aquosa, de acabamento mate. Possui como principais características, a permeabilidade ao vapor de água, impermeável à água da chuva, elevada resistência à difusão de CO<sub>2</sub>, excelente resistência à exposição ambiental, boa aderência e fácil de aplicar.

Este produto pode ser aplicado com pincel, trincha, rolo de pelo curto ou por projeção, com pistola airless: pressão de 150 bar, bico de 0,38 – 0,53 mm, ângulo de projeção de 50 – 80°.

## **6.8.5 TRATAMENTO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO**

### **6.8.5.1 Preparação do suporte**

Remoção de tratamento de junta existente e outras partículas soltas, de forma a superfície se apresente limpa e seca, homogénea, sem gordura e poeiras.

Para o tratamento da junta de dilatação deve ser tido em conta a dimensão dos vãos, amplitudes térmicas e largura da junta. Deve ser aplicado um fundo de junta e verificar se as esquinas da junta possuem coesão.

O cordão a aplicar é da SIKA – Sikaflex – Pro2MP Construction +, após o tratamento dos aspetos supra citados aplicar sobre a superfície o revestimento de proteção, do tipo SIKA 670 w.

### **6.8.5.2 Aplicação de Mástique**

Aplicação de mástique monocomponente à base de poliuretano, de baixo módulo de elasticidade para selagem elástica de juntas, do tipo SIKAFLEX PRO – 2 HP ou equivalente.

Após correta preparação da junta e da base de aplicação, inserir o fundo de junta cordão de polietileno expandido, do tipo cordão SIKA ou equivalente, até à profundidade necessária e, se necessário, aplicar o primário adequado.

Inserir a embalagem na pistola de aplicação e extrudir mástique para a junta, assegurando-se que o mástique fica completamente em contacto com os lados da junta. Efetuar o enchimento da junta evitando a oclusão de bolhas de ar.

Utilizar fita adesiva de ambos os lados da junta para um acabamento impecável. Remover a fita enquanto o mástique ainda se encontra fresco. Para conferir um acabamento superficial liso do mástique passar o dedo ou uma espátula com água e sabão logo após aplicação.

#### **6.8.6. REPARAÇÃO DA FENDA POR ESFORÇO TRANSVERSO**

Para a reparação da fenda por esforço transversal é necessário previamente a limpeza da mesma e remoção do betão danificado, posteriormente deverão ser realizados furos devidamente espaçados de acordo com a largura e extensão da fenda. Após a realização destes furos, estes devem limpos através de ar comprimido. Deve ser realizada a técnica de injeção sob pressão, em que o material de injeção é colocado sob pressão através de furos executados na zona superficial da fenda. A composição do material de injeção deve ser do tipo polimérico com as resinas epóxi. Seguidamente efetua-se a selagem estanque da superfície da fissura realizada com argamassa de cimento especial.

Importante referir que as resinas injetadas possuem tendência a ser absorvidas pelas microfissuras das argamassas, assim sendo, convém que após a finalização do enchimento das fendas se mantenha a pressão durante aproximadamente 15 minutos, de forma a compensar as absorções por capilaridade e garantir que não se formam vazios. Devem ser tidos em conta diversos fatores como a temperatura, teor de iões de cloreto, estanquicidade à água e velocidade de expansão.

Para além da injeção das resinas epóxi é recomendável o reforço da fenda de modo a aumentar a resistência inicial, podendo ser realizado por fibras de carbono, chapas de aço, por armadura transversal ou através de betão efetuando um encamisamento em forma de U em torno da secção da viga.

## 6.9 CONCLUSÃO

No edifício C RTP em estudo realizaram – se inspeções para identificação das anomalias e realização de ensaios não destrutivos para uma melhor caracterização dos elementos estruturais de betão armado.

É notório o avanço estado de degradação do edifício, devido a ausências de planos de manutenção ao longo da sua vida útil, que se fossem implementados seria possível prevenir o fenómeno de corrosão de armaduras que é o potencial causador do nível de degradação do edifício. De acordo com todos os elementos recolhidos, definiu-se uma metodologia de acordo com a norma EN 1504 para reabilitação do edifício.

Foram elaboradas fichas de caracterização do edifício, identificação de anomalias e ensaios efetuados para os elementos estruturais de betão armado.

Os ensaios realizados foram do tipo não destrutivo, devido ao estado de degradação dos elementos estruturais e patologias apresentadas não foi possível obter resultados para os ensaios de resistividade do betão.

O edifício C da RTP possui anomalias graves e uma anomalia grave por esforço transversal, face a estes sintomas é necessário a reabilitação do mesmo e realização de planos de manutenção para a vida útil do edifício de modo a prevenir futuros sintomas semelhantes que possam surgir contribuindo para a durabilidade da estrutura.

De acordo com uma análise pormenorizada, conclui-se que o edifício é classificado em reabilitação média e com fator urgente de reparação.

## **7. CONCLUSÃO**

### **7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com a realização da presente dissertação foi possível realizar um retrato geral sobre a temática da inspeção e reabilitação das estruturas de betão armado, que se traduz num documento suficientemente integrado e de leitura simples e objetiva.

Conclui-se que existe falta de informação concreta e objetiva nomeadamente na produção de normas orientadoras do projeto, execução e controlo da qualidade de reabilitação das estruturas de betão armado.

Existe uma necessidade de promover a manutenção e reabilitação de estruturas de betão armado, que atualmente cada vez mais existe essa consciencialização. Destaca-se a realização de ensaios para uma melhor caracterização da estrutura existente que se traduz num projeto melhor a todos os níveis.

### **7.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

Face ao desenvolvimento da presente dissertação o autor julga necessário futuramente abordar a temática reforço das estruturas de betão armado, de modo a haver um complemento à inspeção e reabilitação. Quanto à temática da reabilitação abordar novos conceitos e sistemas inovadores para a reparação das anomalias verificadas nos elementos estruturais de betão armado.

Por fim, seria interessante no caso de obra a realização de outros ensaios não destrutivos e destrutivos de modo a obter correlações entre os diversos ensaios in situ e laboratorialmente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hamilton, S.B.,1956. A note on the history of reinforced concrete in buildings. Londres, Her Majesty's Stationery Office.
2. Coutinho, A.S.,Gonçalves,A,1994. Fabrico e propriedades do betão. LNEC, Lisboa, Vol.III, 368 pp.
3. NP EN 1504. Produtos e Sistemas para a Proteção e Reparação de Estruturas de Betão. Instituto Português da Qualidade, Portugal, 2006.
4. Neville, A.M., 1995. Properties of concrete. Longman, England, 844 pp.
5. Coias, V., 2006. Inspeções e ensaios na reabilitação de edifícios. Instituto Superior Técnico, Lisboa.
6. Cánovas, M.F., 1988. Patologia e terapia de concreto armado. Ed. Pini, São Paulo p. 181.
7. Reis,M.O.,Silva,A.M.,1999. Recomendações gerais para prevenir a deterioração do betão por reações álcalis - sílica. LNEC, Lisboa, 14 pp.
8. Powers, T.C.,1955. Basic considerations pertaing to freezing and thawing teste. Proc. ASTM, 55. Pp.1132 -1154, citado de Pp.1132 -1154, citado de 3.15.
9. Gjorv, O.E., Tan, K., 1994. Diffusivity of chlorides from seawater into strength lightweight concrete. ACI Materials Journal, 91, N°5, pp. 4447 – 452. Citado de [4]
10. Jalali, S; Camões, A.F., 1998. Low cost high performance concrete using low quality fly ash. Proc 12<sup>th</sup> European RMC Congress, ERMCO.
11. Rasheeduzzafar, A.S; Al-Saadoun – Influence of construction practices on concrete durability, ACI Material Journal.
12. Durable Concrete Structures, 1992. CEB Design Guide. Thomas Telford Publishing.

13. Saraiva, J., 2007. Técnicas de proteção e reparação de estruturas de betão armado, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
14. Coutinho, J.S.. Melhoria da durabilidade dos betões por tratamento da cofragem. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 24 Julho, 1998.
15. Ferreira, R.M.,2006. Optimização da vida útil das estruturas de betão armado, JPEE 2006. 4<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia de estruturas.
16. NP EN 13670. Execução de estruturas de betão. Instituto Português da Qualidade, Portugal, 2011.
17. Neville, A.M.; Brooks, J.J., 1997. Concrete technology, Longman, England, 438 pp
18. NP EN 206-1. Especificação, desempenho, produção e conformidade. Instituto Português da Qualidade, Portugal, 2007.
19. Nepomuceno, M.C.. Ensaios não destrutivos em betão. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Universidade da Beira Interior, 1999.
20. NP EN 1504-2. Ensaio não destrutivo, ensaio esclerométrico. Instituto Português da Qualidade, Portugal, 2003.
21. NP EN 1504-4. Ensaios do betão nas estruturas, determinação da velocidade de propagação do ultra-sons. Instituto Português da Qualidade, Portugal, 2007.
22. BS 1881: Testing Concrete – Part 203. Recommendations for measurement of velocity of ultrasonic pulses in concrete.
23. ASTM C 597 – 09. Standard test Method for Pulse velocity through Concrete.
24. BS 1881 – 6. Methods of testing concrete. Analysis of hardened concrete. 1971.
25. AASHTO T 260 – 97. Standard Method of test for Sampling and Testing for chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials.
26. BS 1881: Testing Concrete – Part 204. Recommendations on the use of electromagnetic covermeters.

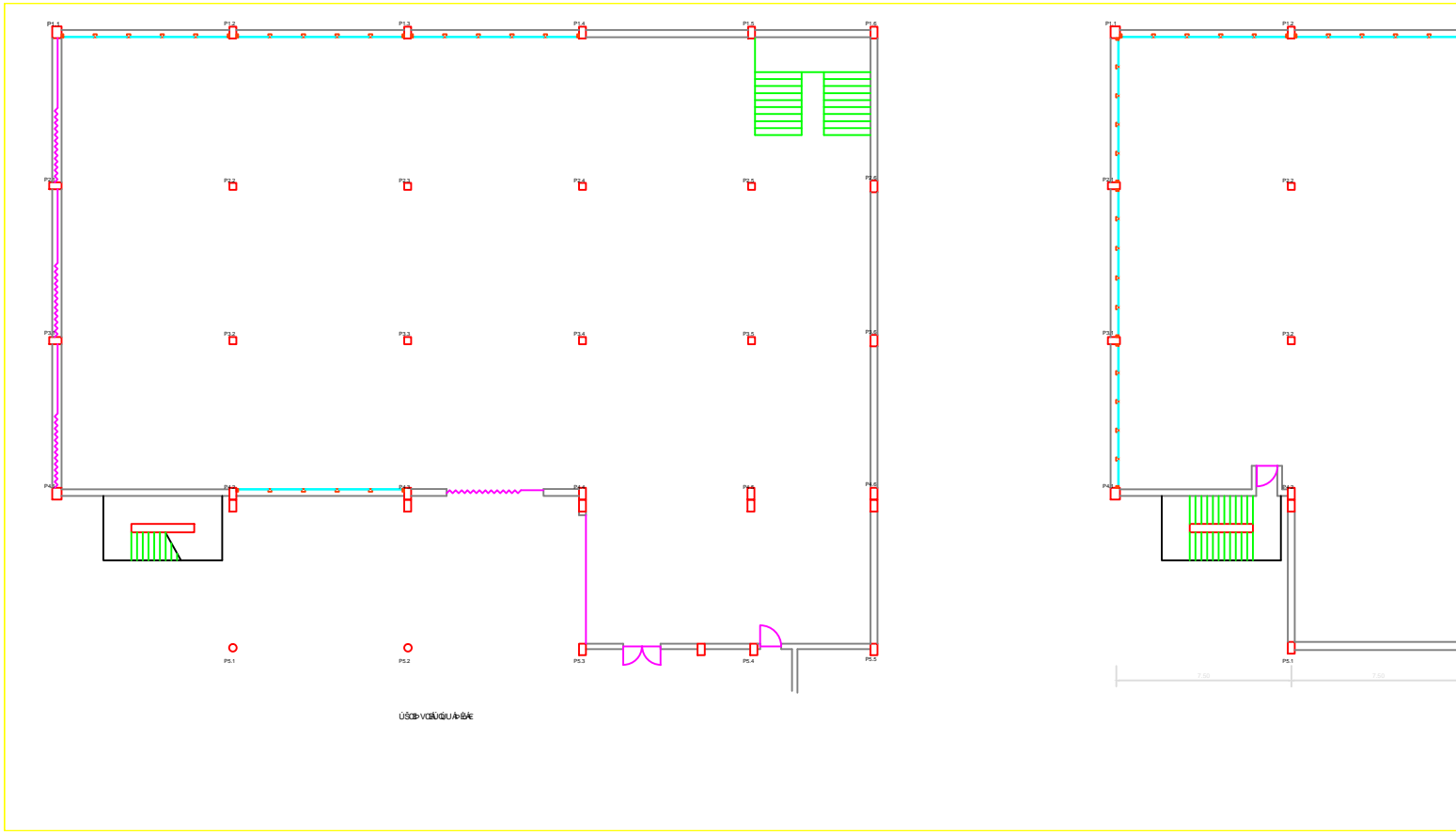
27. RILEM TC 56-MHM. CPC -18 Measurement of hardened concrete carbonation depth. RILEM Publications SARL, 1988.
28. ASTM C876-09. Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.
29. LNEC E 226. Betão. Ensaio à Compressão. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1968.
30. BS 1881-207. Testing Concrete. Recommendations for the Assessment of Concrete strength by near-to-surface tests, 1992.
31. LNEC E 397. Betões. Determinação do módulo de elasticidade em compressão. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1993.
32. Aguiar, J., Cabrita, A.M., Appleton, J. Anexo I - Conceitos fundamentais. In Guião de apoio à reabilitação de edifícios habitacionais, p. A.I-2, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2006.
33. Eurocódigo 1. Ações em Estruturas. Instituto Português da Qualidade, 2009.
34. Eurocódigo 2. Projeto de estruturas de betão. Instituto Português da Qualidade, 2010.
35. Eurocódigo 8. Projeto de Estruturas Sismo-Resistentes. Instituto Português da Qualidade, 2010.
36. Sousa, J.A. Inspeção e reabilitação de estruturas segundo a NP EN 1504 – Caso de obra. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, julho, 2011.
37. NP EN 1504-9. Produtos e Sistemas para a Proteção e Reparação de estruturas de Betão. Princípios Gerais para a Utilização de Produtos e Sistemas. Instituto Português da Qualidade, 2009.
38. Hurley, S.A., 2003. Advanced Concrete Technologies – chapter 17: Coatings.

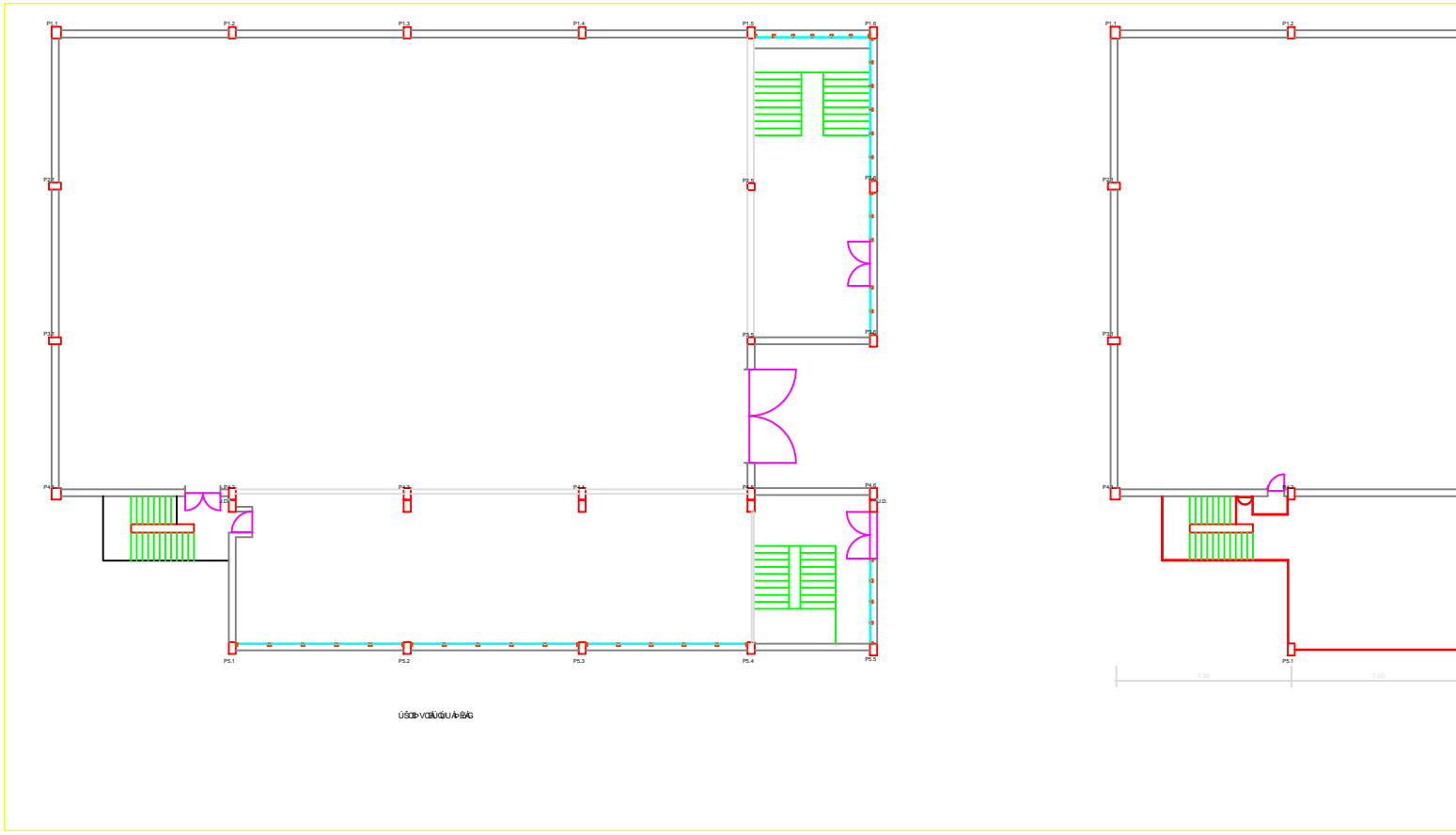
39. Rodrigues, M.P.,1998. “Durabilidade de revestimentos por pintura para proteção do betão armado”, Tese de Doutoramento em Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
40. Repairing Concrete Structures – Technical specifications; Association of consulting Engineers, Norway, 1995.
41. Bertolini, L.. Corrosion of Steel in Concrete. Weinheim: Wiley – VCH Verlag GmbH & Co HGaA, 2004.
42. NP EN 1504-10. Produtos e Sistemas para a Proteção e Reparação de Estruturas de Betão. Instituto Português da Qualidade, 2008.
43. Helene, P.R., 1986. Corrosão em armaduras para concreto armado. IPT, PINI, São Paulo.
44. NP EN 1504-7. Produtos e Sistemas para a Proteção e Reparação de Estruturas de Betão. Proteção contra a corrosão das armaduras. Instituto Português da Qualidade, 2008.
45. Gonçalves, A., Andrade, C., Castellote., 2003. M. Procedimientos de reparacion y proteccion de armaduras.
46. Mailvaganam,N.P.,1991. Repair and protetion of concrete structures. CRC Press.
47. Shaw, J.D.N, “Polymers for concrete repair”, civil engineering june 1983.
48. NP EN 1504-5. Produtos e Sistemas para a Proteção e Reparação de Estruturas de Betão. Injeção de Betão. Instituto Português da Qualidade, 2006.
49. Barroso Aguiar, J.L..Recuperação de estruturas de betão armado”, CETEM, Cadernos de materiais nº 1, 1993.
50. Emmons, P.H., 1994. Concrete repair and maintenance illustrated. R.S. Means company.

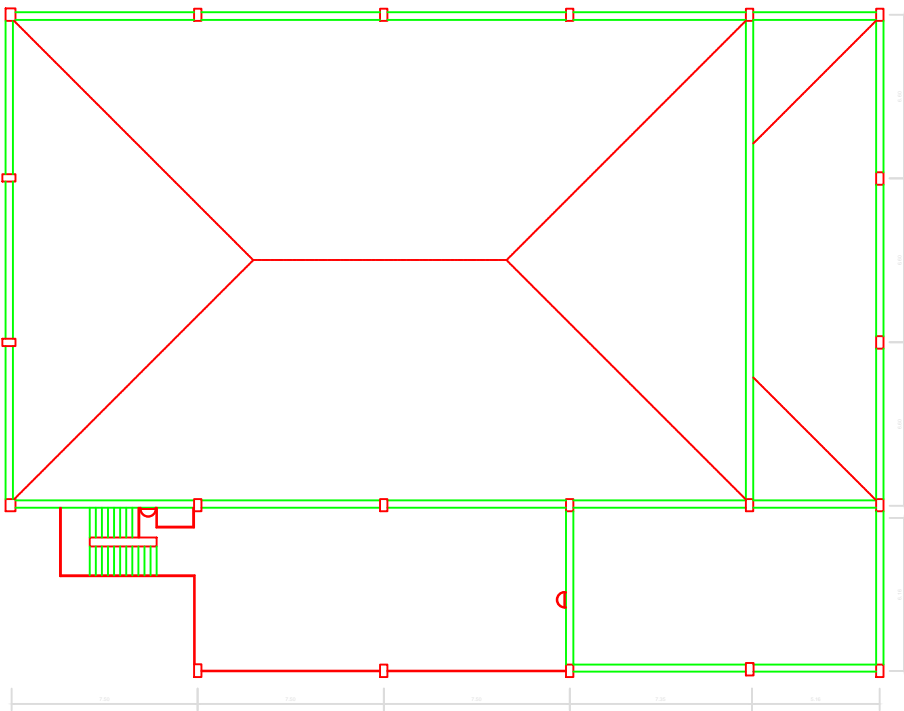


# ANEXOS

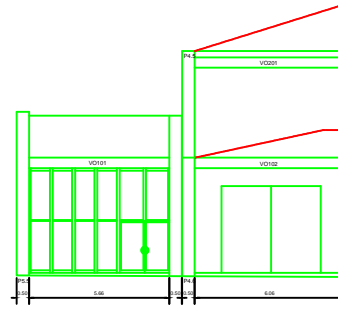
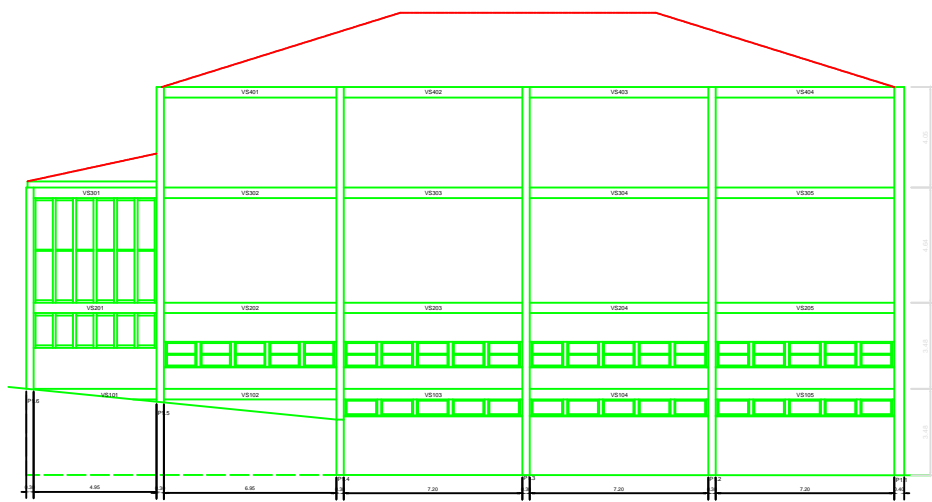
## **ANEXO 1 – LEVANTAMENTO ARQUITETONICO**





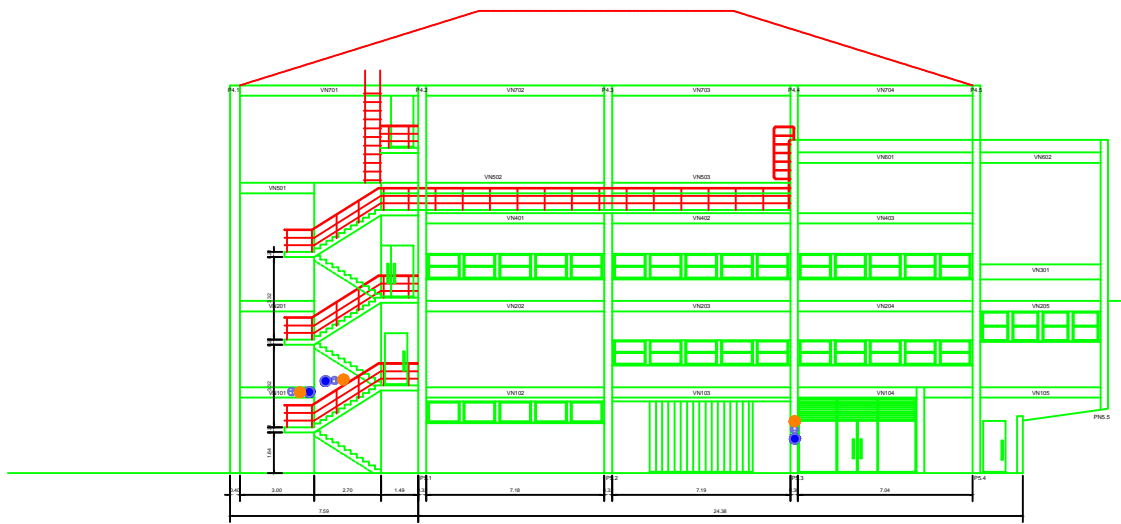


PLANTA COBERTURA



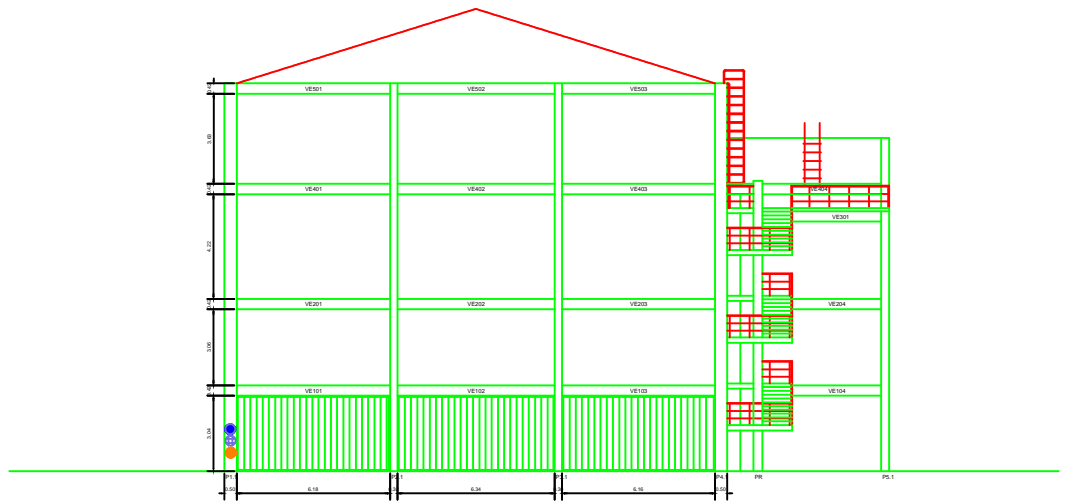
05' OBUÁMS



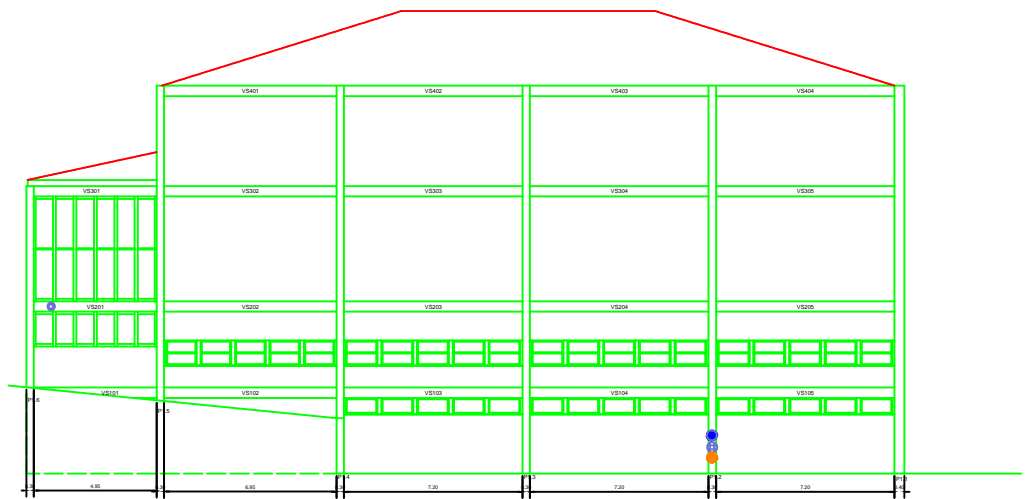


- Огнестойкость (столб)
- Огнестойкость (столб) с изоляцией
- Испытания на ультразвук

CÉF OEDUÁRUVÓ

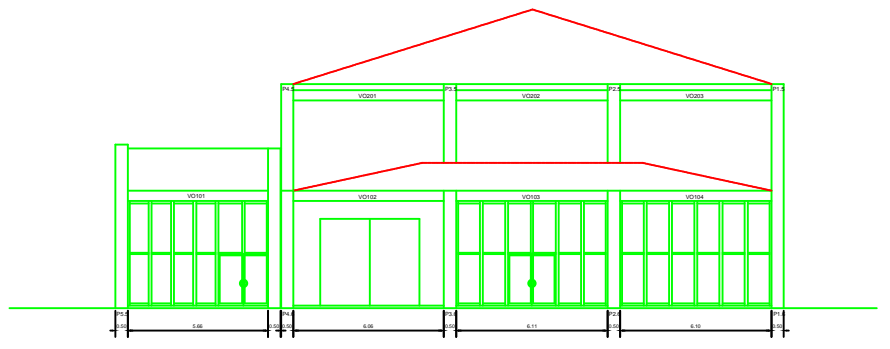


- 0) 100% 100% 100% 100%
  - 0) 100% 100% 100% 100%
  - Ensaïos de ultra - sons
- 05 020 000 00 00



- Գլխավոր խողովակ
- Գլխավոր խողովակի ճեղքում
- Ենթակետային ստորաբաժան

ՃՊՈՒՄՆ



05' 00' 00' 00' 00'

**FICHA DE INSPEÇÃO D**

**Nº Ficha: 6**

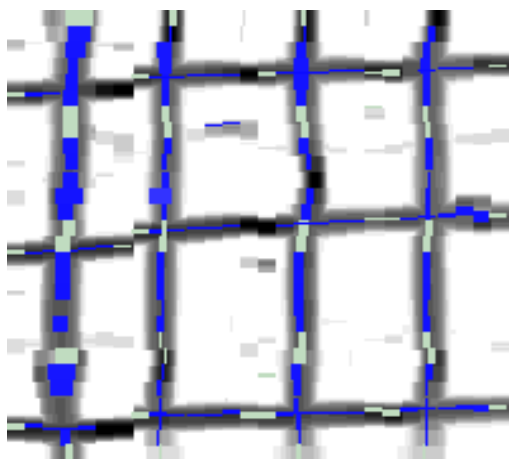
**Obra :** Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

**Data:** 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFICIO**

**Inspecionou:** Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**



**Referência fotográfica :** 109

Elemento inspecionado	Espaçamento da armadura (m)	Recobrimento da armadura (V) (mm)	Recobrimento da armadura (H) (mm)	Diâmetro (H) (mm)	Diâmetro(V) (mm)
Parede Escadas Face Norte		Rmédio,V= 19 Rmáximo,V=23 Rminimo,V=14	Rmédio,H= 13 Rmáximo,H=15 Rminimo,H=10	Dmédio,H= 8 Dmáximo,H=8 Dminimo,H=6	Dmédio,V= 16 Dmáximo,V=20 Dminimo,V=10

# EMPRESA

**FICHA DE INSPEÇÃO B**

Nº FICHA: 1

Data: 21/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NA FACHADA DO EDIFÍCIO ONDE SE INSERE A ANOMALIA

### 1. Dados Gerais

#### 1.1 Identificação

Consulta da ficha de inspeção A

#### 1.2. Orientação Fachada

1.2.1 Norte  1.2.1 Sul  1.2.1 Este  1.2.1 Oeste



### 2. Avaliação

Gravidade da anomalia

Extensão da intervenção

Complexidade da intervenção

2.1 Estrutura	GRAVE	TOTAL	DIFICIL
2.2 Paredes	Ligeira	Total	Simples
2.3 Instalação drenagem de águas pluviais	NA	NA	NA

### Legenda

Gravidade da anomalia	NA – Não se aplica	SS – Sem significado	L - Ligeira	M - Média	G - Grave
Extensão da intervenção	L - Localizada	M - Média	E - Extensa	T - Total	
Complexidade da intervenção	S - Simples	M - Média	D - Difícil		

### 3. Nível da reabilitação

3.1 Reabilitação Ligeira  3.2 Reabilitação Média  3.3 Reabilitação Profunda

# EMPRESA

## FICHA DE INSPEÇÃO A

Nº FICHA: 1

Data: 21/06/2013

### IDENTIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS DO EDIFÍCIO

#### 1. Dados Gerais

##### 1.1. Identificação

Rua/Av/Pc.: Rua Conceição Fernandes nº 755

Nº/Lote:

Andar:

Freguesia: Vilar de Andorinho

Concelho: Vila Nova de Gaia



##### 1.2. Caracterização

Nº Pisos edifício  0 3	Nº Frações  _ _	Ano de construção Década de 80	Tipologia estrutural Betão Armado	Utilização do edifício Audiovisuais	Pé Direito 3,35 m
---------------------------	--------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--	----------------------

#### 2. Local de implantação

2.1 Isolado

2.2 Gaveto

2.3 Banda/extremo

2.4 Banda/ Meio

#### 3. Tipologia da estrutura resistente

3.1 Pórtico/parede em betão armado	<input checked="" type="checkbox"/>	3.4 Laminar em betão armado	<input type="checkbox"/>
3.2 Viga/pilar em betão armado	<input type="checkbox"/>	3.5 Mista (betão/metálica)	<input type="checkbox"/>
3.3 Viga/ pilar em perfil metálico	<input type="checkbox"/>	3.6 Mista (betão/alvenaria)	<input type="checkbox"/>

#### 4. Tipologia das paredes exteriores

4.1 Paredes de pano duplo	<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 Paredes de pano simples	<input type="checkbox"/>
---------------------------	-------------------------------------	-----------------------------	--------------------------

#### 5. Tipologia dos materiais das paredes exteriores

5.1 Alvenaria de tijolo furado	<input checked="" type="checkbox"/>	5.2 Alvenaria de tijolo maciço	<input type="checkbox"/>	5.3 Pedra natural	<input type="checkbox"/>
5.4 Blocos de betão	<input type="checkbox"/>	5.5 Betão	<input checked="" type="checkbox"/>	5.6 Desconhecida	<input type="checkbox"/>
5.5 Blocos de betão de argila expandida	<input type="checkbox"/>	5.6 Blocos de betão celular autoclavado	<input type="checkbox"/>		

# EMPRESA

**FICHA DE INSPEÇÃO**

**A**

Nº FICHA : 1

Data : 21 / 06 / 2013

## IDENTIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS DO EDIFÍCIO

### 6. Tipologia dos revestimentos / acabamentos de paredes exteriores

6.1 Revestimentos por elementos contínuos	6.1.1. Ladrilhos cerâmicos	<input type="checkbox"/>
	6.1.2. Ladrilhos hidráulicos	<input type="checkbox"/>
	6.1.3. Placas de pedra natural	<input type="checkbox"/>
6.2. Revestimentos de ligantes minerais	6.2.1 Tradicionais com pintura	<input checked="" type="checkbox"/>
	6.2.2 Não tradicionais (monomassas) com/sem pintura	<input type="checkbox"/>
6.3. ETICS	<input type="checkbox"/>	6.6. Pintura com acabamento liso <input type="checkbox"/>
6.4. Betão à vista	<input checked="" type="checkbox"/>	6.7. Pintura com acabamento rugoso <input type="checkbox"/>
6.5. Tijolo cerâmico face – à -vista	<input type="checkbox"/>	6.8. Impermeabilização <input type="checkbox"/>

### 7. Tipologia das redes de escoamento das águas pluviais

7.1 Caleiras e tubos de queda	7.1.1 Ferro fundido	<input checked="" type="checkbox"/>
	7.1.2 PVC	<input checked="" type="checkbox"/>
	7.1.3 Ferro galvanizado	<input type="checkbox"/>
	7.1.4 Alumínio	<input type="checkbox"/>
	7.1.5 Zinco	<input type="checkbox"/>

# EMPRESA

**FICHA DE INSPEÇÃO B**

Nº FICHA: 2

Data: 21/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NA FACHADA DO EDIFÍCIO ONDE SE INSERE A ANOMALIA

### 1. Dados Gerais



#### 1.1 Identificação

Consulta da ficha de inspeção A

#### 1.2. Orientação Fachada

1.2.1 Norte  1.2.1 Sul  1.2.1 Este  1.2.1 Oeste

### 2. Avaliação

Gravidade da anomalia

Extensão da intervenção

Complexidade da intervenção

	Gravidade da anomalia	Extensão da intervenção	Complexidade da intervenção
2.1 Estrutura	Média	TOTAL	Média
2.2 Paredes	Ligeira	Total	Simple
2.3 Instalação drenagem de águas pluviais	Ligeira	Média	Simple

### Legenda

Gravidade da anomalia	NA – Não se aplica	SS – Sem significado	L - Ligeira	M - Média	G - Grave
Extensão da intervenção	L - Localizada	M - Média	E - Extensa	T - Total	
Complexidade da intervenção	S - Simple	M - Média	D - Difícil		

### 3. Nível da reabilitação

3.1 Reabilitação Ligeira  3.2 Reabilitação Média  3.3 Reabilitação Profunda

# EMPRESA

**FICHA DE INSPEÇÃO B**

Nº FICHA: 3

Data: 21/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NA FACHADA DO EDIFÍCIO ONDE SE INSERE A ANOMALIA

### 1. Dados Gerais



#### 1.1 Identificação

Consulta da ficha de inspeção A

#### 1.2. Orientação Fachada

1.2.1 Norte  1.2.1 Sul  1.2.1 Este  1.2.1 Oeste

### 2. Avaliação

Gravidade da  
anomalia

Extensão da  
intervenção

Complexidade  
da intervenção

	Gravidade da anomalia	Extensão da intervenção	Complexidade da intervenção
2.1 Estrutura	Média	TOTAL	Média
2.2 Paredes	Ligeira	Total	Simple
2.3 Instalação drenagem de águas pluviais	Ligeira	Média	Simple

### Legenda

Gravidade da anomalia	NA – Não se aplica	SS – Sem significado	L - Ligeira	M - Média	G - Grave
Extensão da intervenção	L - Localizada	M - Média	E - Extensa	T - Total	
Complexidade da intervenção	S - Simple	M - Média	D - Difícil		

### 3. Nível da reabilitação

3.1 Reabilitação Ligeira  3.2 Reabilitação Média  3.3 Reabilitação Profunda

# EMPRESA

**FICHA DE INSPEÇÃO B**

Nº FICHA: 3

Data: 21/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NA FACHADA DO EDIFÍCIO ONDE SE INSERE A ANOMALIA

### 1. Dados Gerais

#### 1.1 Identificação

Consulta da ficha de inspeção A



#### 1.2. Orientação Fachada

1.2.1 Norte  1.2.1 Sul  1.2.1 Este  1.2.1 Oeste

### 2. Avaliação

Gravidade da anomalia

Extensão da intervenção

Complexidade da intervenção

2.1 Estrutura

Média

TOTAL

Média

2.2 Paredes

Ligeira

Total

Simple

2.3 Instalação drenagem de águas pluviais

Ligeira

Média

Simple

### Legenda

Gravidade da anomalia

NA – Não se aplica

SS – Sem significado

L - Ligeira

M - Média

G - Grave

Extensão da intervenção

L - Localizada

M - Média

E - Extensa

T - Total

Complexidade da intervenção

S - Simple

M - Média

D - Difícil

### 3. Nível da reabilitação

3.1 Reabilitação Ligeira  3.2 Reabilitação Média  3.3 Reabilitação Profunda

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 1

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22 /06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado : VS305

Referência fotográfica : 1

Elemento  
inpeccionado : VE401

Referência fotográfica : 2

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado : VE402

Referência fotográfica : 2

Elemento  
inpeccionado : VS105

Referência fotográfica : 3

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado : VE501

Referência fotográfica: 4

Elemento  
inpeccionado : VS103

Referência fotográfica : 5

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 1

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado :

VS203

Referência fotográfica : 6

Elemento  
inspeccionado :

VS103

Referência fotográfica : 7

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado :

VN602

Referência fotográfica : 8

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas Prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
VS305; VS105; VE401; VE501; VE402; VN602; VS103; VS203	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
VS305; VS105; VE401; VE501; VE402; VN602; VS103; VS203	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade; fraca exposição solar devido a presença de árvores de grande porte	Generalizada	Ligeiro	
VS305; VS105; VE401; VE501; VE402; VN602; VS103; VS203	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	
VS305; VS105; VE401; VE501; VE402; VN602; VS103; VS203	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 2

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06 /2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado : VS204

Referência fotográfica : 9

Elemento  
inpeccionado : VES402

Referência fotográfica : 10

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado : VN704

Referência fotográfica: 11

Elemento  
inpeccionado : VN704

Referência fotográfica: 12

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado : VE704

Referência fotográfica : 13

Elemento  
inpeccionado : VE104

Referência fotográfica: 14

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 2

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data:

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado :

VS403

Referência fotográfica : 15

Elemento  
inspeccionado :

VN504

Referência fotográfica : 16

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado :

VN104

Referência fotográfica : 17

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
VS204; VE104;VS204; VS403;VN504; VN104;VS204; VE104;VS403	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade; fraca exposição solar devido a presença de árvores de grande porte	Generalizada	Ligeiro	
VS204; VE104;VS204; VS403;VN504; VN104;VS204; VE104;VS403	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	
VS204; VE104;VS204; VS403;VN504; VN104;VS204; VE104;VS403	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
VE 104	Betão com manchas	Ligeira	Pequena	Sistema de drenagem de águas pluviais deficiente	Localizada	Ligeiro	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 3

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFICIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado : VS303

Referência fotográfica : 18

Elemento  
inpeccionado : Vs303

Referência fotográfica : 19

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado : VS303

Referência fotográfica : 20

Elemento  
inpeccionado : VN401

Referência fotográfica : 21

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado : VN401

Referência fotográfica : 22

**FICHA DE INSPEÇÃO C****Nº Ficha: 3****Obra :** Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP**Data:** 22/06/2013

Elemento inspecionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
VS303;VN401	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
VS303;VN401	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade; fraca exposição solar devido a presença de árvores de grande porte	Generalizada	Ligeiro	
VS303;VN401	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	
VS303;VN401	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 4

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**

Elemento inspeccionado : VN204

Referência fotográfica: 23

Elemento inspeccionado : VN204

Referência fotográfica : 24

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
VN204	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade; fraca exposição solar devido a presença de árvores de grande porte	Generalizada	Ligeiro	
VN 204	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 5

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : VS202

Referência fotográfica : 25

Elemento  
inspeccionado : VS202

Referência fotográfica : 26

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : VS202

Referência fotográfica : 27

Elemento  
inspeccionado : VN503

Referência fotográfica : 28

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : VN503

Referência fotográfica : 29

Elemento  
inspeccionado : VN403

Referência fotográfica : 30

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 5

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

Elemento inspecionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
Elemento inspecionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
VS202; VN503;VN403	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade;	Generalizada	Ligeiro	
VS202; VN503;VN403	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
VS202; VN503;VN403	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
VN503	Armaduras Desaprumadas	Média	Pequena aparentemente	Deslocamento da armadura durante colocação do betão;e erro de execução	Localizada		

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 6

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/062013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFICIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado : VE201

Referência fotográfica : 31

Elemento  
inpeccionado : VE101

Referência fotográfica : 32

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado : VE202

Referência fotográfica : 33

Elemento  
inpeccionado : VE202

Referência fotográfica : 34

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado : VN101

Referência fotográfica : 35

Elemento  
inpeccionado : V0201

Referência fotográfica : 36

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 6

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

Elemento inspecionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
Elemento inspecionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
VE201;VE101,VE202;VN101	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade;	Generalizada	Ligeiro	
VE201;VE101,VE202;VN101	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
V0201	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 7

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : VN501

Referência fotográfica : 37

Elemento  
inspeccionado : VN502

Referência fotográfica : 38

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : VN502

Referência fotográfica : 39

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
VN501;VN502	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade;	Generalizada	Ligeiro	
VN501;VN502	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
VN501;VN502	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 8

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**

Elemento inspeccionado : VN701

Referência fotográfica : 40

Elemento inspeccionado : VN701

Referência fotográfica : 41

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
VN701	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade;	Generalizada	Ligeiro	
VN701	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
VN701	Betão com manchas	Ligeira	Pequena	Sistema de drenagem de águas pluviais deficiente	Localizada	Ligeiro	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 9

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : VE102/103

Referência fotográfica : 42

Elemento  
inspeccionado : VE102

Referência fotográfica : 43

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : VN202

Referência fotográfica : 44

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
VE102;VE103; VN202	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade;	Generalizada	Ligeiro	
VE102;VE103; VN203	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
VE102;VE103; VN204	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
VE102;VE103; VN205	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia : Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 10

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : VN703

Referência fotográfica : 45

Elemento  
inspeccionado : VN703

Referência fotográfica : 46

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : VN703

Referência fotográfica : 47

Elemento  
inspeccionado : VN702

Referência fotográfica : 48

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
VN703;VN702	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade;	Generalizada	Ligeiro	
VN703;VN702	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
VN703;VN702	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
VN703;VN702	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**
**Nº Ficha: 11**
**Obra :** Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

**Data:** 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**
**Inspeccionou:** Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**


Elemento inpeccionado :	VE201	Referência fotográfica : 49	Elemento inpeccionado :	VE201	Referência fotográfica : 50
-------------------------	-------	-----------------------------	-------------------------	-------	-----------------------------

Elemento inpeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
VE201	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade;	Generalizada	Ligeiro	
VE201	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
VE201	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
VE201	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	
VE201	Esforço Transverso	Muito Grave	Pequena	Armadura transversal insuficiente, sobrecarga excessiva, betão deficiente, erro de calculo	Localizada, fissura Próximas inclinadas entre 45ª e 75ª em direção ao pilar	Elevado	Colocar armadura transversal formando estribos "abertos", ligada com resina epoxi, reduzir cargas e selar fissuras

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 12

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**

Elemento inpeccionado : VO102 VO103 VO104

Referência fotográfica : 51

Elemento inpeccionado : VO103

Referência fotográfica : 52

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
VO102;VO103;VO104	Porosidade; Superfície irregular	Média	Pequena	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Localizada	Médio	Bom estado de conservação devido aplicação de um verniz numa intervenção efetuada a algum tempo

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 13

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : VS201

Referência fotográfica : 53

Elemento  
inspeccionado : VS201

Referência fotográfica : 54

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : VS201

Referência fotográfica : 55

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
VS201	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade;	Generalizada	Ligeiro	
VS201	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
VS201	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
VS201	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 14

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico

Elemento  
inpeccionado :

P1.1

Referência fotográfica : 56

Elemento  
inpeccionado :

P1.1

Referência fotográfica : 57

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 14

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

Elemento inspecionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
P1.1	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante;	Generalizada	Ligeiro	
P1.1	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
P1.1	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
P1.1	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 15

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico

Elemento  
inpeccionado :

P1.5

Referência fotográfica : 58

Elemento  
inpeccionado :

P1.5

Referência fotográfica : 59

## Levantamento fotográfico

Elemento  
inpeccionado :

P1.5

Referência fotográfica : 60

Elemento  
inpeccionado :

P1.2

Referência fotográfica : 61

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 15

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

Elemento inspecionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
P1.5;P.1.2	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade;	Generalizada	Ligeiro	
P1.5;P.1.2	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
P1.5;P.1.2	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
P1.5;P.1.2	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 16

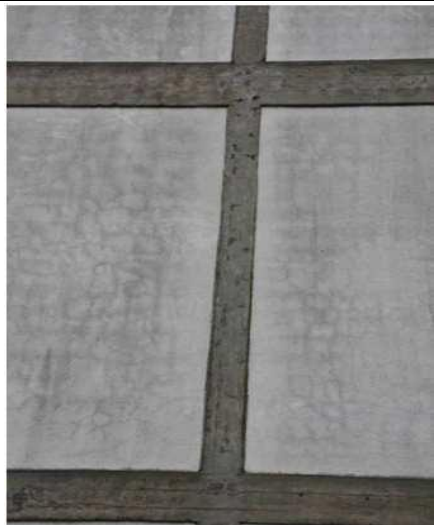
Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico

Elemento  
inpeccionado :

P2.1

Referência fotográfica : 62

Elemento  
inpeccionado :

P2.1

Referência fotográfica : 63

## Levantamento fotográfico

Elemento  
inpeccionado :

P4.1

Referência fotográfica : 64

Elemento  
inpeccionado :

P1.1

Referência fotográfica : 65

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 16

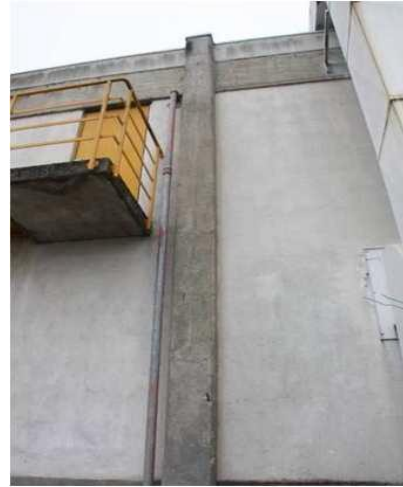
Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado :

P1.1

Referência fotográfica : 66

Elemento  
inpeccionado :

P4.2

Referência fotográfica : 67

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inpeccionado :

P4.2

Referência fotográfica : 68

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 16

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

Elemento inspecionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
P.2.1 ;P4.1; P1.1;P.4.2	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade;	Generalizada	Ligeiro	
P.2.1; P4.1; P1.1; P.4.2	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
P.2.1; P4.1; P1.1; P.4.3	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
P.2.1; P4.1; P1.1;P.4.4	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 17

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado :

P1.6

Referência fotográfica : 69

Elemento  
inspeccionado :

P1.6

Referência fotográfica : 70

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado :

P1.6

Referência fotográfica : 71

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
P1.6	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
P1.7	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 18

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado :

P5.3

Referência fotográfica : 76

Elemento  
inspeccionado :

P5.3

Referência fotográfica : 77

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado :

P5.3

Referência fotográfica : 78

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
P.5.3.	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade;	Generalizada	Ligeiro	
P.5.3.	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
P.5.3.	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia : Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 19

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFICIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico

Elemento  
inspeccionado : P1.3

Referência fotográfica : 79

Elemento  
inspeccionado : P1.3

Referência fotográfica : 80

## Levantamento fotográfico

Elemento  
inspeccionado : P1.3

Referência fotográfica : 81

Elemento  
inspeccionado : P1.3

Referência fotográfica : 82

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 19

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

Elemento inspecionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
P.1.3.	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade;	Generalizada	Ligeiro	
P.1.3.	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
P.1.3.	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
P.1.3.	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 20

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : P4.4

Referência fotográfica : 83

Elemento  
inspeccionado : P4.4

Referência fotográfica : 84

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : P4.4

Referência fotográfica : 85

Elemento  
inspeccionado : P4.4

Referência fotográfica : 86

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 20

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

Elemento inspecionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
P.4.4	Betão com manchas	Ligeira	Grande	Fungos e líquens provenientes da vegetação circundante; humidade;	Generalizada	Ligeiro	
P.4.4	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
P.4.4	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
P.4.4	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 21

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFICIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : P1.5.

Referência fotográfica : 87

Elemento  
inspeccionado : P1.5.

Referência fotográfica : 88

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : P4.6.

Referência fotográfica : 89

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
P1.5. ; P4.6.	Fissuras de retração hidraulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	
P1.5. ; P4.6.	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 22

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado :

Maineis

Referência fotográfica : 90

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
Maineis	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
Maineis	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
Maineis	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 23

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico

Elemento  
inpeccionado :

Referência fotográfica :

Elemento  
inpeccionado :

Referência fotográfica :

## Levantamento fotográfico

Elemento  
inpeccionado :

Referência fotográfica :

Elemento  
inpeccionado :

Referência fotográfica :

## Levantamento fotográfico

Elemento  
inpeccionado :

Referência fotográfica :

Elemento  
inpeccionado :

Referência fotográfica :

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 23

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

Elemento inspecionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
Maieis	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
Maieis	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
Maieis	Fissuras de retração hidraulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 24

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : Mainel

Referência fotográfica : 97

Elemento  
inspeccionado : Mainel

Referência fotográfica : 98

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : Mainel

Referência fotográfica : 99

Elemento  
inspeccionado : Mainel

Referência fotográfica : 100

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
Maineis	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
Maineis	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
Maineis	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 25

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico

Elemento  
inpeccionado : Parede  
suporte  
escadas

Referência fotográfica : 101

Elemento  
inpeccionado : Parede  
suporte  
escadas

Referência fotográfica : 102

## Levantamento fotográfico

Elemento  
inpeccionado : Parede  
suporte  
escadas

Referência fotográfica : 103

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 26

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**Elemento  
inspeccionado : Patamar  
intermédio  
Piso 0/Piso 1

Referência fotográfica : 104

Elemento  
inspeccionado : Patamar  
intermédio  
Piso 0/Piso 1

Referência fotográfica : 105

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
Patamar intermédio Piso 0/Piso 1	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
Patamar intermédio Piso 0/Piso 2	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
Patamar intermédio Piso 0/Piso 3	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 27

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**

Elemento inspeccionado : Patamar intermédio Piso 1/Piso 2

Referência fotográfica : 106

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
Patamar intermédio Piso 1/Piso 2	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
Patamar intermédio Piso 1/Piso 2	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
Patamar intermédio Piso 1/Piso 2	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 28

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**

Elemento inspeccionado : Patamar nível 3

Referência fotográfica : 107

Elemento inspeccionado : Patamar nível 3

Referência fotográfica : 108

Elemento inspeccionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
Patamar Piso 3	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
Patamar Piso 3	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
Patamar Piso 3	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 23

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico



Elemento inpeccionado : Mainel

Referência fotográfica : 91



Elemento inpeccionado : Mainel

Referência fotográfica : 92

## Levantamento fotográfico



Elemento inpeccionado : Mainel

Referência fotográfica : 93



Elemento inpeccionado : Mainel

Referência fotográfica : 94

## Levantamento fotográfico



Elemento inpeccionado : Mainel

Referência fotográfica : 95



Elemento inpeccionado : Mainel

Referência fotográfica : 96

**FICHA DE INSPEÇÃO C**

Nº Ficha: 23

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

Elemento inspecionado	Anomalia	Gravidade da anomalia	Extensão da anomalia	Causas prováveis	Localização da anomalia no elemento	Nível de reparação	Observações
Maieis	Porosidade; Superfície irregular	Média	Grande	Deficiente colocação da cofragem; compactação deficiente; perda de finos pela cofragem	Generalizada	Médio	
Maieis	Destacamento do betão	Grave	Média	Carbonatação; recobrimento insuficiente; betão elevada porosidade ; Dilatação térmica; Corrosão das amaduras	Na zona dos estribos	Médio	
Maieis	Fissuras de retração hidráulica	Média	Grande	Cura inadequada; Contração térmica	Generalizada	Médio	

**Notas:**

Gravidade da anomalia : Ligeira ; Média ; Grave

Extensão da anomalia: Pequena ; Média ; Grande

Nível de reparação : Ligeira ; Média ; Profunda

Observações : Exº Estudo complementar / estado alerta

**FICHA DE INSPEÇÃO D**

Nº Ficha: 3

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico



Elemento inspeccionado : Pilar P1.1

Referência fotográfica : 110

Elemento inspeccionado	Área de ensaio	Direção do impacto	Descrição da área de ensaio	Nº Série Esclerómetro	Min. ( R )	Máx. ( R )	Média ( R )	Desvio (s)	f (N/mm <sup>2</sup> )
Pilar P1.1	60 x 60 cm <sup>2</sup> Segundo área do Ferrosan, a 1,5 m do 3º degrau.	Horizontal	Foram marcados pontos localizados em zonas sem armaduras, sendo esses pontos preparados através de uma pedra abrasiva	PROCEQ ND -1 4888	57	62	60	1.4	84

**FICHA DE INSPEÇÃO D**

Nº Ficha: 4

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico



Elemento inspeccionado : Pilar P1.2

Referência fotográfica : 111

Elemento inspeccionado	Área de ensaio	Direção do impacto	Descrição da área de ensaio	Nº Série Esclerómetro	Min. ( R )	Máx. ( R )	Média ( R )	Desvio (s)	f (N/mm <sup>2</sup> )
Pilar P1.2	60 x 60 cm <sup>2</sup> Segundo área do Ferroskan	Horizontal	Foram marcados pontos localizados em zonas sem armaduras, sendo esses pontos preparados através de uma pedra abrasiva	PROCEQ ND -1 4888	45	60	52.5	5.5	67.4

**FICHA DE INSPEÇÃO D**

Nº Ficha: 5

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico



Elemento inspeccionado : Pilar P5.3

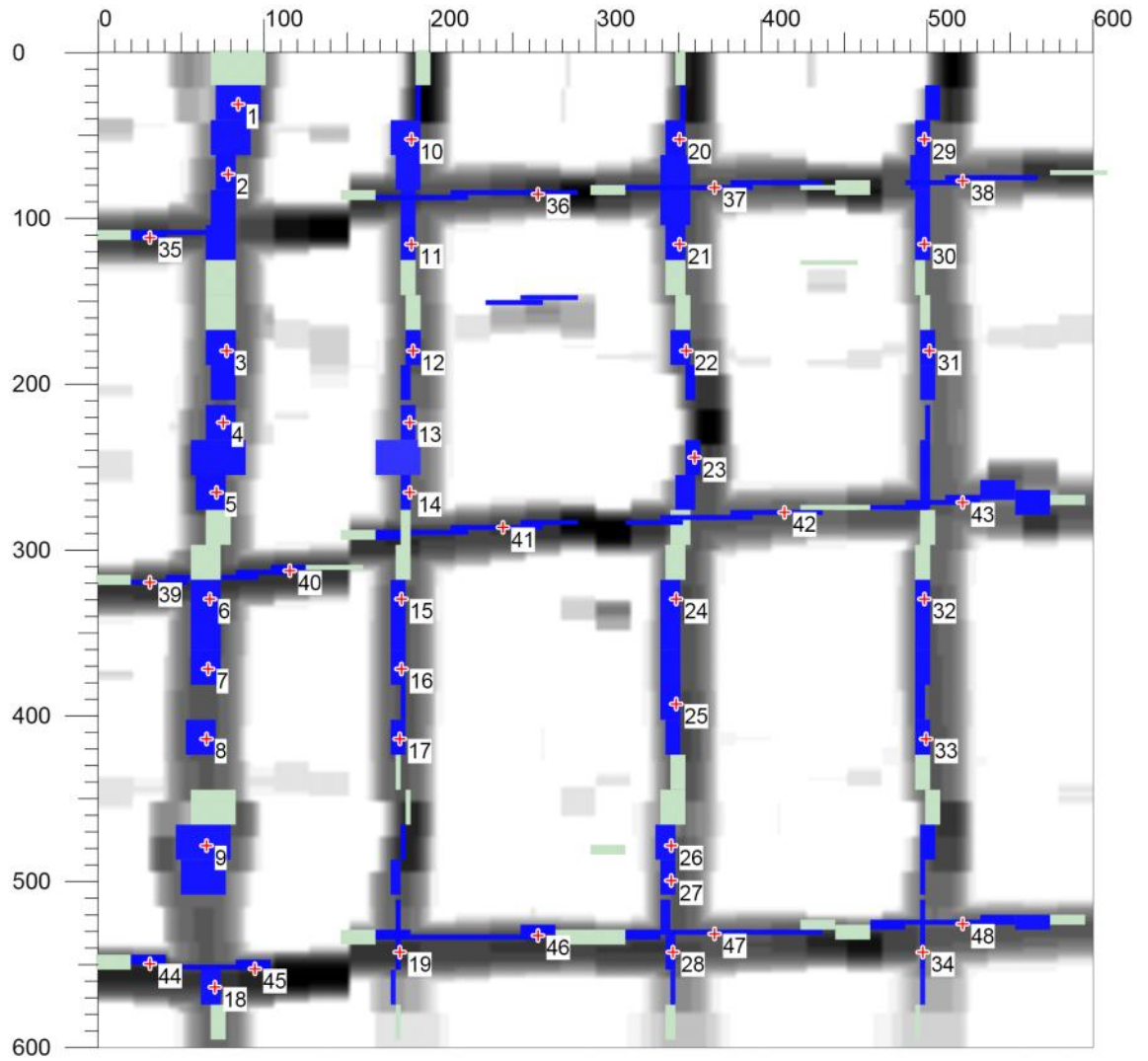
Referência fotográfica : 112

Elemento inspeccionado	Área de ensaio	Direção do impacto	Descrição da área de ensaio	Nº Série Esclerómetro	Min. ( R )	Máx. ( R )	Média ( R )	Desvio (s)	f (N/mm2)
Pilar P5.3	60 x 60 cm2 Segundo área do Ferroscan, a 1,5 m do 3º degrau.	Horizontal	Foram marcados pontos localizados em zonas sem armaduras, sendo esses pontos preparados através de uma pedra abrasiva	PROCEQ ND -1 4888	42	57	50.4	5	63

Imagescan: FS000409.XFF

Date / Time: 2013-06-21 13:18:06

SSN: 31406007 [mm]



Customer: RTP

Location: Estúdio C - Vila Nova de Gaia

Operator: Bruno Albergaria

Comment:

Deteção de armaduras Parede de escadas exteriores, face norte.  
Localização no lanço entre R/CH e 1º Piso.

Imagescan: FS000409.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	86	31	21	30mm	Vertical	Measurement
2	79	74	17	14mm	Vertical	Measurement
3	78	181	19	20mm	Vertical	Measurement
4	76	224	19	20mm	Vertical	Measurement
5	72	267	17	20mm	Vertical	Measurement
6	69	331	18	20mm	Vertical	Measurement
7	67	374	17	20mm	Vertical	Measurement
8	67	417	18	20mm	Vertical	Measurement
9	66	481	22	36mm	Vertical	Measurement
10	191	53	23	20mm	Vertical	Measurement
11	190	117	18	10mm	Vertical	Measurement
12	191	181	17	10mm	Vertical	Measurement
13	190	224	22	12mm	Vertical	Measurement
14	190	267	17	8mm	Vertical	Measurement
15	184	331	17	10mm	Vertical	Measurement
16	184	374	16	10mm	Vertical	Measurement
17	184	417	16	10mm	Vertical	Measurement
18	71	567	19	14mm	Vertical	Measurement
19	183	546	9	6mm	Vertical	Measurement
20	353	53	18	14mm	Vertical	Measurement
21	353	117	19	14mm	Vertical	Measurement
22	357	181	19	14mm	Vertical	Measurement
23	362	246	14	12mm	Vertical	Measurement
24	351	331	17	14mm	Vertical	Measurement
25	351	396	16	14mm	Vertical	Measurement
26	348	481	19	14mm	Vertical	Measurement
27	348	503	17	10mm	Vertical	Measurement
28	349	546	17	8mm	Vertical	Measurement
29	502	53	18	12mm	Vertical	Measurement
30	502	117	19	12mm	Vertical	Measurement
31	504	181	18	10mm	Vertical	Measurement
32	501	331	19	12mm	Vertical	Measurement
33	502	417	17	12mm	Vertical	Measurement
34	500	546	15	6mm	Vertical	Measurement
35	31	112	10	8mm	Horizontal	Measurement
36	267	86	10	6mm	Horizontal	Measurement
37	374	82	11	6mm	Horizontal	Measurement
38	524	78	11	6mm	Horizontal	Measurement
39	31	322	9	6mm	Horizontal	Measurement
40	117	314	8	6mm	Horizontal	Measurement
41	246	288	10	6mm	Horizontal	Measurement
42	417	279	12	6mm	Horizontal	Measurement
43	524	273	15	8mm	Horizontal	Measurement
44	31	554	9	8mm	Horizontal	Measurement
45	96	556	8	8mm	Horizontal	Measurement
46	267	536	11	8mm	Horizontal	Measurement
47	374	535	13	6mm	Horizontal	Measurement
48	524	529	14	6mm	Horizontal	Measurement

File Storage: C:\Users\User\Desktop\IRTPFIN~1\FERROS~1\ESCAD~1\FS000409.XFF

Project: PRJ RTP PAREDE

**FICHA DE INSPEÇÃO D**

Nº Ficha: 1

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico



Elemento inspeccionado : Parede (Escadas exteriores)

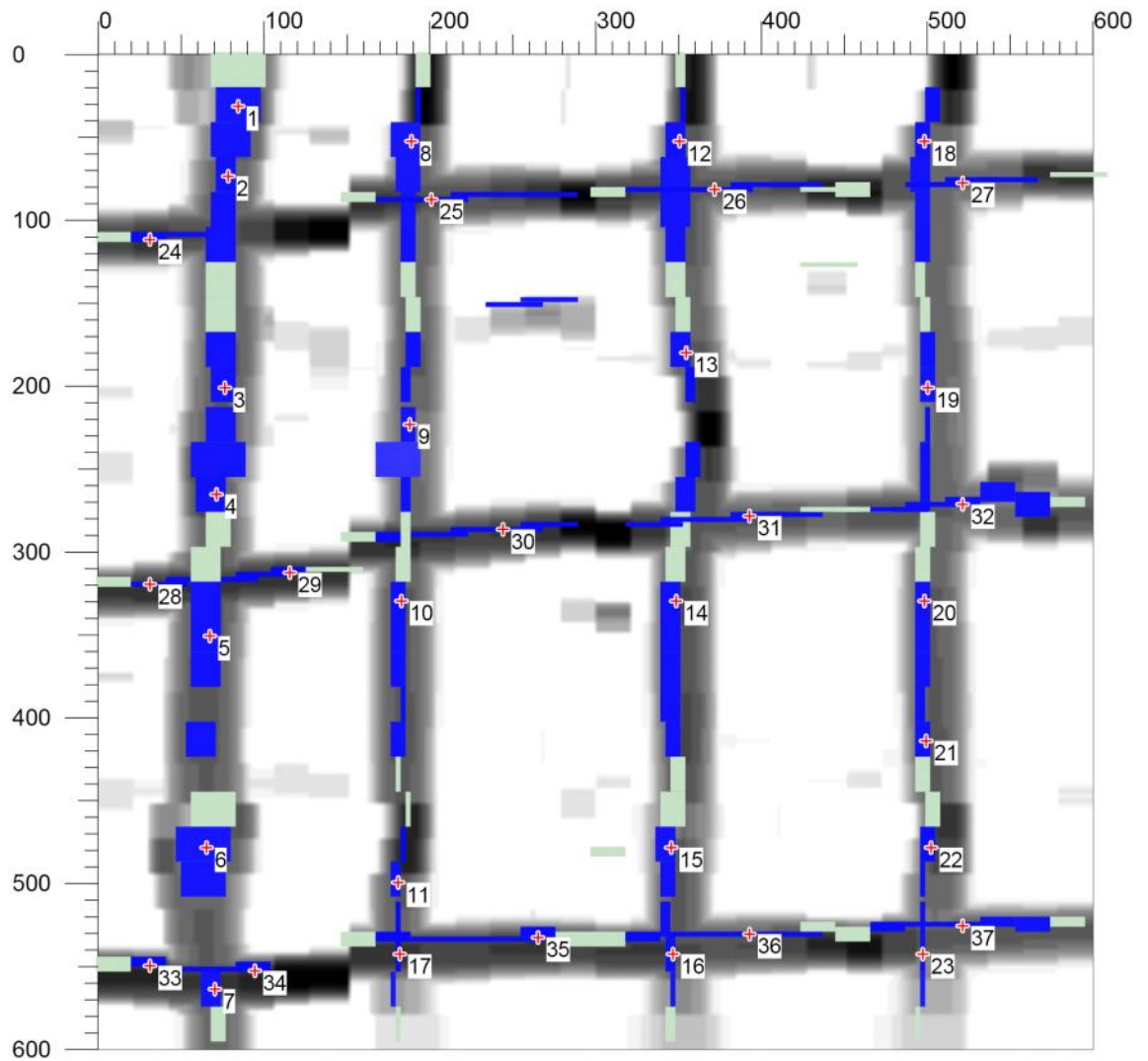
Referência fotográfica : 108

Elemento inspeccionado	Área de ensaio	Direção do impacto	Descrição da área de ensaio	Nº Série Esclerómetro	Min. ( R )	Máx. ( R )	Média ( R )	Desvio (s)	f (N/mm2)
Parede Escadas exteriores Face Norte (entre o lanço do R/CH e 1º piso)	60 x 60 cm2 Segundo área do Ferroskan, a 1,5 m do 3º degrau.	Horizontal	Foram marcados pontos localizados em zonas sem armaduras, sendo esses pontos preparados através de uma pedra abrasiva	PROCEQ ND -1 4888	34	56	45.1	6.2	52.2

Imagescan: FS000416.XFF

Date / Time: 2013-06-21 13:18:06

SSN: 31406007 [mm]



Customer: RTP

Location: Estúdio C - Vila Nova de Gaia

Operator: Bruno Albergaria

Comment:

Deteção de armaduras no Pilar P1.1.

Utilizou-se uma tabua de madeira com 4 mm de espessura, para obtenção de resultados mais fiáveis devido à largura do pilar.

Imagescan: FS000416.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	86	31	17	30mm	Vertical	Measurement
2	79	74	13	14mm	Vertical	Measurement
3	77	203	14	16mm	Vertical	Measurement
4	72	267	13	20mm	Vertical	Measurement
5	68	353	14	20mm	Vertical	Measurement
6	66	481	18	36mm	Vertical	Measurement
7	71	567	15	14mm	Vertical	Measurement
8	191	53	19	20mm	Vertical	Measurement
9	190	224	18	12mm	Vertical	Measurement
10	184	331	13	10mm	Vertical	Measurement
11	182	503	12	8mm	Vertical	Measurement
12	353	53	14	14mm	Vertical	Measurement
13	357	181	15	14mm	Vertical	Measurement
14	351	331	13	14mm	Vertical	Measurement
15	348	481	15	14mm	Vertical	Measurement
16	349	546	13	8mm	Vertical	Measurement
17	183	546	5	6mm	Vertical	Measurement
18	502	53	14	12mm	Vertical	Measurement
19	504	203	15	10mm	Vertical	Measurement
20	501	331	15	12mm	Vertical	Measurement
21	502	417	13	12mm	Vertical	Measurement
22	506	481	10	10mm	Vertical	Measurement
23	500	546	11	6mm	Vertical	Measurement
24	31	112	6	8mm	Horizontal	Measurement
25	203	88	7	6mm	Horizontal	Measurement
26	374	82	7	6mm	Horizontal	Measurement
27	524	78	7	6mm	Horizontal	Measurement
28	31	322	5	6mm	Horizontal	Measurement
29	117	314	4	6mm	Horizontal	Measurement
30	246	288	6	6mm	Horizontal	Measurement
31	396	281	10	6mm	Horizontal	Measurement
32	524	273	11	8mm	Horizontal	Measurement
33	31	554	5	8mm	Horizontal	Measurement
34	96	556	4	8mm	Horizontal	Measurement
35	267	536	7	8mm	Horizontal	Measurement
36	396	534	9	6mm	Horizontal	Measurement
37	524	529	10	6mm	Horizontal	Measurement

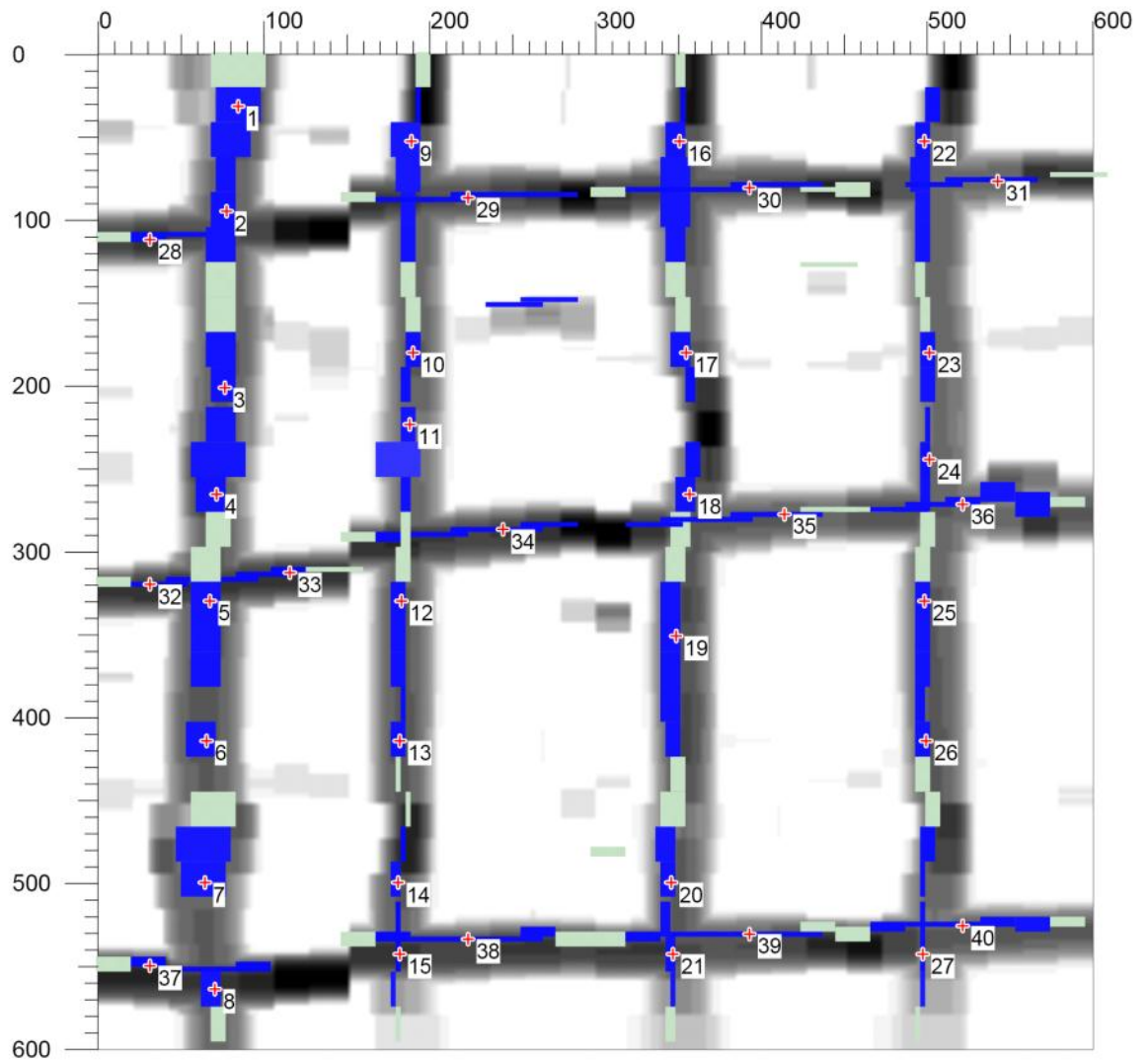
File Storage: C:\Users\User\Desktop\RTPFIN~1\FERROS~1\1P1.1\FS000416.XFF

Project: PRJ RTP PILAR

Imagescan: FS000421.XFF

Date / Time: 2013-06-21 13:18:06

SSN: 31406007 [mm]



Customer: RTP

Location: Estúdio C - Vila NOva de Gaia

Operator: Bruno Albergaria

Comment:

Deteção de armaduras do Pilar P1.2.

Utilização de uma tabua de madeira com uma espessura de 4 mm, para obtenção de valores mais fiáveis devido à largura do pilar

Imagescan: FS000421.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	86	31	17	30mm	Vertical	Measurement
2	79	96	13	16mm	Vertical	Measurement
3	77	203	14	16mm	Vertical	Measurement
4	72	267	13	20mm	Vertical	Measurement
5	69	331	14	20mm	Vertical	Measurement
6	67	417	14	20mm	Vertical	Measurement
7	65	503	17	28mm	Vertical	Measurement
8	71	567	15	14mm	Vertical	Measurement
9	191	53	19	20mm	Vertical	Measurement
10	191	181	13	10mm	Vertical	Measurement
11	190	224	18	12mm	Vertical	Measurement
12	184	331	13	10mm	Vertical	Measurement
13	184	417	12	10mm	Vertical	Measurement
14	182	503	12	8mm	Vertical	Measurement
15	183	546	5	6mm	Vertical	Measurement
16	353	53	14	14mm	Vertical	Measurement
17	357	181	15	14mm	Vertical	Measurement
18	359	267	14	14mm	Vertical	Measurement
19	351	353	13	14mm	Vertical	Measurement
20	348	503	13	10mm	Vertical	Measurement
21	349	546	13	8mm	Vertical	Measurement
22	502	53	14	12mm	Vertical	Measurement
23	504	181	14	10mm	Vertical	Measurement
24	504	246	12	8mm	Vertical	Measurement
25	501	331	15	12mm	Vertical	Measurement
26	502	417	13	12mm	Vertical	Measurement
27	500	546	11	6mm	Vertical	Measurement
28	31	112	6	8mm	Horizontal	Measurement
29	224	87	6	6mm	Horizontal	Measurement
30	396	81	8	6mm	Horizontal	Measurement
31	546	77	6	6mm	Horizontal	Measurement
32	31	322	5	6mm	Horizontal	Measurement
33	117	314	4	6mm	Horizontal	Measurement
34	246	288	6	6mm	Horizontal	Measurement
35	417	279	8	6mm	Horizontal	Measurement
36	524	273	11	8mm	Horizontal	Measurement
37	31	554	5	8mm	Horizontal	Measurement
38	224	537	7	6mm	Horizontal	Measurement
39	396	534	9	6mm	Horizontal	Measurement
40	524	529	10	6mm	Horizontal	Measurement

File Storage: C:\Users\User\Desktop\RTPFIN~1\FERROS~1\P1.2\FS000421.XFF

Project: PRJ RTP PILAR

**FICHA DE INSPEÇÃO D**

Nº Ficha: 8

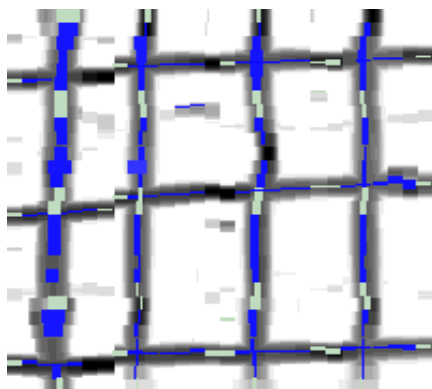
Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico



Referência fotográfica : 111

Elemento inspecionado	Espaçamento da armadura (m)	Recobrimento da armadura (V) (mm)	Recobrimento da armadura (H) (mm)	Diâmetro (H) (mm)	Diâmetro (V) (mm)
Pilar P1.2.		Rmédio,V= 15 Rmáximo,V=19 Rminimo,V=11	Rmédio,H= 9 Rmáximo,H=11 Rminimo,H=6	Dmédio,H= 8 Dmáximo,H=8 Dminimo,H=6	Dmédio,V= 16 Dmáximo,V=20 Dminimo,V=10

**FICHA DE INSPEÇÃO D**

**Nº Ficha: 7**

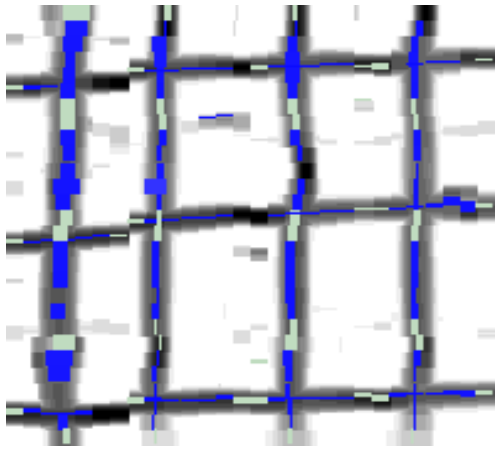
**Obra :** Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

**Data:** 22/06/2013

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFICIO**

**Inspecionou:** Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**



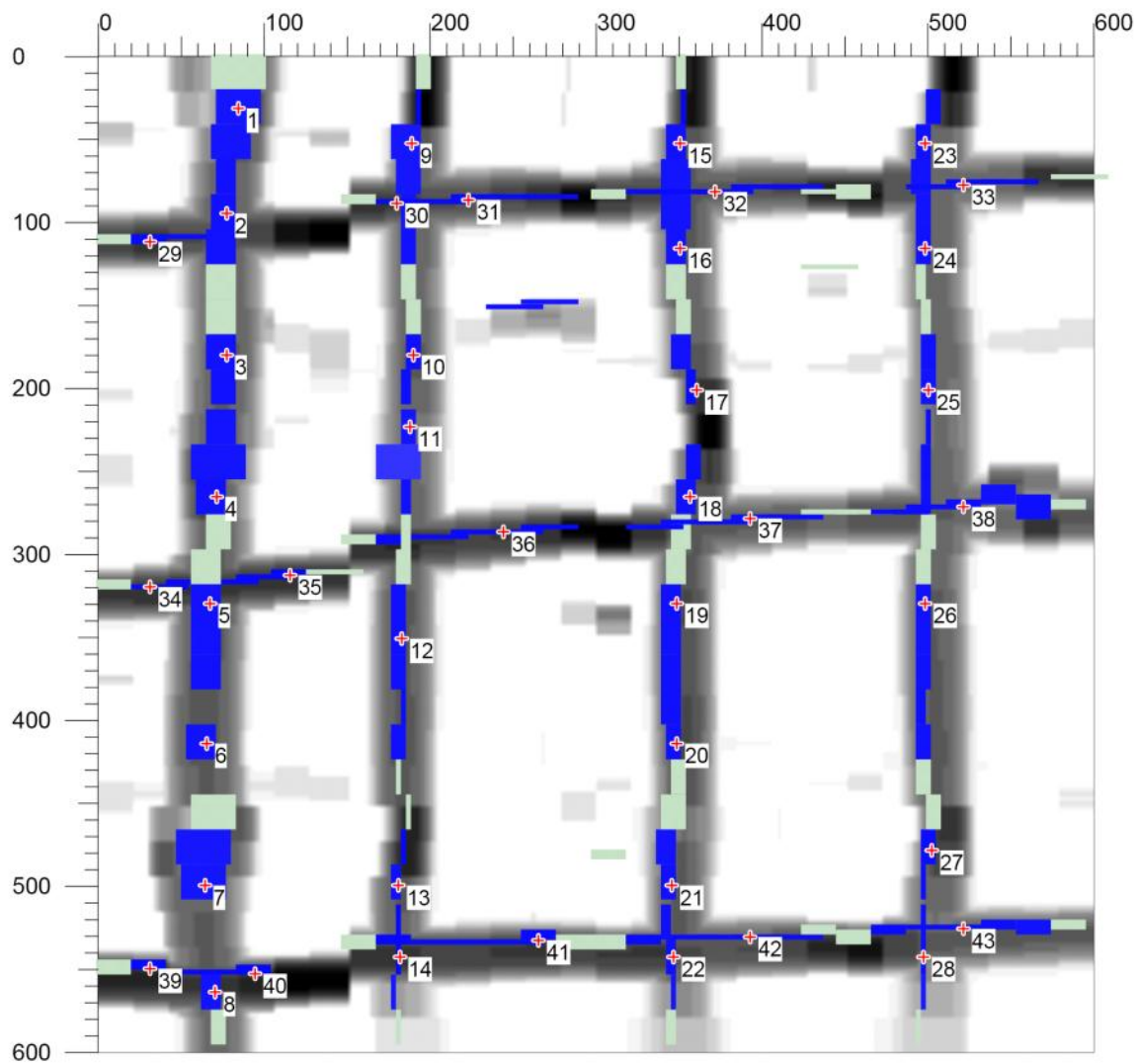
**Referência fotográfica :** 110

Elemento inspecionado	Espaçamento da armadura (m)	Recobrimento da armadura (V) (mm)	Recobrimento da armadura (H) (mm)	Diâmetro (H) (mm)	Diâmetro (V) (mm)
<b>Pilar P1.2.</b>		Rmédio,V= 15 Rmáximo,V=19 Rminimo,V=10	Rmédio,H= 9 Rmáximo,H=10 Rminimo,H=7	Dmédio,H= 8 Dmáximo,H=8 Dminimo,H=6	Dmédio,V= 16 Dmáximo,V=20 Dminimo,V=10

Imagescan: FS000427.XFF

Date / Time: 2013-06-21 13:18:06

SSN: 31406007 [mm]



Customer: RTP

Location: Estúdio C - Vila Nova de Gaia

Operator: Bruno Albergaria

Comment:

Deteção de armaduras do Pilar P5.3.

Utilização de uma tábua de madeira com uma espessura de 4 mm, para obtenção de valores mais fiáveis devido à largura do pilar

Imagescan: FS000427.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	86	31	17	30mm	Vertical	Measurement
2	79	96	13	16mm	Vertical	Measurement
3	78	181	15	20mm	Vertical	Measurement
4	72	267	13	20mm	Vertical	Measurement
5	69	331	14	20mm	Vertical	Measurement
6	67	417	14	20mm	Vertical	Measurement
7	65	503	17	28mm	Vertical	Measurement
8	71	567	15	14mm	Vertical	Measurement
9	191	53	19	20mm	Vertical	Measurement
10	191	181	13	10mm	Vertical	Measurement
11	190	224	18	12mm	Vertical	Measurement
12	184	353	13	10mm	Vertical	Measurement
13	182	503	12	8mm	Vertical	Measurement
14	183	546	5	6mm	Vertical	Measurement
15	353	53	14	14mm	Vertical	Measurement
16	353	117	15	14mm	Vertical	Measurement
17	363	203	8	8mm	Vertical	Measurement
18	359	267	14	14mm	Vertical	Measurement
19	351	331	13	14mm	Vertical	Measurement
20	352	417	13	12mm	Vertical	Measurement
21	348	503	13	10mm	Vertical	Measurement
22	349	546	13	8mm	Vertical	Measurement
23	502	53	14	12mm	Vertical	Measurement
24	502	117	15	12mm	Vertical	Measurement
25	504	203	15	10mm	Vertical	Measurement
26	501	331	15	12mm	Vertical	Measurement
27	506	481	10	10mm	Vertical	Measurement
28	500	546	11	6mm	Vertical	Measurement
29	31	112	6	8mm	Horizontal	Measurement
30	181	89	7	6mm	Horizontal	Measurement
31	224	87	6	6mm	Horizontal	Measurement
32	374	82	7	6mm	Horizontal	Measurement
33	524	78	7	6mm	Horizontal	Measurement
34	31	322	5	6mm	Horizontal	Measurement
35	117	314	4	6mm	Horizontal	Measurement
36	246	288	6	6mm	Horizontal	Measurement
37	396	281	10	6mm	Horizontal	Measurement
38	524	273	11	8mm	Horizontal	Measurement
39	31	554	5	8mm	Horizontal	Measurement
40	96	556	4	8mm	Horizontal	Measurement
41	267	536	7	8mm	Horizontal	Measurement
42	396	534	9	6mm	Horizontal	Measurement
43	524	529	10	6mm	Horizontal	Measurement

File Storage: C:\Users\User\Desktop\RTPFIN~1\FERROS~1\PILARF~1\FS000427.XFF

Project: PRJ RTP PILAR

**FICHA DE INSPEÇÃO D**

Nº Ficha: 9

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

**REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO**

Inspeccionou: Bruno Albergaria

**Levantamento fotográfico**



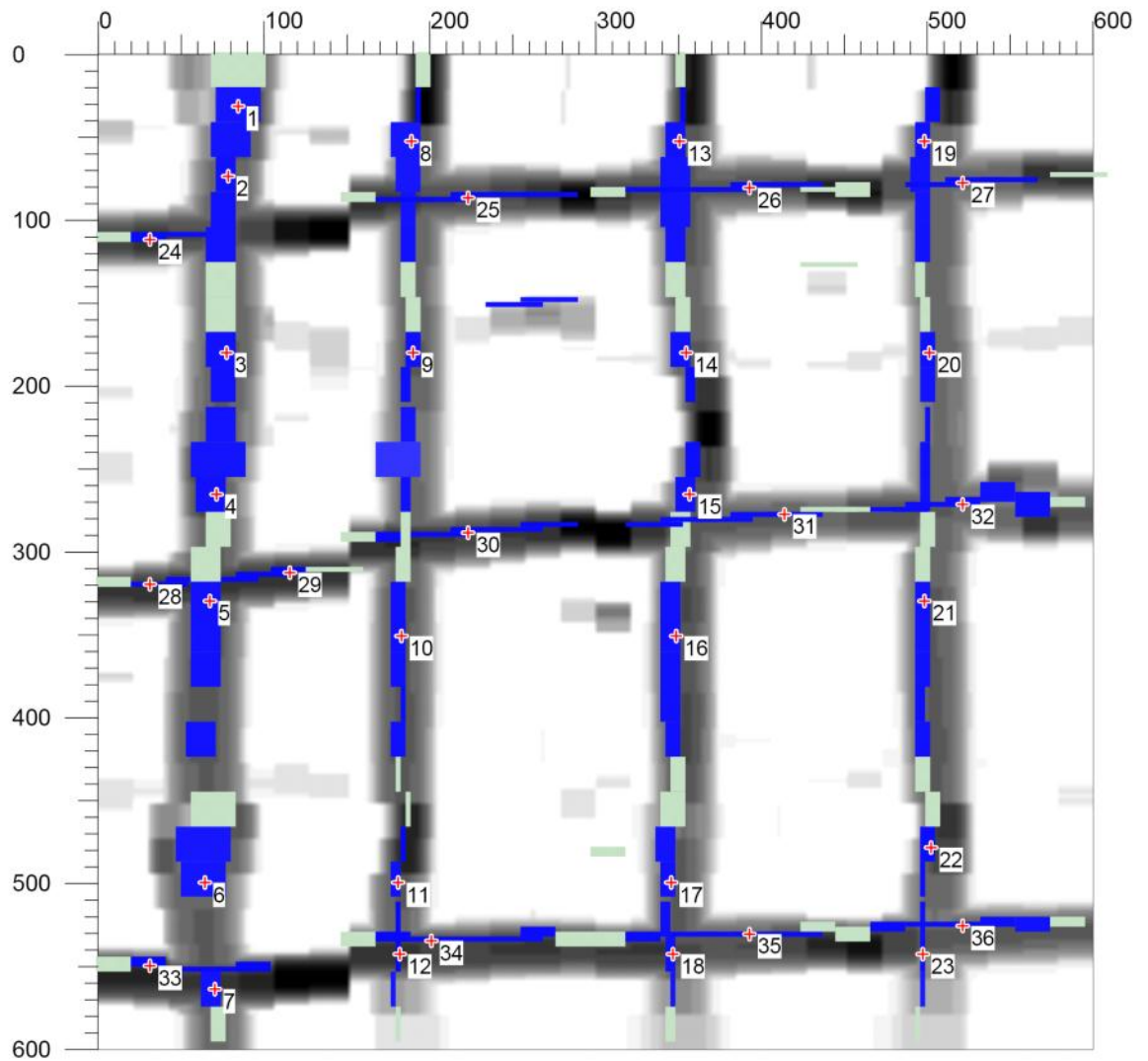
Referência fotográfica : 112

Elemento inspecionado	Espaçamento da armadura (m)	Recobrimento da armadura (V) (mm)	Recobrimento da armadura (H) (mm)	Diâmetro (H) (mm)	Diâmetro (V) (mm)
Pilar P5.3.		Rmédio,V= 15 Rmáximo,V=19 Rminimo,V=10	Rmédio,H= 8 Rmáximo,H=11 Rminimo,H=5	Dmédio,H= 8 Dmáximo,H=8 Dminimo,H=6	Dmédio,V= 16 Dmáximo,V=20 Dminimo,V=10

Imagescan: FS000412.XFF

Date / Time: 2013-06-21 13:18:06

SSN: 31406007 [mm]



Customer: RTP

Location: Estúdio C - Vila Nova de Gaia

Operator: Bruno Albergaria

Comment:

Deteção de armaduras na Viga VN101

Utilização de uma tabua de madeira com uma espessura de 4mm, para obtenção de valores mais fiáveis devido às dimensões da Viga.

Imagescan: FS000412.XFF

Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	86	31	17	30mm	Vertical	Measurement
2	79	74	13	14mm	Vertical	Measurement
3	78	181	15	20mm	Vertical	Measurement
4	72	267	13	20mm	Vertical	Measurement
5	69	331	14	20mm	Vertical	Measurement
6	65	503	17	28mm	Vertical	Measurement
7	71	567	15	14mm	Vertical	Measurement
8	191	53	19	20mm	Vertical	Measurement
9	191	181	13	10mm	Vertical	Measurement
10	184	353	13	10mm	Vertical	Measurement
11	182	503	12	8mm	Vertical	Measurement
12	183	546	5	6mm	Vertical	Measurement
13	353	53	14	14mm	Vertical	Measurement
14	357	181	15	14mm	Vertical	Measurement
15	359	267	14	14mm	Vertical	Measurement
16	351	353	13	14mm	Vertical	Measurement
17	348	503	13	10mm	Vertical	Measurement
18	349	546	13	8mm	Vertical	Measurement
19	502	53	14	12mm	Vertical	Measurement
20	504	181	14	10mm	Vertical	Measurement
21	501	331	15	12mm	Vertical	Measurement
22	506	481	10	10mm	Vertical	Measurement
23	500	546	11	6mm	Vertical	Measurement
24	31	112	6	8mm	Horizontal	Measurement
25	224	87	6	6mm	Horizontal	Measurement
26	396	81	8	6mm	Horizontal	Measurement
27	524	78	7	6mm	Horizontal	Measurement
28	31	322	5	6mm	Horizontal	Measurement
29	117	314	4	6mm	Horizontal	Measurement
30	224	291	7	6mm	Horizontal	Measurement
31	417	279	8	6mm	Horizontal	Measurement
32	524	273	11	8mm	Horizontal	Measurement
33	31	554	5	8mm	Horizontal	Measurement
34	203	538	7	6mm	Horizontal	Measurement
35	396	534	9	6mm	Horizontal	Measurement
36	524	529	10	6mm	Horizontal	Measurement

File Storage: C:\Users\User\Desktop\RTPFIN~1\FERROS~1\VN101\FS000412.XFF

Project: PRJ RTP VIGA

**FICHA DE INSPEÇÃO D**

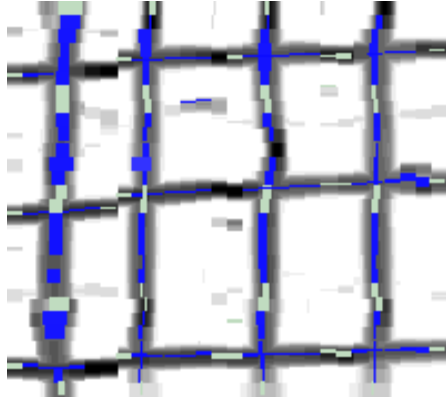
Nº Ficha: 10

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico



Referência fotográfica : 113

Elemento inspecionado	Espaçamento da armadura (m)	Recobrimento da armadura (V) (mm)	Recobrimento da armadura (H) (mm)	Diâmetro (H) (mm)	Diâmetro (V) (mm)
Viga VN101		Rmédio,V= 15 Rmáximo,V=19 Rminimo,V=11	Rmédio,H= 8 Rmáximo,H=11 Rminimo,H=5	Dmédio,H= 8 Dmáximo,H=8 Dminimo,H=6	Dmédio,V= 16 Dmáximo,V=20 Dminimo,V=10

**FICHA DE INSPEÇÃO D**

Nº Ficha: 2

Obra : Reparação da estrutura de betão armado do Edifício do Estúdio C RTP

Data: 22/06/2013

## REGISTO ANOMALIAS E SUAS CAUSAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO

Inspeccionou: Bruno Albergaria

## Levantamento fotográfico



Elemento inspeccionado : Viga VN101

Referência fotográfica : 109

Elemento inspeccionado	Área de ensaio	Direção do impacto	Descrição da área de ensaio	Nº Série Esclerómetro	Min. ( R )	Máx. ( R )	Média ( R )	Desvio (s)	f (N/mm <sup>2</sup> )
Viga VN101	60 x 60 cm <sup>2</sup> Segundo área do Ferroskan, a 1,5 m do 3º degrau.	Horizontal	Foram marcados pontos localizados em zonas sem armaduras, sendo esses pontos preparados através de uma pedra abrasiva	PROCEQ ND -1 4888	28	38	33.7	3.2	31.2

## **ANEXO 2 – FICHAS DE INSPEÇÃO**