

RESUMO

A generalidade dos problemas relacionados com patologias em reservatórios de água potável, não tem tido uma abordagem com o necessário aprofundamento técnico/ científico nos diferentes fóruns da água e do ambiente realizados em Portugal, com todas as consequências daí resultantes, para as entidades gestoras que operam neste Sector.

O mercado apresenta grande variedade de soluções para a reabilitação e reparação de reservatórios com diferentes patologias, mas com diferenças muito substanciais, quer no custo, quer na qualidade dos diferentes produtos existentes, levando muitas vezes os responsáveis a optarem por soluções inadequadas, comprometendo o tempo de vida útil desta importante infra-estrutura.

Neste trabalho de projecto é feito um diagnóstico exaustivo das principais patologias e das causas associadas a mais de 70 reservatórios, existentes nos Concelhos de Loures e Odivelas. Ao longo de 4 anos, os SMAS de Loures, têm vindo a apresentar propostas concretas de reabilitação e higienização, incluindo a sua avaliação de custos, tendo sido dado maior relevância a uma reabilitação na zona superior dos pilares de um reservatório (10.000m³), em Santo António dos Cavaleiros.

Apesar do avanço tecnológico nas técnicas de construção e dos materiais utilizados, tem-se observado um crescente número de patologias em reservatórios, com pouco tempo de utilização, com consequências muito gravosas a curto prazo e elevados custos de reabilitação.

Com este trabalho são identificadas e diagnosticadas as causas mais frequentes que conduzem a um elevado número de anomalias, nas diferentes fases de construção e utilização, propondo as necessárias medidas de correcção.

PALAVRAS-CHAVE

RESERVATÓRIOS

PATOLOGIAS

CONSTRUÇÃO

CONSERVAÇÃO

HIGIENIZAÇÃO

REABILITAÇÃO

CUSTO

ABSTRACT

The most of the problems related to the pathologies in clean water reservoirs has not yet had an approach with the technical / scientific necessary consolidation in the different Water and Environment Forums performed in Portugal, which could result in negative consequences for the Management Entities operating in this sector.

The market presents a great variety of solutions for the rehabilitation and repair of reservoirs with different pathologies, but with differences in either cost or quality of the different available products, often leading to the option for inadequate solutions, compromising the lifespan of this important infrastructure.

In this project work an assessment of the major pathologies and causes associated with more than 70 existing reservoirs in Loures and Odivelas is presented. The Loures SMAS have been working with concrete proposals for the performance of rehabilitation and sanitation, including cost estimates over four years, that have been given a special importance to the rehabilitation of the columns upper section of the biggest reservoir (10.000m³), in Santo António dos Cavaleiros.

Despite the technological advances in construction techniques and materials, a growing number of pathologies in new reservoirs has been observed, with serious consequences in the short term and high rehabilitation costs.

In this work, the most common causes that lead to the largest number of anomalies, in various stages of reservoirs construction and usage, are identified and diagnosed, and remedial actions are proposed.

KEYWORDS

RESERVOIRS

PATHOLOGIES

CONSTRUCTION

STORAGE

SANITATION

REHABILITATION

COST

AGRADECIMENTOS

Quero expressar o especial agradecimento a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para a concretização deste trabalho;

Ao professor Mestre Manuel Brazão Farinha, meu orientador científico, agradeço a colaboração e o empenho demonstrado;

Ao professor Mestre Carlos Manuel Martins, pelo incentivo e apoio dado, de forma incondicional.

Às empresas consultadas, em particular a Eng.^a Química Helena Belesa da SIKA; o Director de Departamento da Redecor Sr. Ricardo Veloso e ao Eng.^o Agostinho Carvalho da empresa Progenie – Serviços de Engenharia;

Aos Srs. Eng.^{os} Ricardo Casquilho; Carlos Patrocínio e Pedro Martins, bem como à Sra. Manuela Nunes, pela disponibilidade que sempre mostraram ter;

Ao Conselho de Administração dos Serviços Municipalizados de Loures pela sua colaboração em momentos cruciais do trabalho;

Por último, às minhas filhas Andreia e Marta que são a minha razão de ser, pelo apoio ao longo deste período;

Dedico este trabalho à minha mulher Rosário, pela excelente compreensão, em todos os momentos, e que pacientemente me ajudou a ultrapassar mais uma etapa na minha vida profissional.

ÍNDICE

RESUMO I	
ABSTRACT	II
AGRADECIMENTOS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE QUADROS	X
CAPÍTULO 1	
CONTEXTO E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	1
1. Introdução	1
1.1 Interesse e justificação do trabalho	1
1.2 Objectivos do trabalho	1
1.3 Estrutura do trabalho.....	2
CAPÍTULO 2	
DIAGNÓSTICO SIMPLIFICADO DOS RESERVATÓRIOS DE ÁGUA POTÁVEL EM PORTUGAL.....	3
2.1 Generalidades.....	3
2.2 Exigências funcionais.....	3
2.3 Classificação segundo o Decreto Regulamentar (DR) n.º 23/95, de 23 de Agosto. 4	
2.3.1 Consoante a sua implantação	4
2.3.2 Consoante a sua capacidade	6
2.4 Consoante a sua configuração.....	6
2.5 Tipos de materiais utilizados em reservatórios.....	7
CAPÍTULO 3	
PATOLOGIAS E ANOMALIAS MAIS FREQUENTES	8
3.1 Deterioração dos materiais	9
3.1.1 Deterioração dos materiais de revestimento no interior e exterior dos reservatórios.....	10
3.1.2 Deterioração das tubagens de fibrocimento.....	11
3.1.3 Deterioração dos acessórios constituídos por elementos metálicos no interior e exterior dos reservatórios	11
3.1.4 Deterioração das impermeabilizações da laje de cobertura	12
3.2 Delaminação do betão	13
3.2.1 Despassivação/ Carbonatação.....	14
3.3 Deficiências na execução de juntas na fase de betonagem.....	15
3.3.1 Juntas verticais	19
3.3.2 Juntas de pavimento	19
3.3.3 Juntas de impermeabilização em bentonite de sódio	20
3.3.4 Juntas de impermeabilização com resinas expansivas hidrófilas.....	20
3.3.5 Juntas de impermeabilização em resina hidrófila extrudida	21
3.4 Fissuração/ Fendilhação/ Deformação.....	23
3.5 Degradação dos revestimentos interiores e exteriores (Argamassas, Impermeabilização e pinturas)	24
3.6 Degradação dos elementos metálicos no interior e exterior do reservatório	27
3.6.1 Elementos metálicos em contacto com água no interior dos reservatórios	27
3.6.2 Elementos metálicos no exterior dos reservatórios	27

3.7	Atravessamento de tubagens nas estruturas de betão	28
3.8	Problemas de fundação.....	29
3.9	Medidas correctivas para evitar as patologias.....	30
3.9.1	Impermeabilização da laje de cobertura e do interior do reservatório	30
3.9.2	Norma Portuguesa EN 1504.....	31
CAPÍTULO 4		
DEFINIÇÃO DOS MÉTODOS E DESCRIÇÃO DAS TÉCNICAS QUE SE INTRODUEM NA REPARAÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO		
4.1	Reparação de estruturas de betão pelos métodos electroquímicos	38
4.1.1	Métodos utilizados: Recalcalinização, Dessalinização e Protecção catódica	38
CAPÍTULO 5		
A IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS		
5.1	Estudos geológico-geotécnico.....	47
5.2	A importância dos ensaios não destrutivos em reservatórios de água potável.....	48
5.2.1	Introdução aos ensaios não destrutivos.....	48
5.2.2	Estado da arte	48
5.2.3	Benefícios	48
5.3	Alguns exemplos de ensaios não destrutivos.....	49
5.4	Listagem de ensaios para obras no interior de reservatórios.....	50
5.4.1	Reservatórios novos.....	50
5.4.2	Reabilitação de reservatórios	50
5.5	Observações	50
5.6	Exemplo da aplicação de ensaios não destrutivos	51
5.6.1	Introdução	51
5.6.2	Objectivo	51
5.6.3	Descrição e caracterização da estrutura em análise	51
5.6.4	Documentação de referência.....	52
5.6.5	Equipamentos utilizados.....	52
5.6.6	Descrição geral dos trabalhos realizados	52
5.6.7	Conclusões	55
CAPÍTULO 6		
CASOS DE ESTUDO.....		
6.1	Lavagem e desinfecção dos reservatórios de água potável nos SMAS de Loures: critérios de graduação das patologias	57
6.1.1	Passado e presente dos SMAS de Loures.....	57
6.1.2	Plano de Inspeção, Manutenção e Conservação de Reservatórios Responsabilidades	58
6.1.3	Critérios de intervenção.....	60
6.1.4	Critérios de exploração do sistema de abastecimento de água	60
6.1.5	Critérios de graduação de patologias de intervenção de construção civil.....	61
6.1.6	Critérios de graduação: patologias relacionadas com qualidade da água.....	62
6.1.7	Tipo de intervenções / Periodicidade	62
6.1.8	Custo das intervenções	63
6.2	Reabilitação de estruturas num reservatório de 10.000m ³ em Santo António dos Cavaleiros	66

6.2.1	Introdução	66
6.2.2	Descrição dos trabalhos	67
6.2.3	Planeamento das actividades de reabilitação.....	67
6.2.4	Recursos humanos afectos.....	68
6.2.5	Equipamentos utilizados.....	68
6.2.6	Materiais utilizados.....	69
6.2.7	Pormenor do elemento de suporte em inox (braçadeira).....	70
6.2.8	Balanço da intervenção	71
CAPÍTULO 7		72
7.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
7.2	Desenvolvimentos futuros.....	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		74
ANEXOS		
Anexo 1	Ficha de manutenção e reabilitação de reservatórios de água potável.....	78
Anexo 2	Ficha de diagnóstico e reparação	80
Anexo 3	Lista de materiais de construção aprovados na EPAL (Maio 2010).....	82
Anexo 4	Inquérito a entidades gestoras sobre patologias em reservatórios	84
Anexo 5	Diferentes tipos de aço inox certificados	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Reservatório na Codivel	3
Fig. 2 – Reservatório na Arroja	3
Fig. 3 – Reservatório enterrado.....	4
Fig. 4 – Reservatório semi-enterrado	4
Fig. 5 – Reservatório apoiado	4
Fig. 6 – Reservatório elevado	5
Fig. 7 – Reservatório em Santa Iria de Azóia ZB	6
Fig. 8 – Reservatório em Santo António dos Cavaleiros.....	6
Fig. 9 – Corrosão galvânica [14].....	9
Fig. 10 – Corrosão no betão armado	10
Fig. 11 - Reservatório de Santo António dos Cavaleiros, inexistência de tubos de queda para águas pluviais.....	10
Fig. 12 - Reservatório de Sto. António dos Cavaleiros, com tubos de queda para águas pluviais	10
Fig. 13 – Tubagem de fibrocimento com partículas de amianto.....	11
Fig. 14 – Oxidação de curva em inox	11
Fig. 15 – Oxidação de filtro em inox	11
Fig. 16 - Impermeabilização da laje de cobertura	12
Fig. 17 – Impermeabilização da laje de cobertura	12
Fig. 18 – Laje de cobertura com formação de estalactites.....	12
Fig. 19 - Laje de cobertura com formação de estalactites	12
Fig. 20 – Diagrama de equilíbrio termodinâmico do metal ferro em meio aquoso a 250 C (Pourbaix, 1974, ampliado por Cascudo, 1997).....	13
Fig. 21 – Carbonatação no betão [8]	14
Fig. 22 – Representação do avanço da carbonatação [3].....	15
Fig. 23 – Junta de betonagem ou construção	16
Fig. 24 – Lâmina de corte	16
Fig. 25 – Junta injectada	17
Fig. 26 – Junta injectada	17
Fig. 27 – Junta injectável, utilizada para elementos pré-fabricados	17
Fig. 28 - Pormenor de junta estanque e de dilatação, utilizadas na década 80, no reservatório em Sto. António dos Cavaleiros.....	18
Fig. 29 – Pormenor de junta estanque [1987].....	18
Fig. 30 – Junta vertical injectada [22].....	19
Fig. 31 – Processo de injeção das juntas verticais [22].....	19

Fig. 32 – Junta de pavimento	19
Fig. 33 – Pormenor do projecto do reservatório em Pintéus.....	20
Fig. 34 – Instalação de junta em bentonite de sódio no reservatório em Pintéus	20
Fig. 35 - Instalação de junta em bentonite de sódio no reservatório em Pintéus	20
Fig. 36 – Junta de impermeabilização passa-muros.....	20
Fig. 37 - Junta de impermeabilização passa-muros (pormenor de projecto)	20
Fig. 38 - Demonstração gráfica da expansividade da junta de impermeabilização hidrófila extrudida [23].....	21
Fig. 39 - Perfis hidro-expansivos em juntas de betonagem [23].....	21
Fig. 40 - Perfis de estruturas simples em juntas de betonagem e fissuras [23].....	22
Fig. 41 - Perfis de estrutura composta em juntas de betonagem [23]	22
Fig. 42 - Perfis hidro-expansivos em juntas de betonagem [23].....	22
Fig. 43 - Gráfico do índice de patologias identificadas em 27 reservatórios [17]	23
Fig. 44 - Laje de fundo fendilhada	24
Fig. 45 - Destacamento e formação de bolhas	26
Fig. 46 - Parede com escamação	26
Fig. 47 - Parede com colonização biológica.....	26
Fig. 48 - Parede exterior com humidade	26
Fig. 49 - Pinturas de graffitis.....	26
Fig. 50 - Parede com sujidade	26
Fig. 51 - Elementos metálicos ferrosos	27
Fig. 52 - Elementos metálicos ferrosos	27
Fig. 53 - Escada de acesso à cobertura e elemento de protecção na laje da cobertura.....	27
Fig. 54 - Tampa de acesso ao interior de um reservatório.....	28
Fig. 55 - Grelha de ventilação	28
Fig. 56 – Atravessamento de tubagem.....	29
Fig. 57 - Laje de fundo	29
Fig. 58 – Laje de fundo	29
Fig. 59 – Processo de realcalinização [9] Aulas REM, Prof. Brazão Farinha	38
Fig. 60 - Processo de realcalinização [9] Aulas REM, Prof. Brazão Farinha	39
Fig. 61 – Processo de dessalinização [9] Aulas REM, Prof. Brazão Farinha	40
Fig. 62 - Processo de dessalinização [9] Aulas REM, Prof. Brazão Farinha.....	40
Fig. 63 – Protecção catódica [13]	41
Fig. 64 – Desagregação do betão ao longo do tempo.....	42
Fig. 65 – Inibidores de corrosão migratórios [9]	44

Fig. 66 – Inibidores de corrosão migratórios [9] Aulas REM, Prof. Brazão Farinha	45
Fig. 67 - Inibidores de corrosão migratórios [9] Aulas REM, Prof. Brazão Farinha	45
Fig. 68 - Decréscimo da resistência à compressão com relação água/cimento 0,4. [19]	46
Fig. 69 - Decréscimo da resistência à compressão com relação água/cimento 0,7 [19]	46
Fig. 70 – Interior do reservatório da Portela	51
Fig. 71 – Erosão nos pilares	53
Fig. 72 – Fissuração no tecto	53
Fig. 73 – Armadura à vista e corrosão	53
Fig. 74 - Ábaco de correlação do ensaio esclerométrico [21]	56
Fig. 75 - Planta esquemática do reservatório na Portela de Sacavém	56
Fig. 76 – Gráfico dos custos estimados, segundo o grau de deterioração [17]	63
Fig. 77 – Pilar superior do reservatório de Sto. António dos Cavaleiros [17]	66
Fig. 78 - Pilar superior do reservatório de Santo António dos Cavaleiros, após reabilitação [17].....	66
Fig. 79 – Calendário da execução dos trabalhos [17].....	67
Fig. 80 – Guincho de elevação de materiais e equipamentos [17]	68
Fig. 81 - Pórtico de iluminação [17].....	68
Fig. 82 - Máquina de jacto de água a alta pressão [17].....	68
Fig. 83 - Misturadora eléctrica para confecção de argamassas [17].....	68
Fig. 84 – Plataforma de trabalho elevado (2 torres de andaimes) [17]	69
Fig. 85 – Plataforma de trabalho elevado (1 torre andaime) [17]	69
Fig. 86 - Desenho da braçadeira a colocar nos pilares [15].....	70
Fig. 87 - Pormenor do elemento de suporte em inox [17].....	70
Fig. 88 - Pormenor do corte [17]	70
Fig. 89 - Vigas de betão pré-esforçado, assente em pilar [17].....	70

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Princípio e métodos relacionados com defeitos de betão e corrosão de armaduras em estruturas de betão armado em reservatórios de água potável - Princípios 1; 2 e 3 (.../...)	32
Quadro 2 – (.../...) Princípios e métodos relacionados com defeitos de betão e corrosão de armaduras em estruturas de betão armado em reservatórios de água potável – Princípio 4 (.../...)	33
Quadro 3 – (.../...) Princípios e métodos relacionados com defeitos de betão e corrosão de armaduras em estruturas de betão armado em reservatórios de água potável (Princípios 7, 9, 10 e 11).....	34
Quadro 4 – Danos no betão	35
Quadro 5 – Danos devido à corrosão das armaduras	36
Quadro 6 – Protecção do betão	37
Quadro 7 – Resultados da resistência do betão.....	54
Quadro 8 – Grau de perturbação [17].....	60
Quadro 9 – Tipos de patologias [17]	61
Quadro 10 – Tipo de patologias [17].....	62
Quadro 11 – Atribuição de grau de deterioração [17].....	63
Quadro 12 – Atribuição de preços, em função do grau de deterioração [17]	63
Quadro 13 – Listagem das patologias identificadas em 27 reservatório [17].....	64
Quadro 14 – Listagem dos reservatórios sem patologias [17].....	65

CAPÍTULO 1

CONTEXTO E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

1. Introdução

1.1 Interesse e justificação do trabalho

As patologias em reservatórios de água potável têm sido frequentemente ignoradas nos diferentes fóruns da temática da Água, sendo também escasso o número de publicações, em revistas da especialidade, relativas aos problemas estruturais dos reservatórios, bem como à sua manutenção e reabilitação.

Os reservatórios constituem uma infra-estrutura fundamental de qualquer rede de água potável, pelo que é absolutamente necessário, um diagnóstico das suas patologias, tendo em vista a sua manutenção e reabilitação.

Este procedimento de manutenções programadas, em tempo útil, vai impedir por um lado, a degradação excessiva destas infra-estruturas, diminuição de custos da reabilitação e por outro, redução de perdas de água.

Planear as acções de reabilitação a curto e médio prazo e com os respectivos planos orçamentais é a fórmula mais acertada de reduzir custos, mantendo parâmetros de qualidade elevados.

Esta apresentação procura identificar as razões pelas quais, surgem frequentemente patologias em reservatórios de construção recente (8-10 anos), quando comparados com outros construídos há mais de 30 anos, sem sinais de fadiga ou degradação generalizada, em particular nos revestimentos interiores e nas impermeabilizações de coberturas.

1.2 Objectivos do trabalho

Pretende-se, com este trabalho, contribuir de forma objectiva para que técnicos e entidades gestoras, envolvidas nestes processos de construção e reabilitação de reservatórios de água potável, possam reflectir e melhorar as suas decisões, com base em alguns princípios orientadores, como sejam:

- Identificar patologias decorrentes da utilização da infra-estrutura;
- Propor medidas de correcção das patologias diagnosticadas;
- Propor nova abordagem com maior detalhe e pormenorização nas peças dos projectos de execução;
- Avaliar a adequabilidade e a durabilidade, em particular dos produtos de revestimento interior dos reservatórios, face às múltiplas solicitações a que são expostos, sobretudo de natureza química, tendo presente o custo/benefício;
- Aprofundar todas estas questões com a entidade reguladora de serviços de águas e Resíduos (ERSAR) de modo a uniformizar critérios de selecção de materiais e equipamentos certificados;
- Minimizar os custos de intervenção, conservação e manutenção ao longo da sua vida útil, através de acções ao nível da melhoria do projecto, fiscalização e construção.

1.3 Estrutura do trabalho

O Trabalho está estruturado em sete capítulos e anexos, com informação complementar de fichas técnicas de alguns produtos aprovados para o contacto com a água potável e dois exemplos práticos (plano de manutenção, higienização, limpeza e reabilitação de um reservatório).

- Capítulo 1 Contexto e desenvolvimento do trabalho.
- Capítulo 2 Diagnóstico simplificado dos reservatórios de água potável em Portugal
- Capítulo 3 Patologias e anomalias mais frequentes
- Capítulo 4 Definição dos métodos e descrição das técnicas que se introduzem na reparação de estruturas de betão.
- Capítulo 5 A importância dos estudos geológico-geotécnico e dos ensaios não destrutivos na construção.
- Capítulo 6 Casos de estudo
 - Lavagem e desinfecção de reservatórios de água potável nos SMAS de Loures: critérios de graduação das patologias.
 - Exemplo prático de reabilitação de estruturas num reservatório de 10.000m³ em Santo António dos Cavaleiros.
- Capítulo 7 Considerações finais e desenvolvimentos futuros.

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO SIMPLIFICADO DOS RESERVATÓRIOS DE ÁGUA POTÁVEL EM PORTUGAL

2.1 Generalidades

Os reservatórios são parte integrante do sistema de adução e da rede de distribuição de água, compensando as flutuações de consumo ao longo do dia, face à adução, reserva de emergência, equilíbrio de pressão na rede e regularização do funcionamento de bombagem.

Para satisfazer as necessidades do consumo, os reservatórios devem ter, pelo menos, igual volume de água correspondente a um dia de consumo médio anual. A esta capacidade terá que se juntar a reserva para compensar as perdas na rede e atender ao serviço de incêndio. Deste modo, simplifica-se a exploração na rede, assegura-se a regularidade de pressão e o funcionamento da bombagem sempre que possível nas horas de vazio por razões de eficiência energética e consequente redução da factura mensal. [1]

2.2 Exigências funcionais

As exigências que este órgão de apoio deve satisfazer em termos gerais tem a ver com uma boa articulação física e funcional com o tecido urbano envolvente, minimizando o impacto urbanístico. Estas exigências de funcionalidade, localização e implantação, podem resumir-se a quatro:

- Boa integração paisagística;
- Facilidade no acesso e operações;
- Facilidade na manutenção e eventual substituição de acessórios e órgãos interiores;
- Integração física nos espaços exteriores. [26]

Devem estar integrados de forma harmoniosa no território em que se insere, devendo merecer por parte dos projectistas e das entidades gestoras uma atenção particular, possibilitando um quadro de vida satisfatório para os residentes naquela área. Nos concelhos de Loures e Odivelas, através dos Serviços Municipalizados, tem havido uma política de integração muito bem aceite pelas populações, com experiências de design bem sucedidas. Por isso, são referência regional neste conceito de reservatórios.



Fig. 1 – Reservatório na Codivel



Fig. 2 – Reservatório na Arroja

Os custos destas intervenções não têm peso significativo, quando comparados com os benefícios que daí resultam para toda a comunidade residente e não residente. Frequentemente, são os eleitos locais, ou seja, as Juntas de Freguesia que requerem estas acções de melhoria na integração urbana.

2.3 Classificação segundo o Decreto Regulamentar (DR) n.º 23/95, de 23 de Agosto

2.3.1 Consoante a sua implantação

- Enterrados;
- Semi-enterrados;
- Apoiados;
- Elevados.

Disposições construtivas



Fig. 3 – Reservatório enterrado



Fig. 4 – Reservatório semi-enterrado



Fig. 5 – Reservatório apoiado

Se a laje de fundo e da cobertura estiverem totalmente cobertas, diz-se enterrado.

Se a penetração no solo é parcial em relação à laje de cobertura, diz-se semi-enterrado.

Se a laje de fundo assenta directamente no terreno, diz-se do tipo térreo ou apoiado.

Se encontra assente sobre uma estrutura acima do solo, diz-se elevado.

Sempre que possível, deve optar-se por reservatórios apoiados, pelas inúmeras vantagens de ordem económica, de manutenção e exploração no seu período de vida útil.

Nos reservatórios enterrados, semi-enterrados e apoiados, a cobertura, laje de fundo e paredes de apoio devem ser em termos construtivos, de acordo com o artº 71 do DR 23/95 de 23 de Agosto:

- a) Resistentes, ser estanques, ter soleira com uma inclinação de pelo menos 1% para as caleiras ou caixas de descarga;
- b) Permitir a sua colocação fora de serviço para intervenções de conservação, manutenção e reabilitação através de by-pass, se forem construídos por uma única célula;
- c) Ser constituídas por duas células que se inter-comuniquem em pleno funcionamento, estando preparados funcionarem de forma isolada;
- d) Cada célula deverá dispor no mínimo de um circuito de alimentação equipada com válvula de seccionamento à entrada, circuito de distribuição com entrada protegida por ralo em aço inox, classe AISI 316L, válvula de seccionamento, circuito de emergência através de descarregador de superfície, circuito de esvaziamento e limpeza através de

descarga de fundo com o mínimo de $\varnothing 110\text{mm}$, ventilação adequada da laje de cobertura, acesso fácil e seguro ao seu interior e exterior, por escadas em aço inox, classe AISI 316L, ou em material pultrudido (PRFV) e respectivos guarda-costas;

- e) O solo da fundação deve ser criteriosamente estudado, através de estudos geológicos para se determinar a sua capacidade de carga, evitar futuros assentamentos diferenciais e ter uma drenagem periférica permanente, que permita não só recolher as águas infiltradas, como ainda, as provenientes de alguma fissura, existente no reservatório para o exterior onde se pode observar e reabilitar.

Reservatórios elevados

A altura dos reservatórios elevados, desde a base à soleira, não deve ultrapassar os 25 metros.

- Em geral, apresentam forma cilíndrica ou de tronco de cone invertido. Podem ter um único compartimento, que são a maioria, ou dois compartimentos com o objectivo de facilitar as limpezas e higienização periódicas e manutenção.
- A sua ventilação é feita através de uma chaminé de acesso ao reservatório, com orifícios em comunicação com a atmosfera.
- A câmara de manobra geralmente localiza-se na base da torre com as respectivas válvulas.
- O acesso pode ser pelo interior ou exterior por meio de escada que se estende ao longo das paredes



Fig. 6 – Reservatório elevado

A sua estrutura de apoio e o reservatório serão na sua generalidade em betão armado, com elementos de pré-esforço. As suas capacidades variam entre os 100m³ e 500m³.

2.3.2 Consoante a sua capacidade

- Pequenos, volumes inferior a 500m³;
 - Médios, volumes entre 500m³ e 5.000m³;
 - Grandes, volumes superior 5.000m³
- [DR 23/95 de 23 de Agosto, al. c), art.º68]

2.4 Consoante a sua configuração

A forma dos reservatórios, são na sua generalidade: prismáticos e cilíndricos.

Prismático



Fig. 7 – Reservatório em Santa Iria de Azóia ZB

Cilíndrico



Fig. 8 – Reservatório em Santo António dos Cavaleiros

Nos Serviços Municipalizados de Loures, apenas existem três prismáticos num universo de 80, sendo os restantes cilíndricos. São os deste tipo, que melhor resposta dão a todas as exigências, quer do ponto de vista estrutural, quer da sua higienização e limpeza, dada a inexistência de pontos mortos na livre circulação da água no seu interior.

Nem sempre as entidades gestoras têm à sua disposição o espaço disponível para as melhores soluções. Foi o que sucedeu em Santa Iria de Azóia na Zona Baixa, tal era a exiguidade do local, onde se adoptou a solução possível, ou seja, prismático.

2.5 Tipos de materiais utilizados em reservatórios

Existem diversos materiais para serem utilizados em reservatórios, sendo a sua selecção efectuada em função de alguns parâmetros, a saber:

- Capacidade de armazenamento;
- Facilidade de instalação;
- Rapidez da sua colocação e entrada em funcionamento;
- Tipo de reservatórios já existentes;
- Custo do fornecimento e manutenção;
- Tempo de vida útil.

Assim, teremos os seguintes tipos de materiais:

- Betão armado;
- Betão armado e pré-esforçado;
- Elementos em betão armado pré-fabricado com pré-esforço;
- Material compósito – resina termo-endurecível reforçada com fibras de vidro; [27]
- Polietileno de média densidade;
- Fibra de vidro;
- Aço, tipo australiano, em chapas pré-moldadas;
- Chapas de aço vitrificado ligadas por cordão de soldadura.

CAPÍTULO 3

PATOLOGIAS E ANOMALIAS MAIS FREQUENTES

Devemos avaliar com o rigor possível as diferenças que existem entre patologias e anomalias, frequentemente confundidas na construção e reabilitação. Assim, **a patologia** refere-se ao estudo dos problemas construtivos, que surgem neste tipo de construção, durante e após a sua execução, uma certa degradação ao longo do tempo, enquanto as **anomalias** são o resultante de desvios ou afastamentos da regra, indicando possível defeito ou problema que é directamente visível ou mensurável e frequentemente atribuído a erros do projecto. [6]

Patologias mais correntes:

1. Deterioração dos materiais;
2. Delaminação do betão por corrosão das armaduras;
3. Deficiente execução das juntas verticais e horizontais nas fases de betonagem e na colocação de elementos pré-fabricados;
4. Fissuração/fendilhação do betão;
5. Degradação dos revestimentos interiores e exteriores (impermeabilizantes, argamassa e pinturas);
6. Degradação dos elementos metálicos no interior e exterior do reservatório;
7. Atravessamento das tubagens nas estruturas de betão;
8. Impermeabilização da laje de cobertura e do interior do reservatório com materiais sem garantia de qualidade e certificados;
9. Problemas de fundações (com assentamentos diferenciais).

Anomalias

1. Dimensões da entrada na laje de cobertura em reservatórios com dimensões reduzidas;
2. Utilização de materiais impróprios para meios em água potável;
3. Inclinações insuficientes na laje de fundo e na cobertura;
4. Falta de protecção na descarga de fundo e na laje de cobertura;
5. Inexistência de murete na laje de cobertura que evite as escorrências das águas pluviais na parede exterior com a propagação de líquenes;
6. Adução e descarga no reservatório colocadas de forma errada, comprometendo a circulação e oxigenação da água no seu interior.

3.1 Deterioração dos materiais

A principal deterioração dos materiais em reservatórios de água de betão armado ou pré-esforçado, quer no betão, quer nos elementos metálicos, consiste na corrosão electroquímica ou galvânica.

É concerteza o tipo mais comum, porque a corrosão devido à presença de água quase sempre se deve ao processo galvânico. Os materiais estão sujeitos a acção da humidade no interior dos reservatórios, o fenómeno pode ser visto no modelo de uma célula galvanizada, conforme figura 9.

- No cátodo: $O_2 + 4e^- + 2H_2O \rightarrow 4OH^-$
- No ânodo: $2Fe \rightarrow 2Fe^{++} + 4e^-$

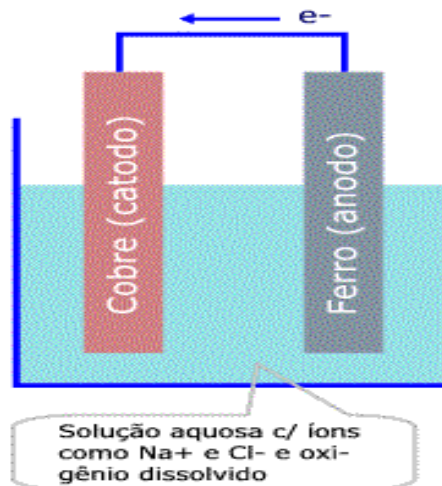


Fig. 9 – Corrosão galvânica [14]

No ânodo ocorre uma reacção de oxidação, corrosão do material e no cátodo uma reacção de redução. Para que a célula galvânica ocorra, torna-se necessário que os materiais do ânodo e cátodo sejam diferentes, ou seja, apresentem potenciais de oxidação em relação a um eléctrodo de referência diferente. [14], [29]

Quanto mais negativo o potencial mais anódico será, logo mais sujeito à corrosão.

- Zinco - -1.10
- Aço estrutural – 0,50 – 0,80
- Aço estrutural no betão – 0,20
- Cobre, latão, bronze – 0,20

3.1.1 Deterioração dos materiais de revestimento no interior e exterior dos reservatórios

No interior dos reservatórios as paredes e pilares em betão se não forem protegidas por tintas ou argamassas impermeabilizantes, a erosão da água associado ao meio agressivo com iões de cloro, sódio e oxigénio dissolvido, provoca a delaminação e a desagregação do betão, com particular intensidade na face inferior da laje da cobertura, devido ao vapor de água que aí se acumula frequentemente.



Fig. 10 – Corrosão no betão armado

No exterior, são nos revestimentos de pintura onde mais patologias ocorrem, não só por um conjunto de causas diagnosticadas, através de relatório de vistoria, anexo 2 , mas também, por imprecisões de projecto ao nível da recolha das águas pluviais da cobertura. A água que escorre pela parede provoca eflorescências como é visível na figura 11.



Fig. 11 - Reservatório de Santo António dos Cavaleiros, inexistência de tubos de queda para águas pluviais



Fig. 12 - Reservatório de Sto. António dos Cavaleiros, com tubos de queda para águas pluviais

3.1.2 Deterioração das tubagens de fibrocimento

Existe deterioração das tubagens de fibrocimento no interior dos reservatórios, contendo fibras de amianto em suspensão. Por isso, devem ser retiradas e substituídas por material adequado, conforme com a directiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro, no decurso dos trabalhos de manutenção, higienização e limpeza anual.



Fig. 13 – Tubagem de fibrocimento com partículas de amianto.

3.1.3 Deterioração dos acessórios constituídos por elementos metálicos no interior e exterior dos reservatórios

Todos os elementos metálicos colocados no interior do reservatório em particular os que são passíveis de serem imersos, apresentam níveis de corrosão muito elevados sobretudo, os que não forem objecto de uma boa protecção anti-corrosiva, ou que não sejam em aço INOX AISI 316L, ou ainda material pultrudido, como o caso das escadas, descargas de fundo e de superfície, suportes de condutas, redes de protecção de condutas de aspiração, flanges, juntas, etc..



Fig. 14 – Oxidação de curva em inox



Fig. 15 – Oxidação de filtro em inox

3.1.4 Deterioração das impermeabilizações da laje de cobertura

As impermeabilizações da laje de cobertura constitui uma das patologias mais frequentes na reabilitação dos reservatórios, por deterioração precoce dos materiais aplicados e frequente desagregação e arrancamento das suas telas.

São inúmeras as consequências que resultam desta patologia com prejuízos difíceis de quantificar, desde a formação de estalactites na face inferior da laje de cobertura, até à poluição da água para consumo, colocando em causa alguns parâmetros da sua qualidade.



Fig. 16 - Impermeabilização da laje de cobertura



Fig. 17 - Impermeabilização da laje de cobertura



Fig. 18 - Laje de cobertura com formação de estalactites



Fig. 19 - Laje de cobertura com formação de estalactites

As origens estão relacionadas com o caderno de encargos, pouco rigoroso e impreciso; sistemas propostos inadequados à sua função de impermeabilização; materiais sem certificação; falta de pormenorização nos projectos colocados a concurso e finalmente fiscalização e execução com falhas graves na fase de construção, são as causas principais que originam estas patologias e que importa rever.

3.2 Delaminação do betão

Corresponde à perda de solidez no betão devido à corrosão instalada, essencialmente por três causas:

- betão poroso;
- recobrimento insuficiente;
- presença de humidade a agentes agressivos.

O betão armado e pré-esforçado é de todos os materiais utilizados em reservatórios de água potável o mais generalizado. Apesar da sua solidez e durabilidade, a sua deterioração e consequente delaminação ao longo dos anos é um facto relevante.

Sem dúvida que o factor **corrosão** constitui o principal problema da deterioração das estruturas de betão armado.

- Os principais factores que provocam e aumentam a corrosão são: [16]
 - O meio ambiente através da presença de iões agressivos de cloretos, sulfatos, oxigénio e humidade;
 - Ciclos de humedecimento e secagem ao longo do dia;
 - Heterogeneidades do betão;
 - Falta de recobrimento das armaduras;
 - Abaixamento do pH da água nos poros do betão;
 - Carbonatação do betão;
 - Fissuras no betão.
- As armaduras no betão têm dois tipos de protecção: uma barreira física constituída pela camada de recobrimento e uma química obtida pela formação de uma película de óxido de ferro que envolva a respectiva armadura e que constitui a chamada camada passivante que se torna instável se a alcalinidade do betão baixar para valores de pH na ordem dos 9,5.
- A corrosão em meio aquoso é um fenómeno de carácter electroquímico que supõe reacções de oxidação e redução, com formação de uma corrente eléctrica através do metal e uma corrente iónica através do electrólito em circuito fechado. [16]
A potencialidade da corrosão depende do pH do meio, dado que existe interacção entre os iões formados nas reacções de corrosão com os iões do electrólito. Deste modo, pode estabelecer-se uma relação entre a diferença de potencial e o pH do meio aquoso (POURBAIX, 1974). [3]

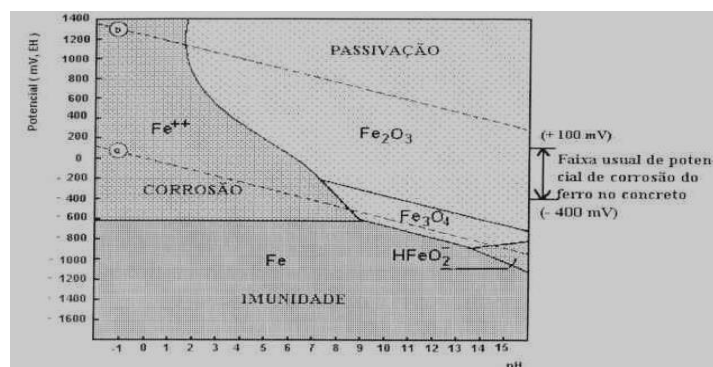


Fig. 20 – Diagrama de equilíbrio termodinâmico do metal ferro em meio aquoso a 250 C (Pourbaix, 1974, ampliado por Cascudo, 1997)

Na figura 20 podem distinguir-se três zonas: imunidade, passivação e corrosão. Na zona de imunidade, o metal não se corrói permanecendo estável para qualquer valor pH. A zona definida como passivação é onde o metal se recobre de uma fina camada de óxidos e hidróxidos que actua como barreira de protecção, impedindo o avanço da corrosão. Na zona de corrosão o pH e o potencial electroquímico estabelecem condições em que os produtos da camada de passivação não seja mais estáveis e a corrosão inicia-se. [3]

A elevada alcalinidade do betão (pH entre 12,5 e 15) favorece a camada passivante do betão e mantém as armaduras protegidas.

3.2.1 Despassivação/ Carbonatação

Sabe-se que a passivação do aço no betão pode ser alterada quando um agente externo agressivo como o CO₂ penetra no interior do betão e altera as condições junto à armadura. São dois os principais agentes que podem promover a despassivação das armaduras: a **carbonatação** e a **presença de cloretos**.

- O betão só protege as armaduras colocadas no seu interior, enquanto se mantiver alcalino. Em contacto com o CO₂ do ar, a alcalinidade vai-se perdendo da superfície para o interior, tanto mais depressa, quanto mais poroso for o betão e menor o recobrimento, numa reacção química designada por carbonatação que faz com que exista uma redução do pH da solução de 12,5 – 13,5 para valores na ordem dos 8,5 - 9.

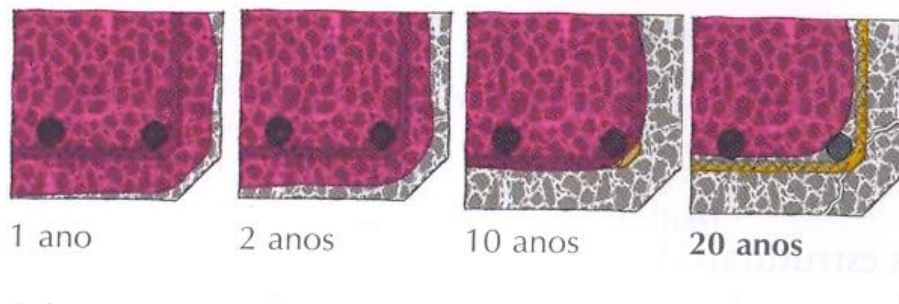
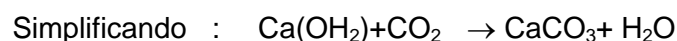


Fig. 21 – Carbonatação no betão [8]

As reacções químicas simplificadas envolvidas na carbonatação do betão são as seguintes:



[4]

O avanço da frente de carbonatação que aumenta de espessura com o tempo é representado através da figura 22, pelo autor Tula, 2000. [3]

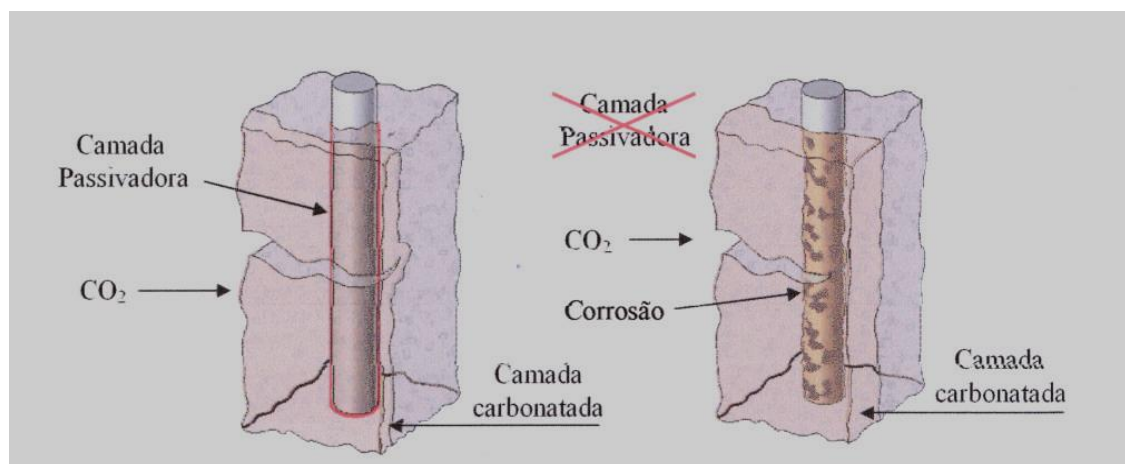


Fig. 22 – Representação do avanço da carbonatação [3]

- A degradação do betão causada pela corrosão nas armaduras decorre pela seguinte ordem:
 1. Penetração de CO_2 e cloretos;
 2. Redução do pH;
 3. A humidade e oxigénio provocam a corrosão do aço;
 4. Corrosão expansiva das armaduras, causando fissuração e delaminação do betão.
- **A presença de cloretos** na profundidade da armadura, dentro de determinados níveis críticos, também pode romper sob a forma de picadas a camada passivadora do aço. Os cloretos podem estar presentes por diversos motivos, quer na constituição dos materiais quer nas soluções usadas no interior dos reservatórios na sua higienização e limpeza e na utilização da própria água.

Já foi referido que quando se inicia a redução da alcalinidade de 12 para 8 a solução vai-se tornando mais ácida, iniciando-se o processo de corrosão das armaduras, chamado corrosão galvânica devido à presença da água.

3.3 Deficiências na execução de juntas na fase de betonagem

A junta pode definir-se como a separação física provocada intencionalmente em locais pré-estabelecidos, num dado elemento da estrutura de modo que as duas partes dessa estrutura se possam movimentar, uma sobre a outra, sem interferência de esforços entre elas, designada como junta de dilatação. [5]

Alguns aspectos a considerar na concepção/construção das juntas:

- Estes elementos construtivos são absolutamente essenciais de modo a garantir a total estanquidade da construção, como sejam os reservatórios.

- A localização e a direcção das juntas quer no sentido vertical quer horizontal, bem como a amplitude do seu movimento, as especificações dos produtos e sistemas de vedação são factores preponderantes na escolha das mesmas. [16]
- O estudo, a colocação e a forma das juntas devem ter presente um conjunto de influências internas e externas, tais como:
 - Retracção do betão;
 - Dilatações causadas por variações térmicas ou higrotérmicas;
 - Forças na estrutura;
- A preparação prévia de uma junta de dilatação constitui um factor decisivo no sucesso do seu desempenho, particularmente na preparação do substrato onde a junta assenta.

Em reservatórios de água potável, podem surgir algumas deficiências em juntas verticais ou horizontais construídos em estruturas de betão armado ou por elementos pré-fabricados se não estiverem presentes as boas práticas construtivas realizadas por operários especializados.

A pormenorização do projecto e a especificação de cada produto devem fazer parte integrante dos projectos.

- A certificação dos produtos deve ter dois tipos de ensaios:
 - Ensaio de permeabilidade á água;
 - Ensaio de resistência ao envelhecimento.
- Os custos resultantes da má concepção ou execução das juntas estanques de impermeabilização são difíceis de quantificar porque os trabalhos de reabilitação são complexos.
- Nenhuma betonagem deveria ser realizada sem que a fiscalização aprovasse previamente a sua colocação em obra.
- Há diversos tipos de juntas consoante as características de cada projecto, se em estrutura de betão armado se em elementos pré-fabricados.

Em estruturas de betão armado, há que ter em atenção às juntas de trabalho e na ligação entre a parede e a laje de fundo em todo o perímetro do reservatório. É frequente utilizar-se uma junta estanque em PVC com bolbo central.

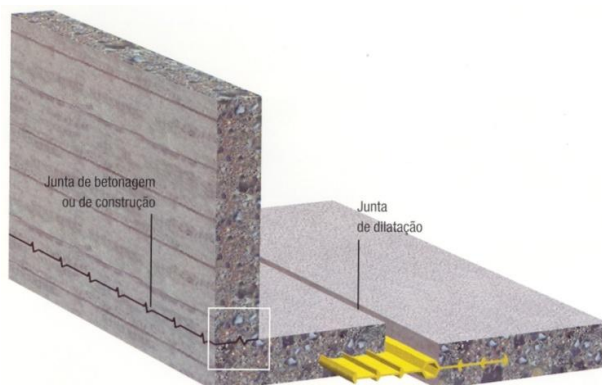


Fig. 23 – Junta de betonagem ou construção

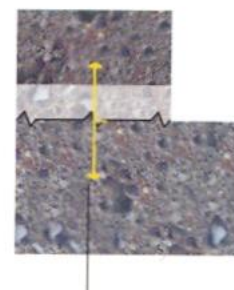


Fig. 24 – Lâmina de corte

Nos sistemas pré-fabricados, são utilizados cordões de poliuretano em ambos os lados da junta e a zona central preenchida com calda de cimento, não retráctil injectada.

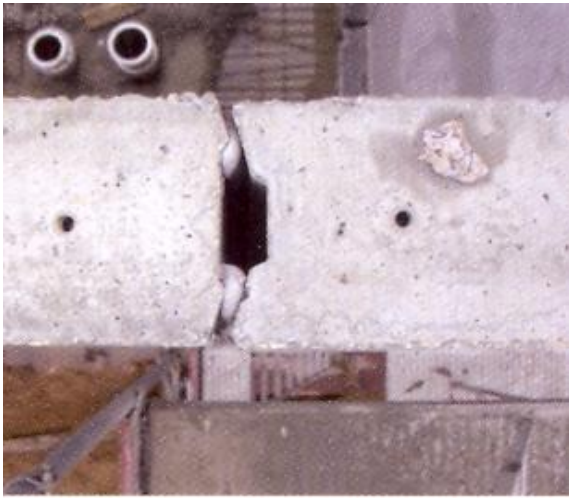


Fig. 25 – Junta injectada

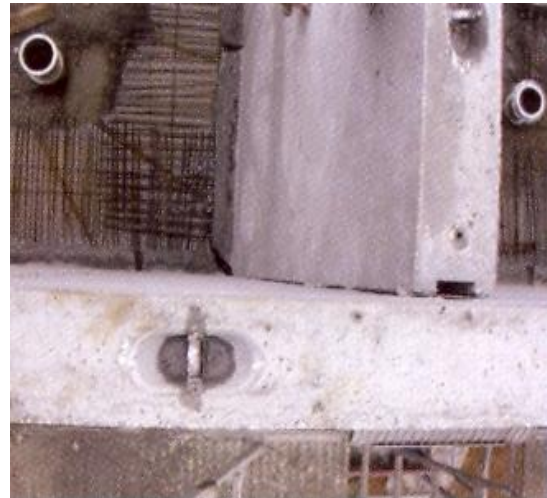


Fig. 26 – Junta injectada

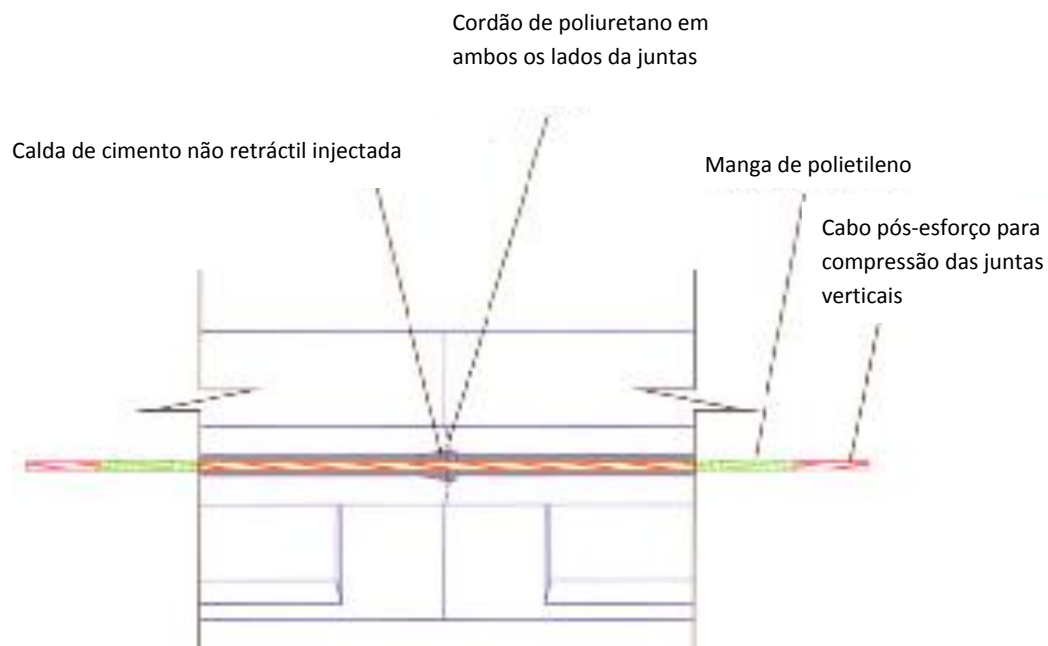


Fig. 27 – Junta injectável, utilizada para elementos pré-fabricados

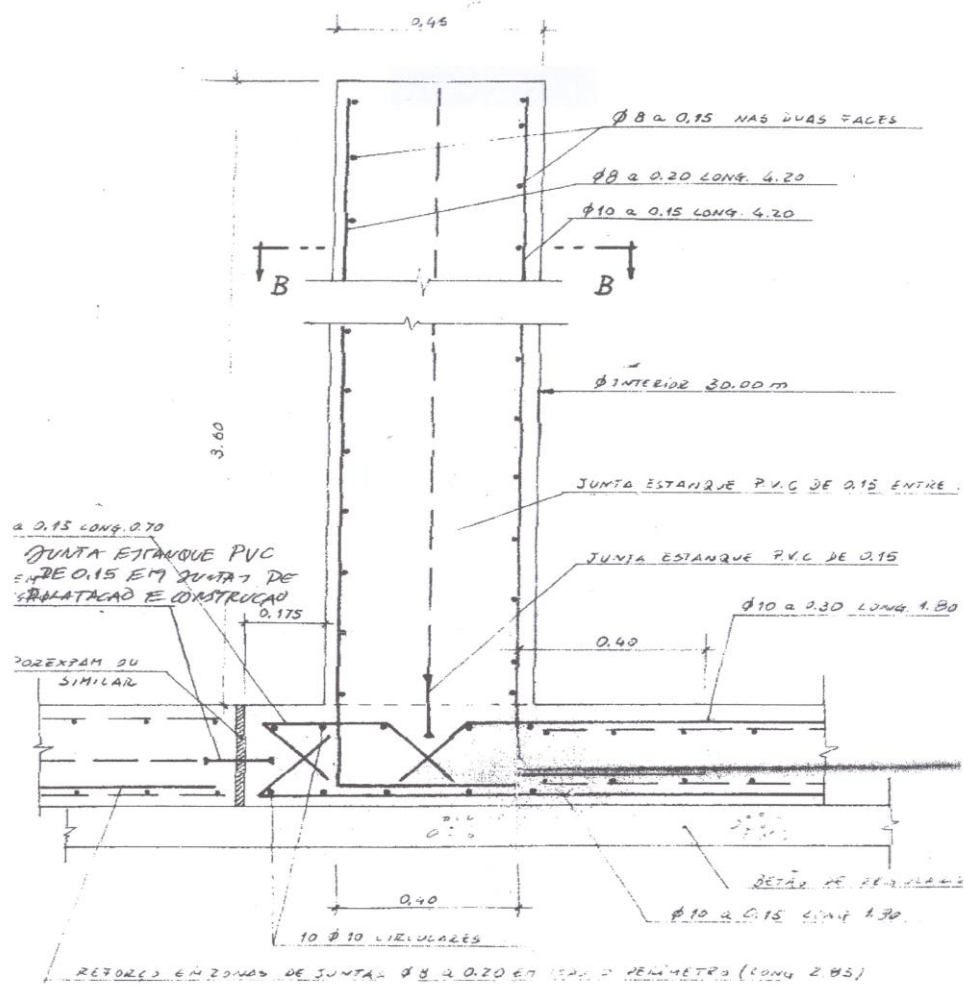


Fig. 28 - Pormenor de junta estanque e de dilatação, utilizadas na década 80, no reservatório em Sto. António dos Cavaleiros

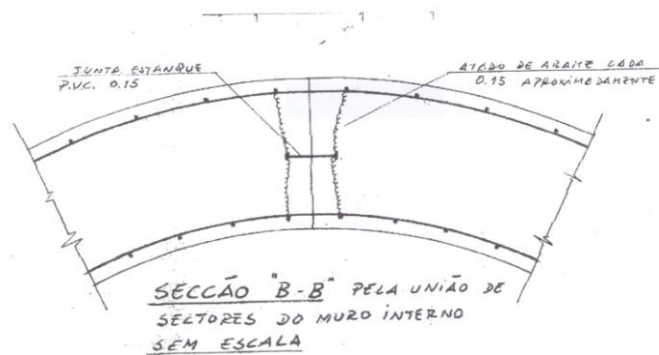


Fig. 29 – Pormenor de junta estanque [1987]

3.3.1 Juntas verticais

É algo de absolutamente essencial no processo construtivo das estruturas de betão.

Permitem a construção por fases, sem colocarem em causa a resistência mecânica da peça onde se insere. As juntas de betonagem diferem das juntas de dilatação no sentido em que não está permitido o movimento relativo ao longo da junta.

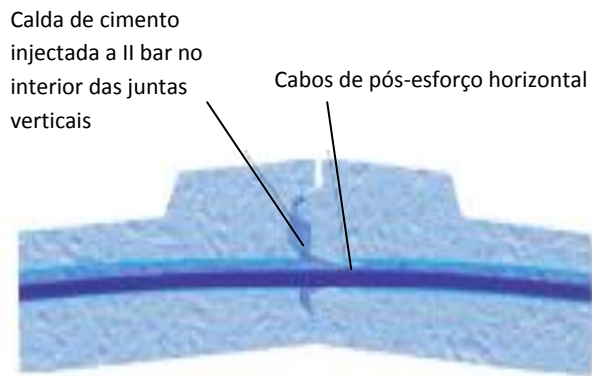


Fig. 30 – Junta vertical injectada [22]



Fig. 31 – Processo de injeção das juntas verticais [22]

3.3.2 Juntas de pavimento

As juntas deverão ser sujeitas a um tratamento mediante reparação/ regularização dos bordos de modo a que a mesma se encontrem sã, sem partículas em degradação e limpa para posterior fixação com cola de epóxi, tipo Sikadur 31 Adesivo ou equivalente, e membrana elástica tipo Sikadur-Combiflex, com 20cm de largura e 2 mm de espessura.

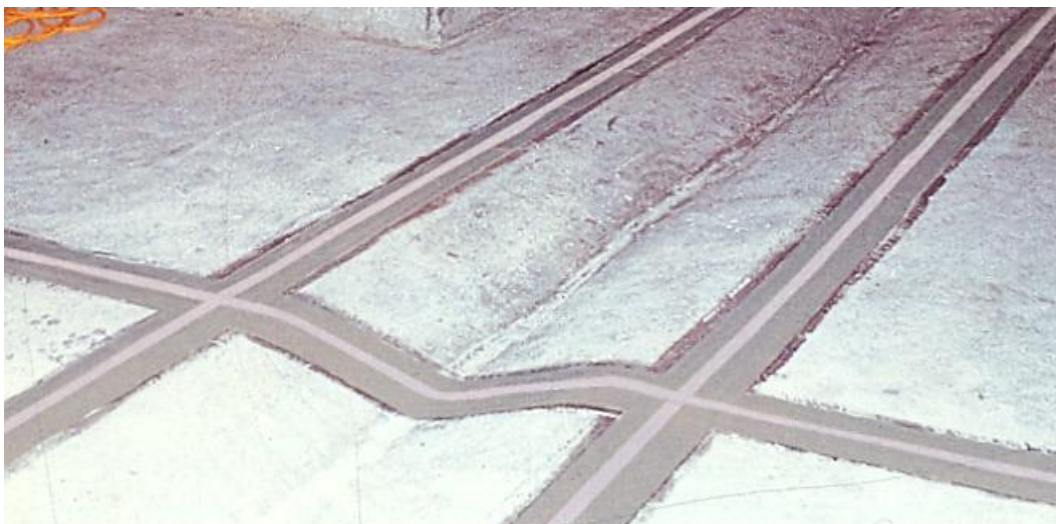


Fig. 32 – Junta de pavimento

3.3.3 Juntas de impermeabilização em bentonite de sódio

Este sistema de impermeabilização à base de bentonite de sódio natural está a ser utilizado na construção de um reservatório, na zona de Loures, pela primeira vez. [24]

Este tipo de junta tem como principal característica a sua expansibilidade na presença da água. Relativamente à solução tradicional de junta em PVC, tem como vantagem evitar qualquer amarração, facilitando a sua colocação em obra e como desvantagem tem o problema de seu envelhecimento, quando comparada com outras opções.

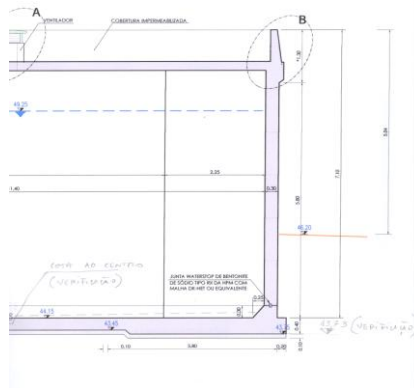


Fig. 33 – Pormenor do projecto do reservatório em Pintéus



Fig. 34 – Instalação de junta em bentonite de sódio no reservatório em Pintéus



Fig. 35 - Instalação de junta em bentonite de sódio no reservatório em Pintéus

3.3.4 Juntas de impermeabilização com resinas expansivas hidrófilas

Esta junta de impermeabilização é constituída por resinas expansivas hidrófilas e borracha. Estão certificadas para o contacto com a água potável em reservatórios. [5]

São muito utilizadas em Portugal e tem havido uma boa aceitação pelos resultados encontrados. Como em todo o tipo de juntas é importante cumprir as condições de aplicação, em particular a preparação da base, devendo estar sã, coesa e limpa.

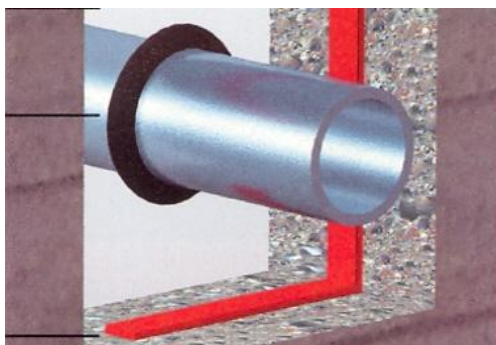


Fig. 36 – Junta de impermeabilização passa-muros

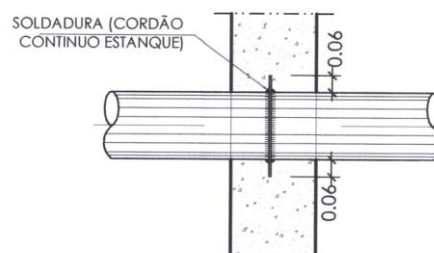


Fig. 37 - Junta de impermeabilização passa-muros (pormenor de projecto)

3.3.5 Juntas de impermeabilização em resina hidrófila extrudada

Este tipo de junta designado por HIDROTITE, é constituído por uma mistura de resina hidrófila extrudada vulcanizada sobre um elastómero de cloropreno. É mais utilizada em Espanha e a sua ficha técnica refere que a sua expansibilidade pode chegar a 8 vezes no contacto com a água, como se verifica no gráfico que se apresenta na figura 38. [23]

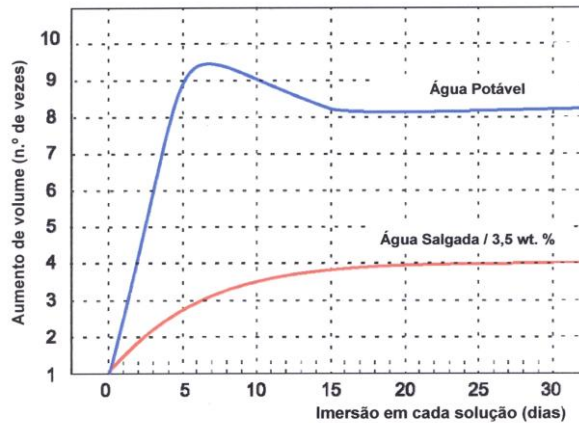


Fig. 38 - Demonstração gráfica da expansividade da junta de impermeabilização hidrófila extrudada [23]

- Tem inúmeros tipos de perfil para se ajustar a cada tipo de obra.
- É um material quimicamente estável e resistente às dissoluções mais variadas (ácidas, álcalis, cloretos).
- A preparação do suporte, como em todos os exemplos, é decisiva, tal como a especialização dos operários para todas as exigências construtivas.



Fig. 39 - Perfis hidro-expansivos em juntas de betonagem [23]

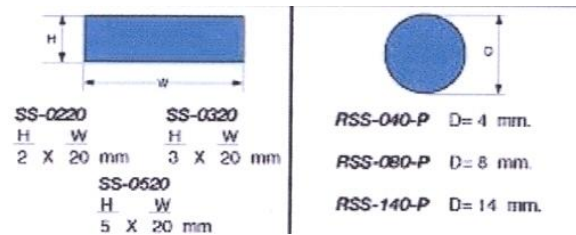


Fig. 40 - Perfis de estruturas simples em juntas de betonegum e fissuras [23]

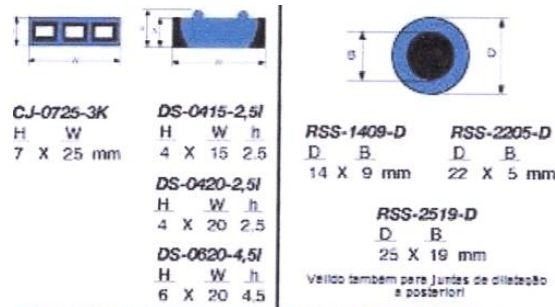


Fig. 41 - Perfis de estrutura composta em juntas de betonegum [23]

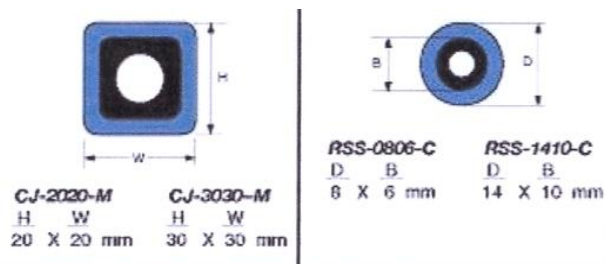


Fig. 42 - Perfis hidro-expansivos em juntas de betonegum [23]

Pode concluir-se o seguinte:

- Os projectistas devem pormenorizar todos os elementos com juntas de dilatação de impermeabilização e passa muros em projectos de reservatórios, descrevendo o tipo de junta, a sua referência e não apenas uma informação simplificada do tipo “cordão contínuo estanque”;
- A necessidade de ter produtos certificados para o contacto com água potável e boletim de ensaios, nomeadamente: impermeabilização e envelhecimento;
- Operários especializados, com formação dada, se possível, pelos próprios fornecedores de produtos. Este sub-capítulo constitui, um dos pontos críticos na construção de todos os reservatórios. Por isso, deveremos concentrar nele toda a atenção, quer no tratamento do substrato, quer na sua aplicação.
- Prazo de garantia dos trabalhos realizados conforme o Decreto-Lei 67/2003 de 8 de Abril, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva 1999/44/CE de 25 de Maio.

3.4 Fissuração/ Fendilhação/ Deformação

Não foi possível determinar com rigor qual a contribuição de cada patologia para a deformação global nos reservatórios, conforme o gráfico de percentagens globais, representado na figura 43. No entanto, dever-se-á avaliar se elas resultam de causas estruturais ou não estruturais (anexos 1 e 2), para que as soluções de reabilitação sejam eficientes. Serão apresentadas fichas de trabalho, acerca dos três parâmetros, com uma descrição mais pormenorizada das causas prováveis que estão na sua origem, e sobretudo as principais técnicas utilizadas para a sua reabilitação.

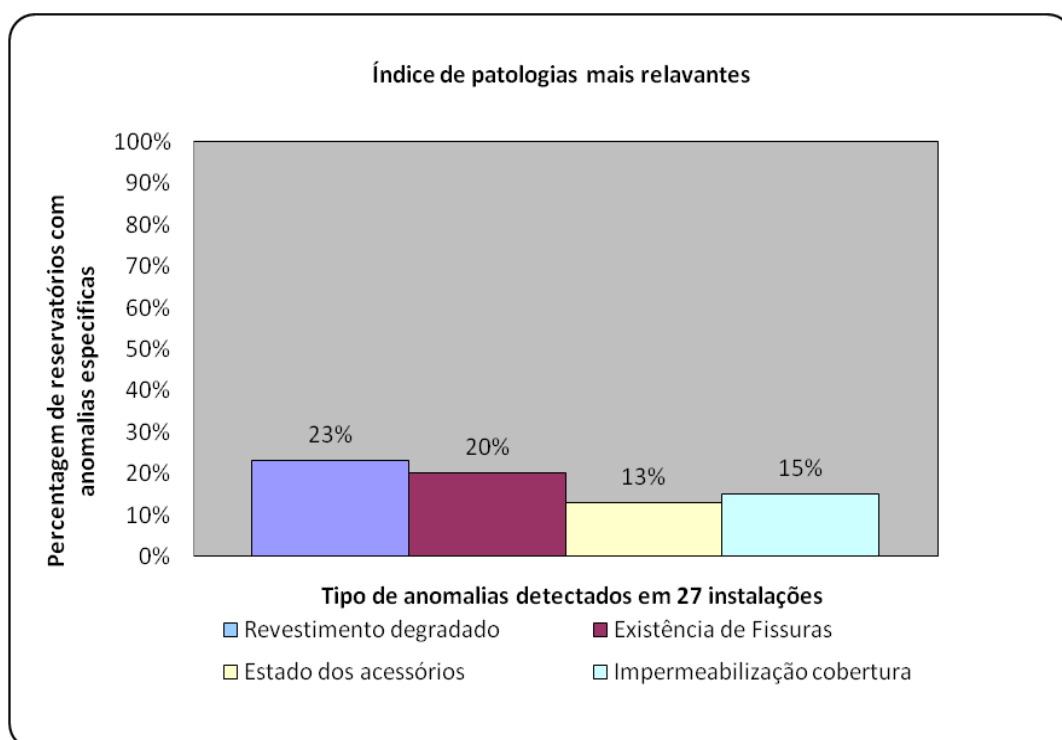


Fig. 43 - Gráfico do índice de patologias identificadas em 27 reservatórios [17]

A fissuração, fendilhação e deformação constituem algumas das patologias mais importantes nas estruturas de betão armado dos reservatórios, muitas vezes em resultado de: [3], [31]

- Má concepção do projecto;
- Deficiências na fase de preparação e construção;
- Fiscalização pouco atenta e com algum desconhecimento das boas práticas;
- Reacção álcalis-agregados do betão em particular com o sódio (Na) e o Potássio (K)
- Assentamentos diferenciais da estrutura em particular da laje de fundo;
- Desconhecimento das características do solo por ausência de estudo geológico;
- Período de tempo excessivo em vazio (2 meses) após a conclusão do reservatório;
- Deficiências na colocação das juntas verticais, horizontais e de selagem;
- Sismos.

Nos reservatórios podem observar-se vários tipos de fissura, tais como: [9]

- Fissuras de retração plástica;
- Fissuras de contração térmica inicial;
- Fissuras de contração de longo prazo;
- Micro-fissuras iniciais;
- Fissuras de reacção álcalis-sílica;
- Fissuras por corrosão de armaduras;
- Fissuras nas juntas de betonagem.



Fig. 44 - Laje de fundo fendilhada

3.5 Degradação dos revestimentos interiores e exteriores (Argamassas, Impermeabilização e pinturas)

Os revestimentos interiores em paredes, pilares, tectos e laje de fundo em reservatórios de água potável, tem variado ao longo dos anos, tendo por base a natureza química dos seus produtos, considerados em dois grandes grupos:

- **Inorgânicos:**
 - São argamassas de base cimentícia impermeabilizante mono-componente. Tem sido esta a solução mais utilizada sobretudo na fase de reabilitação.
 - Película fina de calda de cimento com acabamento final dado á costa da colher. Esta é a solução tradicional mais utilizada nas décadas 60-80, com resultados muito satisfatórios ao nível da fissuração. Tem no entanto, mais problemas na higienização e limpeza. Dada a sua estrutura porosa tem maior capacidade de absorção de impurezas prejudiciais à qualidade da água.
- **Orgânicos:**
 - São revestimentos à base de resinas de epóxi especiais, isentos de solventes, com boa resistência química – Bi-componente. [18]

A tendência Europeia parece inclinar-se para os produtos inorgânicos, dado que são produtos cuja estrutura química é isenta de átomos de carbono. A sua estrutura química baseia-se em ligações iónicas, em geral de origem mineral, enquanto os produtos orgânicos tem na sua estrutura átomos de carbono. [6]

Sendo que este tipo de revestimento é bi-componente, composto por uma resina e um endurecedor, quando misturados e numa dada proporção reagem entre si, para formarem a resina de epóxico curada.

Por outro lado, também se refere que a retirada da película de matéria orgânica das paredes interiores, durante a desinfecção bacteriológica é mais fácil, com uma simples pulverização se o acabamento for em material inorgânico.

A nossa experiência em matéria de resultados práticos, diz-nos que ambos os grupos de materiais orgânicos e inorgânicos, não tem estado isento de problemas, quer seja, pela má preparação do substrato do betão ou da argamassa, quer pela sua deficiente aplicação em obra, pelas características de cada produto ou por outras causas desconhecidas. Temos tido problemas nem sempre fáceis de resolver e sobretudo em quantificar os seus custos, pelas paragens que ocorrem nestas infra-estruturas, bem como na própria qualidade da água. [17]

O meio existente no interior dos reservatórios de água potável é particularmente agressivo, não só, pela existência de cloro dissolvido na água, como ainda, pela desinfecção bacteriológica por meio de lavagens. Algumas vezes, com pressões excessivas, originando alguma erosão nos revestimentos interiores, devendo este processo ser substituído por pulverização com equipamentos adequados.

Os revestimentos exteriores - pinturas exteriores em reservatórios têm patologias e níveis de degradação, muito semelhantes a outro tipo de obras:

- Destacamento;
- Escamação;
- Formação de bolha;
- Colonização biológica;
- Humidade
- Graffitis



Fig. 45 - Destacamento e formação de bolhas

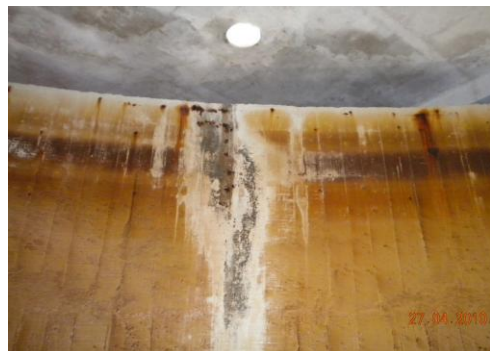


Fig. 46 - Parede com escamação



Fig. 47 - Parede com colonização biológica



Fig. 48 - Parede exterior com humidade



Fig. 49 - Pinturas de graffitis



Fig. 50 - Parede com sujidade

As tintas utilizadas no exterior em superfícies do betão, como é o caso, são variadíssimas: tinta texturada de base aquosa; tinta formulada na base de resina acrílica com e sem solventes; tinta com base em resina de epóxi, etc.. [5], [18]

Dadas as características das paredes exteriores dos reservatórios em betão, com algumas situações de carbonatação visível, deverá ser condicionada por uma protecção anti-carbonatação, permeável ao vapor de água, boa aderência, estabilidade de cor e dispersão aquosa isentas de solventes: são estas, algumas das características desejáveis para um bom revestimento.

3.6 Degradação dos elementos metálicos no interior e exterior do reservatório

A degradação dos elementos metálicos no interior e exterior é muito acentuada e deve-se ao facto de estarem imersos na água, por vezes, com níveis de cloro excessivos. Como prevenção, terão que ser precedidos por um tratamento anti-corrosivo adequado, com uma tinta betuminosa de elevada resistência à corrosão e espessura na ordem dos 300 μ ., ou, substituídos por material muito resistente a este meio agressivo, como seja o aço inox AISI 316L ou material pultrudido (PRFV), que não sofre oxidação e dispensa manutenção.

3.6.1 Elementos metálicos em contacto com água no interior dos reservatórios

- Escadas de acesso;
- Válvulas de descarga de fundo;
- Redes de protecção de condutas de aspiração;
- Flanges;
- Juntas;
- Elemento de suporte das tubagens;
- Estruturas de boiadores.



Fig. 51 - Elemento metálico ferrosos



Fig. 52 - Elemento metálico ferrosos

3.6.2 Elementos metálicos no exterior dos reservatórios

- Escadas de acesso;
- Elementos de protecção na laje de cobertura.



Fig. 53 - Escada de acesso à cobertura e elemento de protecção na laje da cobertura

- Tampas de protecção de acesso ao interior dos reservatórios



Fig. 54 - Tamba de acesso ao interior de um reservatório

- Grelhas de ventilação



Fig. 55 - Grelha de ventilação

3.7 Atravessamento de tubagens nas estruturas de betão

Em todos os reservatórios existem várias tubagens que atravessam as estruturas de betão, devendo as mesmas ser envolvidas por um cordão expansivo de mástique extrudido do tipo SIKA SWELL. No caso de ocorrer uma infiltração de água entre o tubo e o betão, o perfil expansivo intumesce e obtura essa infiltração. [5]

Sempre que as tubagens tenham que ser seladas, numa 2ª fase, deverão ser utilizadas argamassas de retracção compensada, do tipo SIKA GOUT, sendo a sua aplicação de acordo com a ficha técnica respectiva, tendo particular atenção no período de espera antes da entrada em serviço.

Este é um dos pontos críticos a ter bem presente na construção e reabilitação de qualquer reservatório de água potável. Para o efeito, deve ser realizado um desenho de pormenor

que integre os respectivos projectos, o que nem sempre sucede. É igualmente importante, referir que o emprego deste tipo de produtos, sobretudo o mástique elástico em contacto com a água potável, tenham sido aprovados em ensaios de inocuidade alimentar por um laboratório acreditado.

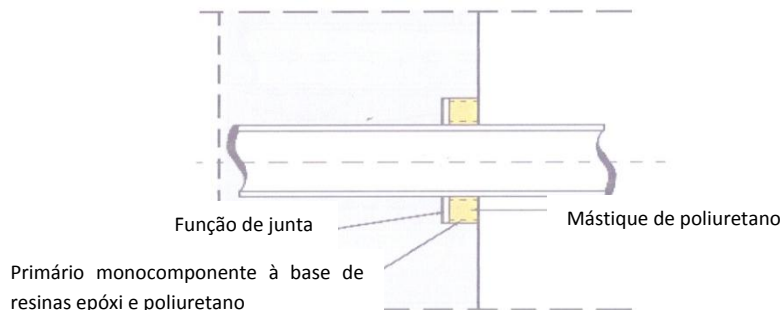


Fig. 56 – Atravessamento de tubagem

3.8 Problemas de fundação

Os problemas mais frequentes com fundações deste tipo de estruturas relacionam-se com as características do solo e a sua capacidade de suporte, dando particular importância à existência de água que provocam alterações dessas mesmas características. Para uma melhor interpretação dos seus problemas e conhecimento rigoroso, torna-se absolutamente necessário a existência de estudos geológicos. Só assim, teremos um dimensionamento correcto da laje de fundação, na fase de projecto, com recurso algumas vezes, a fundações indirectas (estacas) em detrimento das fundações directas (sapatas).

Para minorar os problemas relacionados com o aparecimento de água deverá ser realizada uma drenagem periférica na base da laje, para uma caleira exterior, de modo a visualizar também a perda de água que ocorre ao longo da sua vida útil, em fase de exploração.



Fig. 57 - Laje de fundo



Fig. 58 – Laje de fundo

Se forem tomadas as devidas precauções de natureza construtiva, quer na pormenorização em fase de projecto, quer durante a realização da construção e o acompanhamento por uma fiscalização atenta, conhecedora e perspicaz, evitar-se-ão no futuro, problemas de assentamento diferenciais na estrutura da fundação, com todas as consequências daí resultantes, de natureza estrutural e económica para os donos da obra.

3.9 Medidas correctivas para evitar as patologias

3.9.1 Impermeabilização da laje de cobertura e do interior do reservatório

3.9.1.1 Impermeabilização da laje de cobertura

A impermeabilização da laje de cobertura reveste-se da maior importância de modo a não deixar que a estrutura se degrade prematuramente, tal como as alterações dos parâmetros de qualidade da água no interior dos reservatórios.

Por este facto, os projectistas devem ter a maior atenção na definição de produtos certificados pelo LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil), na preparação do suporte para a sua colocação e anexando, desenhos de pormenor.

Também é frequente, aparecerem projectos de propostas variantes com o seguinte teor: “a cobertura do reservatório será impermeabilizada, com membrana líquida de alta elasticidade, a executar sobre betonilha de regularização, formação de penderes na superfície da laje de cobertura.” Isto deve ser ponderado, sob pena de a curto prazo estarmos em presença de graves patologias na cobertura do reservatório.

Uma solução desejável deve ter expresso nas características técnicas do Caderno de Encargos os seguintes itens:

- Construção de um murete com cerca de 10cm ao longo da bordadura da laje de cobertura, com o objectivo de facilitar o escoamento das águas pluviais, através de tubos de queda e camada de regularização com 1 a 1,5% de inclinação, com uma argamassa à base de cimento e polímeros modificados.
- Aplicação de sistema certificado pelo LNEC, para impermeabilização de coberturas, constituído por membranas de betumes modificados com polímeros plastómetros de polipropileno APP.
- Aplicação de emulsão betuminosa como primário de impermeabilização à razão de 250gr/m².
- Aplicação de membranas betuminosas em sistema bi-capa. A primeira membrana do tipo polyplas 30 ou equivalente, com 3kg/m² e armadura em fibra de vidro e a segunda membrana do tipo polixis R40 ou equivalente com 4kg/m² e armadura de poliéster, auto protegida com granulado de ardósia de acordo com certificação LNEC-DA7.

3.9.1.2 Impermeabilização no interior dos reservatórios

Algumas entidades em Portugal, nomeadamente a EPAL (Empresa Portuguesa de Águas Livres, SA), já estabeleceram uma lista de produtos aprovados, para revestimento e impermeabilização no interior dos reservatórios em contacto com a água potável (anexo 3). Também a DVGW – “Associação Científica e Técnica Alemã para Gás e Água – Comitê de Armazenamento de Água”, tem uma ficha de trabalho W300 que define, quais as condições a que estes produtos de revestimento devem obedecer e estabelece o número de camadas, actualizando as exigências de base da Norma DIN EN 1508 para construção e manutenção de reservatórios de água potável.

- Tratamento com argamassas impermeabilizantes

Podem ser aplicadas por projecção, à base de cimento, sem componentes orgânicos na sua mistura, através de duas camadas, com uma espessura na ordem dos 3 a 4mm e de 6 a 8kg/m de aplicação.

- Tratamento com tinta epóxi

As superfícies onde deverão ser aplicados os revestimentos à base de tintas epóxi, devem ser utilizadas sobre argamassas de regularização, preferencialmente à base de epóxi-cimento em três componentes. Todos os produtos utilizados devem cumprir a directiva 98/83 do Conselho de 3 de Novembro, já transposta para Portugal.

3.9.2 Norma Portuguesa EN 1504

A norma portuguesa EN 1504 foi implementada em Janeiro de 2009 e a marcação CE passou a ser obrigatória em todos os produtos para reparação e protecção de estruturas de betão.

Esta norma constitui um excelente auxiliar aos donos de obra, projectistas e empreiteiros que tenham intervenções de qualidade na reparação e protecção de estruturas de betão armado.

- **Princípios de reparação e protecção de betão, segundo a Norma Portuguesa EN 1504-9**

Avaliar os diferentes danos, as causas e os métodos a utilizar em obras de reparação e protecção e o que se pretende com o resumo de 11 princípios da NP EN 1504 da parte 9, sendo que os defeitos no betão estão expressos nos princípios de 1 a 6 e a corrosão das armaduras de 7 a 11.

- Princípio 1: Protecção contra a penetração de agentes agressivos
- Princípio 2: Controlo da humidade
- Princípio 3: Reperfilamento do betão
- Princípio 4: Reforço estrutural
- Princípio 5: Resistência física – não aplicável
- Princípio 6: Resistência química – não aplicável
- Princípio 7: Manutenção ou restauro da passividade
- Princípio 8: Aumento da resistividade
- Princípio 9: Controlo catódico
- Princípio 10: Protecção catódica
- Princípio 11: Controlo de zonas anódicas

Quadro 1 – Princípio e métodos relacionados com defeitos de betão e corrosão de armaduras em estruturas de betão armado em reservatórios de água potável - Princípios 1; 2 e 3 (.../...)

<p>Princípio 1</p>	<p>Protecção contra a penetração de agentes agressivos.</p> <p>Reduzir ou prevenir a penetração de agentes agressivos, tais como água, outros líquidos, gases, agentes químicos ou biológicos.</p>	<p>1.1. Impregnação hidrofóbica.</p> <p>1.2. Impregnação.</p> <p>1.3. Revestimento.</p> <p>1.4. Tratamento superficial de fissuras através de membranas adesivas.</p> <p>1.5. Preenchimento de fissuras.</p> <p>1.6. Transformação de fissuras em juntas.</p> <p>1.7. Aplicação de membranas.</p>	<p>Impregnação hidro-repelente monocomponente, resistente ao contacto com álcalis - para exteriores.</p> <p>Pintura de protecção plástica-elástica na base de dispersão acrílica.</p> <p>Sistema de selagem para fissuras e juntas de dilatação constituído por cola adesiva e membrana, aprovada para o contacto com a água potável.</p> <p>Resina sintética à base de poliuretano de dois componentes sem solventes de elevada resistência para o contacto com a água potável.</p> <p>Sistema de selagem para fissuras e juntas de dilatação, constituído por cola adesiva e membrana, aprovada para o contacto com a água potável.</p> <p>Produto de dois componentes com base em poliureias e poliuretanos isentos de solventes.</p>
<p>Princípio 2</p>	<p>Controlo da humidade.</p> <p>Ajustar e manter o teor de humidade do betão dentro de um intervalo de valores especificado.</p>	<p>2.1. Impregnação hidrofóbica.</p> <p>2.2. Impregnação.</p> <p>2.3. Revestimento.</p> <p>2.4. Tratamento electroquímico.</p>	<p>Impregnação hidro-repelente monocomponente, resistente ao contacto com álcalis - para exteriores.</p> <p>Pintura de protecção plástica-elástica na base de dispersão acrílica.</p>
<p>Princípio 3</p>	<p>Reperfilamento do betão</p> <p>Reperfilar o betão original de acordo com os perfis e funções originalmente especificados.</p> <p>Restaurar a estrutura em betão substituindo parte da mesma.</p>	<p>3.1. Argamassas de aplicação manual.</p> <p>3.2. Reperfilamento com betão ou argamassa.</p> <p>3.3. Projecção de betão ou argamassa.</p> <p>3.4. Substituição de elementos de betão.</p>	<p>Argamassa monocomponente à base de cimento, areias seleccionadas, sílica de fumo e resinas sintéticas.</p> <p>Argamassa monocomponente de retracção compensada, à base de cimento, isento de cloretos, não oxida em contacto com a água.</p> <p>Argamassa de reparação por projecção num só componente baseada em cimentos especiais modificados com polímeros sintéticos, com excelente resistência aos sulfatos.</p>

Quadro 2 – (.../...) Princípios e métodos relacionados com defeitos de betão e corrosão de armaduras em estruturas de betão armado em reservatórios de água potável – Princípio 4 (.../...)

<i>Princípio</i>	<i>Descrição</i>	<i>Método</i>	<i>Soluções</i>
Princípio 4	Reforço estrutural. Aumentar ou restabelecer a capacidade de carga de um elemento da estrutura de betão.	<p>4.1. Adição ou substituição de armaduras internas ou externas.</p> <p>4.2. Adição de armaduras.</p> <p>4.3. Colagem de elementos de reforço.</p> <p>4.4. Adição de argamassa ou betão.</p> <p>4.5. Injecção de fissuras ou vazios.</p> <p>4.6. Enchimento de fissuras ou vazios.</p> <p>4.7. Pré-esforço (pós tensão).</p>	<p>Argamassa adesiva em dois componentes isenta de solventes à base de resinas epóxi+cargas especiais.</p> <p>Impermeável a água e ao vapor de água.</p> <p>Cola à base de resina de epóxi para ancoragens bicomponente tixotrópica, isenta de solventes.</p> <p>Tecido em fibras de carbono unidireccionais não corrosivas para reforço de elementos estruturais.</p> <p>Argamassa monocomponente à base de cimento e areias seleccionadas.</p> <p>Resina sintética à base de poliuretano de dois componentes sem solventes de elevada resistência para o contacto com a água potável.</p> <p>Resina sintética à base de poliuretano de dois componentes, sem solventes de elevada resistência para o contacto com a água potável.</p> <p>Cola à base de resina de epóxi para ancoragens, bicomponente tixotrópica, isenta de solventes.</p>

Quadro 3 – (.../...) Princípios e métodos relacionados com defeitos de betão e corrosão de armaduras em estruturas de betão armado em reservatórios de água potável (Princípios 7, 9, 10 e 11)

Princípio	Descrição	Método	Soluções
Princípio 7	<p>Manutenção ou restauro da passividade.</p> <p>Criar condições químicas para que a superfície das armaduras seja mantida ou revertida à condição de passivante.</p>	<p>7.1. Aumento do recobrimento com argamassa ou betão.</p> <p>7.2. Substituição do betão contaminado ou carbonatado.</p> <p>7.3. Re-alkalinização electroquímica do betão carbonatado.</p> <p>7.4. Re-alkalinização do betão carbonatado por difusão.</p> <p>7.5. Extração electroquímica de cloretos</p>	<p>Microargamassa flexível de impermeabilização com dois componentes pré-doseados resina em emulsão+cimento e cargas especiais, aprovado para o contacto com a água potável.</p> <p>Microargamassa flexível de impermeabilização com dois componentes pré-doseados resina em emulsão+cimento e cargas especiais, aprovado para o contacto com a água potável.</p> <p>Argamassa de regularização de epóxi-cimento, com três componentes: resina, endurecedor, filler.</p> <p>Como substrato de base para tinta para o contacto com água potável, também à base de resinas epóxi, isento de solventes.</p>
Princípio 9	<p>Controlo Catódico</p> <p>Criar condições para que zonas potencialmente catódicas da armadura não promovam reacção anódica.</p>	<p>9.1. Limitar o teor de oxigénio (no cátodo) por saturação ou revestimento superficial.</p>	<p>Impregnação tipo emulsão com propriedades inibidoras de corrosão, baseado em compostos orgânicos e inorgânicos com teor em iões cloretos $\leq 0,10\%$.</p>
Princípio 10	<p>Protecção catódica.</p>	<p>10.1 Aplicação de um potencial eléctrico.</p>	<p>Argamassa monocomponente à base de cimento e areias seleccionadas.</p>
Princípio 11	<p>Controlo de zonas anódicas.</p> <p>Criar condições para que zonas potencialmente anódicas da armadura não intervenham na reacção da corrosão.</p>	<p>11.1 Revestimento activo das armaduras.</p> <p>11.2 Revestimento de protecção das armaduras.</p> <p>11.3 Aplicação de inibidores de corrosão no ou sobre o betão.</p>	<p>Revestimento anticorrosivo à base de cimento e resina de epóxi modificada, três componentes com elevada resistência mecânica isenta de solventes.</p> <p>Cola em dois componentes à base de resinas epóxi sem solventes: impermeável a líquidos e ao vapor de água. Não é afectado pela humidade . Elevada tixotropia (não escorre).</p> <p>Impregnação tipo emulsão com propriedades inibidoras de corrosão, baseado em compostos orgânicos e inorgânicos com teor em iões cloretos $\leq 0,10\%$.</p>

- **Seleção de métodos para reparação do betão conforme a NP EN 1504-9 que podem ser utilizados em reservatórios de água potável**

Quadro 4 – Danos no betão

Defeitos/ Danos no Betão	Danos reduzidos	Danos médios	Danos Consideráveis
Fissuras no betão	1.5. Preenchimento das fissuras.	1.5. Preenchimento das fissuras. 1.6. Transformação de fissuras em juntas.	4.5. Injecção de fissuras ou vazios. 4.6. Enchimento de fissuras ou vazios.
Delaminação do betão devido a impacto mecânico	3.1. Argamassas de aplicação manual.	3.1. Argamassas de aplicação manual. 3.2. Reperfilamento com betão ou argamassa. 3.3. Projecção de betão ou argamassa.	3.2. Reperfilamento com betão ou argamassa. 3.3. Projecção de betão ou argamassa.
Danos estruturais devidos a sobrecarga ou terramoto.	3.1. Argamassas de aplicação manual e 4.4. Adição de argamassa ou betão	3.1. Argamassas de aplicação manual e 4.1. Adição ou substituição de armaduras internas ou externas. 3.1. Argamassas de aplicação manual e 4.2. Adição de armaduras ancoradas em ranhuras pré-formadas ou furos.	3.3. Projecção de betão ou argamassa e 4.3. Colagem de elementos de reforço. 3.2. Reperfilamento com betão ou argamassa e 4.7. Pré-esforço (pós-tensão) 3.4. Substituição de elementos de betão
Delaminação do betão devido a saís de gelo/degelo	3.1. Argamassas de aplicação manual. 5.1. Revestimento (cimentoso).	5.1. Revestimento (cimentoso). 5.3. Adição de argamassas ou betão.	5.3. Adição de argamassas ou betão.
Danos devidos a ataque químico	6.1. Revestimento (cimentoso).	6.1. Revestimento (cimentoso). 6.3. Adição de argamassa ou betão.	6.3. Adição de argamassa ou betão. 3.2. Reperfilamento com betão ou argamassa. 3.3. Projecção de betão ou argamassa.

Quadro 5 – Danos devido à corrosão das armaduras

<i>Defeitos/ Danos no Betão</i>	<i>Danos reduzidos</i>	<i>Danos médios</i>	<i>Danos Consideráveis</i>
<i>Delaminação do betão devido a carbonatação</i>	3.1. Argamassas de aplicação manual.	3.1. Argamassas de aplicação manual. 3.2. Reperfilamento com betão ou argamassa 3.3. Projecção de betão ou argamassa.	3.2. Reperfilamento com betão ou argamassa e 4.1. Adição ou substituição de armaduras internas ou externas. 3.3. Projecção de betão ou argamassa. e 4.2. Adição de armaduras ancoradas em ranhuras preformadas ou furos. 7.2. Substituição do betão contaminado ou carbonatado
<i>Corrosão das armaduras devido a cloretos</i>	3.1. Argamassas de aplicação manual.	3.1. Argamassas de aplicação manual. 3.2. Reperfilamento com betão ou argamassa. 3.3. Projecção de betão ou argamassa.	3.4. Substituição de elementos de betão. 7.2. Substituição do betão contaminado ou carbonatado e 4.1. Adição ou substituição de armaduras internas ou externas. 7.2. Substituição do betão contaminado ou carbonatado e 4.3. Colagem de elementos de reforço.
<i>Correntes estáticas</i>	3.1. Argamassas de aplicação manual 3.2. Reperfilamento com betão ou argamassa	3.2. Reperfilamento com betão ou argamassa e 3.3. Projecção de betão ou argamassa.	3.2. Reperfilamento com betão ou argamassa e 4.2. Adição de armaduras ancoradas em ranhuras preformadas ou furos. 3.3. Projecção de betão ou argamassa. e 4.1. Adição ou substituição de armaduras internas ou externas.

- **Seleção de métodos para protecção de betão e armaduras definidas de acordo com a NP EN 1504-9 que podem ser utilizados em estrutura de reservatórios de água potável.**

Quadro 6 – Protecção do betão

Requisitos de protecção	Danos reduzidos	Danos médios	Danos Consideráveis
Fissuras	1.1. Impregnação hidrofóbica 1.3. Revestimento	1.1. Impregnação hidrofóbica 1.3 Revestimento (elástico)	1.1. Impregnação hidrofóbica e 1.3 Revestimento (elástico) 1.7. Aplicação de membranas (líquidas ou em rolo)
Impacto mecânico	5.2. Impregnação	5.1. Revestimento	5.3. Adição de argamassa ou betão
Acção gelo/degelo	2.1. Impregnação hidrofóbica 2.2. Impregnação	5.2. Impregnação 2.3. Revestimento (elástico)	1.1. Impregnação hidrofóbica e 5.1. Revestimento e 5.3. Adição de argamassa ou betão
Reacção álcalis-agregado (RAA)	2.1. Impregnação hidrofóbica 2.3. Revestimento	2.1. Impregnação hidrofóbica 2.3. Revestimento (elástico)	2.1. Impregnação hidrofóbica e 2.3. Revestimento 1.7. Aplicação de membranas (líquidas ou em rolo)

CAPÍTULO 4

DEFINIÇÃO DOS MÉTODOS E DESCRIÇÃO DAS TÉCNICAS QUE SE INTRODUZEM NA REPARAÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO

4.1 Reparação de estruturas de betão pelos métodos electroquímicos

4.1.1 Métodos utilizados: Realcalinização, Dessalinização e Protecção catódica

Estes três métodos electroquímicos têm efeitos não destrutivos, que detêm a corrosão e promovem a repassivação das armaduras, aumentando a sua vida útil, através da melhoria, qualidade e durabilidade, tendo sido desenvolvidos na Noruega pela NCT, nos anos 80. Em 1995, esta empresa foi adquirida pela Fosroc e ambas as técnicas patenteadas, têm sido utilizadas na Europa com algum sucesso em todo o tipo de obras.

4.1.1.1 Realcalinização

Um método que consiste em repor a alcalinidade do betão carbonatado e repassivar o aço da armadura que foi destruída por valores baixos de pH. O tratamento consiste em fazer aumentar os valores de pH para reconstruir a película de óxido de ferro passivante.[13]

O tratamento é aplicado temporariamente e consiste na aplicação de um campo eléctrico entre a armadura e um ânodo exterior, embebido numa solução electrolítica alcalina. O aumento dos alcalis no betão é devido a três processos que ocorrem em simultâneo, durante o tratamento: electro-osmose; electrólise e migração iónica.

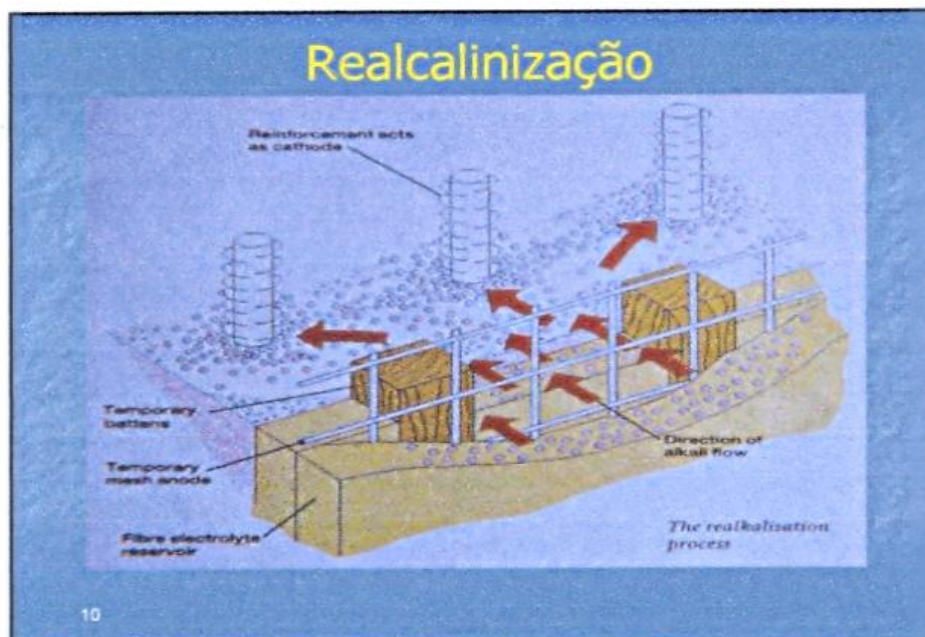


Fig. 59 – Processo de realcalinização [9] Aulas REM, Prof. Brazão Farinha

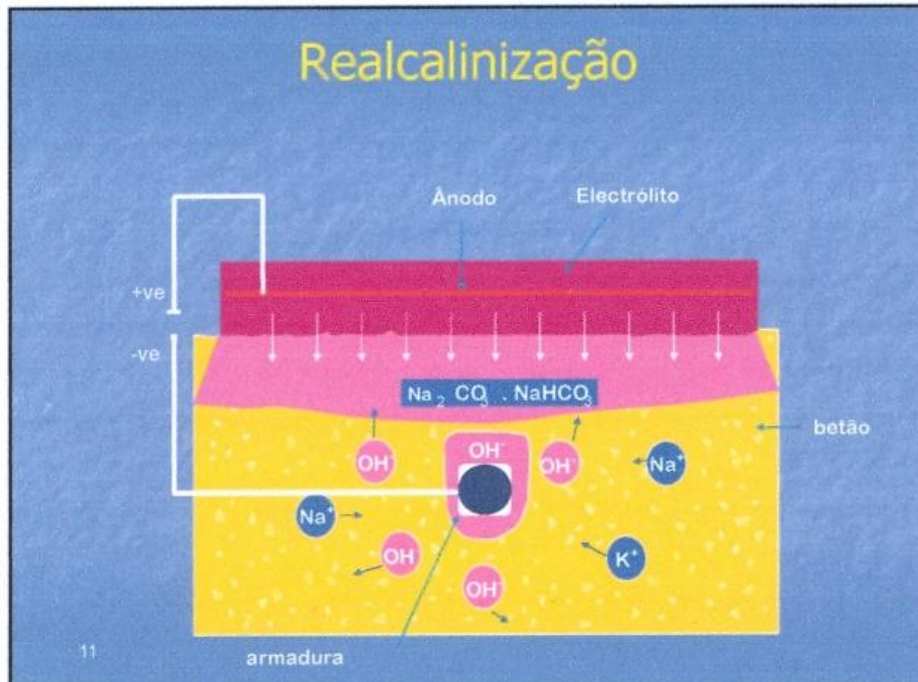


Fig. 60 - Processo de realcalinização [9] Aulas REM, Prof. Brazão Farinha

Mecanismos de realcalinização [9]

- Difusão e absorção da solução alcalina;
- Produção de iões de hidróxido;
- Migração de iões metálicos alcalinos;
- Transporte da solução alcalina por electro-osmose.

Resultados da realcalinização

- Zona altamente alcalina em redor do varão de aço;
- Forte passivação;
- Camada de recobrimento é impregnada com carbonato de sódio;
- Elevado pH final do betão de recobrimento que mantém a passivação;
- Baixa alcalinidade é corrigida;
- Toda a superfície do betão armado é tratada;
- Eliminação da corrosão futura;

4.1.1.2 Dessalinização

Os iões de cloreto provocam de forma rápida a destruição da película passivante. O tratamento, consiste em extrair os iões de cloreto para valores aceitáveis e reconstruir a película de óxido de ferro. Compõe-se na aplicação de um campo eléctrico entre a armadura e uma malha de ânodo externo embebido numa solução. [13]



Fig. 61 – Processo de dessalinização [9] Aulas REM, Prof. Brazão Farinha

Resultados da Dessalinização

- Remoção dos cloretos do betão;
- O conteúdo do cloreto é reduzido em particular à volta da armadura;
- A formação de iões de hidróxido aumenta o pH em redor da armadura;
- Os pontos de corrosão são desactivados;
- No final uma armadura envolvida por um betão altamente alcalino e livre de cloretos;
- Uma forte repassivação;
- Toda a superfície do betão é tratada e eliminada a corrosão futura.

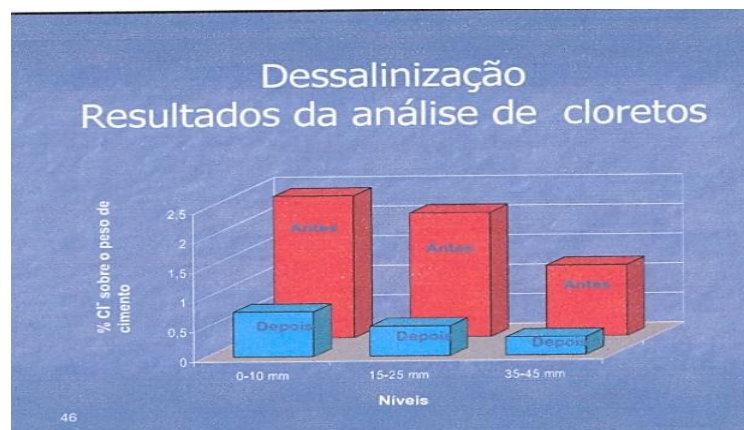


Fig. 62 - Processo de dessalinização [9] Aulas REM, Prof. Brazão Farinha

Preparativos antes da instalação, pontos principais [9]

- Remoção de revestimentos superficiais;
- Continuidade eléctrica das armaduras;
- Suficiente recobrimento do betão;
- Isolamento de peças metálicas;
- Reparação de fissuras, delaminações, etc.

Instalação

Sistema anódico

- Malha metálica em reservatório de electrólito.

Electrólito

- Solução de carbonato de sódio;
- Água da rede;
- Solução de hidróxido de cálcio;
- Solução de carbonato de lítio ou barato.

Cátodo - Armadura

- Condutores ligados à armadura.

Análise do betão (para determinar o efeito do tratamento)

- Indicadores do pH – fenolftaleína,
- Análise de Na⁺ e K⁺;
- Análise de Cl⁻;

4.1.1.3 Protecção catódica

A protecção catódica é um dos métodos de reparação electro-química, mais utilizados com o mesmo objectivo de prevenir ou eliminar a corrosão das armaduras, de modo a tornar o potencial eléctrico do aço mais negativo, ou seja, catódico. O abaixamento do potencial eléctrico do aço é obtido através de uma corrente contínua de baixa intensidade de um ânodo exterior, através do betão para o aço, tal como se afigura: [13]

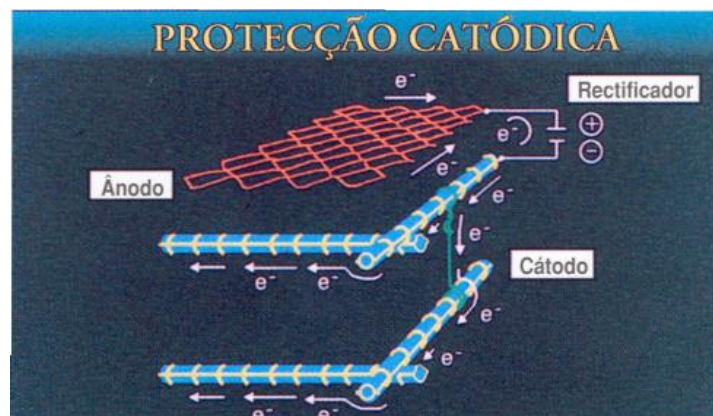


Fig. 63 – Protecção catódica [13]

- Preparativos
 - Ligando o aço a um ânodo de sacrifício que se dissipa gradualmente – ânodos de sacrifício;
 - Usando um ânodo inerte e uma fonte externa de alimentação – corrente imposta; Este processo para além de inverter o processo de corrosão, a passagem de corrente eléctrica também induz modificações químicas no betão:
 - Formação de hidróxidos que resultam das reacções químicas que ocorrem na interface armadura/betão;
 - Diminuição de cloretos ao nível das armaduras, as argamassas (pólo negativo repele os iões de cloro);

Logo, o efeito da aplicação de protecção catódica, não é apenas o da eliminação ou redução da corrosão, mas também da restauração da alcalinidade e da remoção dos cloretos, eliminando assim as causas da corrosão.



Fig. 64 – Desagregação do betão ao longo do tempo

Instalação [9]

Os componentes básicos de um sistema de protecção catódica por corrente imposta são: ânodo, cátodo (armaduras), betão (electrólito) e a fonte de alimentação.

Tipos de ânodos sacrificiais mais utilizados:

- Malha de titânio com recobrimento;
- Fitas de malha de titânio embebidos em argamassa;
- Ânodos de titânio ou de cerâmica, inseridos num material electrolítico;
- Revestimentos condutores

Vantagens

- Maior eficiência na prevenção da corrosão;
- Maior tempo de vida útil a esperar da estrutura;
- Custos mais baixos em particular de longo prazo;
- Menor tempo de execução;
- Sem interferência no uso da estrutura, sem ruído; sem pó e menor enfraquecimento estrutural.

Desvantagens

- Custo elevado num curto prazo de tempo;
- Operários especializados.

Inconvenientes dos métodos

- Elevadas especificidades;
- Operários especializados;
- Custos elevados num curto prazo de tempo

Tratamento

- Condutores ligados a rectificador AC/DC;
- Intensidade da corrente regulada para dar 1 A/m² de superfície de betão;
- Controlo periódico da voltagem e intensidade da corrente;
- Molhagem periódica;
- Análise de provetes de betão.

Tempo de Tratamento

- Recalibração - < 1 semana
- Dessalinização – 4 a 8 semanas
- Protecção catódica

Sintetizando os Métodos:

As superfícies a tratar após preparação são postas em contacto com uma camada de electrólitos, no seio da qual é colocada uma malha condutora anódica. Estabelecidas as ligações eléctricas é aplicada uma corrente durante um intervalo de tempo, alguns dias na recalibração e algumas semanas na dessalinização. Uma vez concluídos os tratamentos e a protecção catódica.

Vantagens dos métodos electroquímicos

- Tratamento das causas e não apenas dos sintomas do problema;
- As armaduras são passivadas completamente;
- Menor quantidade de betão removido
 - economia de tempo;
 - menos ruído e poeira, impactos ambientais;
 - redução das necessidades de escoamento.
- Manutenção de acabamentos sem agregado à vista;
- Frequentemente mais rápido que o processo tradicional;
- Possível definir preços globais.

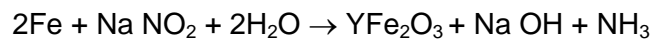
Inconvenientes dos métodos electroquímicos

- Elevadas especificidades;
- Poucas empresas com know-how, para este tipo de trabalho.

4.1.1.4 Inibidores de corrosão

São substâncias ou mistura de substâncias que, quando aplicadas em concentrações adequadas, no meio corrosivo, elimina ou reduz a corrosão. Os inibidores têm a vantagem de ser utilizados como qualquer aditivo na fase de construção, em mistura de betão com dosagem que podem variar de 1 a 4%, consoante o meio for pouco ou altamente corrosivo. [10]

Os inibidores à base de nitrito de sódio são dos mais utilizados como aditivos. A equação que nos mostra a reacção do ferro com o nitrito de sódio (Calleja e Andrade, 1994), é a seguinte:



Y – número de coeficiente

A eficiência deste inibidor de corrosão depende da quantidade de iões de cloretos que o betão irá ter ao longo da sua vida útil e da escolha criteriosa relativa ao teor a ser aplicado.

Há estudos que demonstram que a presença do nitrito de sódio, retarda de forma significativa o processo corrosivo, sendo de 75% no caso de uma relação água/cimento 0,4 e de 100% para o caso da relação água/cimento 0,7, o que significa que a presença do nitrito de sódio, duplicou o período de iniciação da corrosão, neste último caso.



Fig. 65 – Inibidores de corrosão migratório [9]

Na reabilitação, são utilizados os inibidores migratórios, que migram da estrutura porosa do betão até atingirem as armaduras. É aplicado na superfície do betão, até que este produto acaba por envolver as armaduras. Numa fase posterior, deve-se proceder a uma pintura exterior, que impeça os inibidores de saírem para fora do betão.

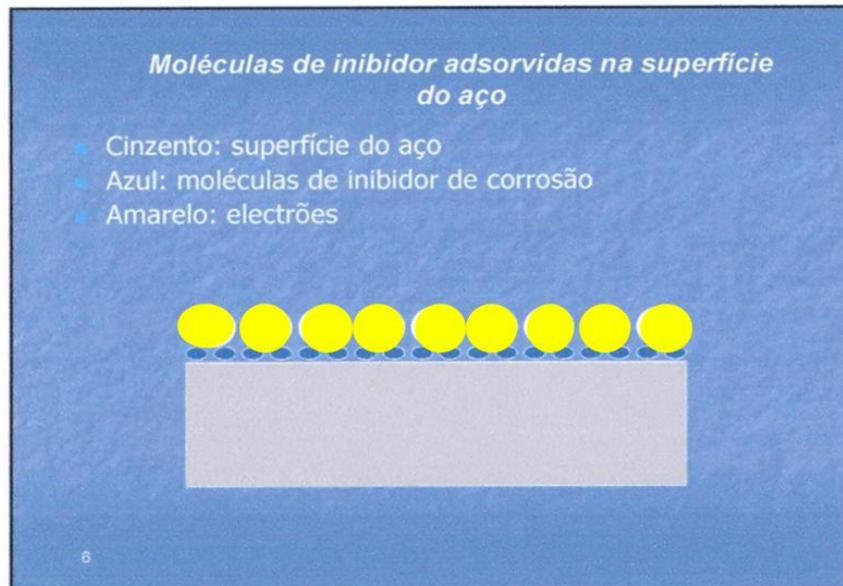


Fig. 66 – Inibidores de corrosão migratórios [9] Aulas REM, Prof. Brazão Farinha

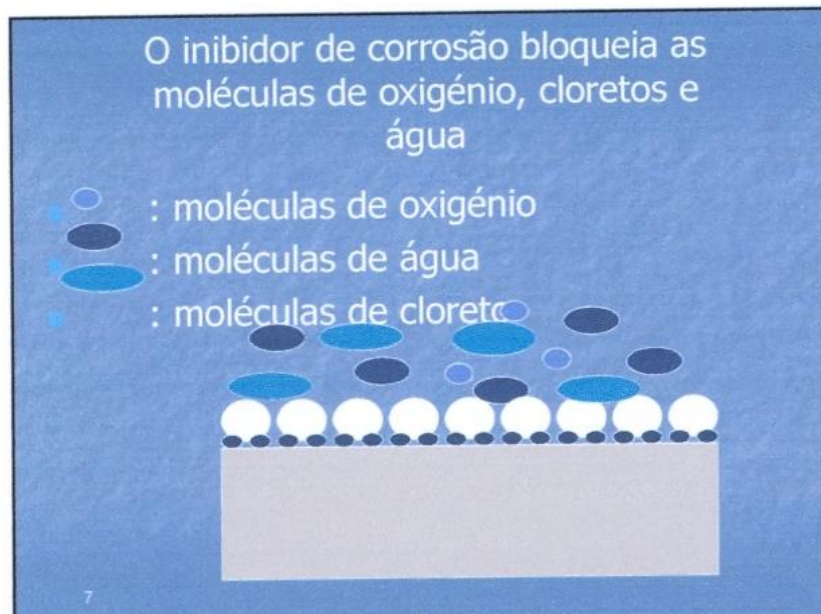


Fig. 67 - Inibidores de corrosão migratórios [9] Aulas REM, Prof. Brazão Farinha

Existe um decréscimo da resistência à compressão em função das diversas percentagens de nitrito de sódio, consoante a relação água/cimento for 0,4 ou 0,7 respectivamente, conforme nos mostram as figuras 68 e 69. Há uma tendência real, para o decréscimo da resistência à compressão à medida que se aumenta o teor, de nitrito de sódio, particularmente no caso da relação água/cimento 0,7. [19]

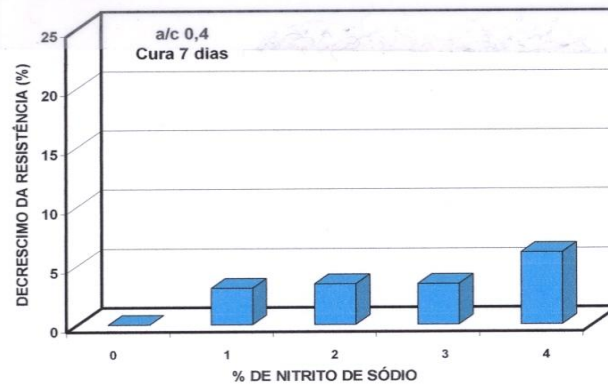


Fig. 68 - Decréscimo da resistência à compressão com relação água/cimento 0,4. [19]

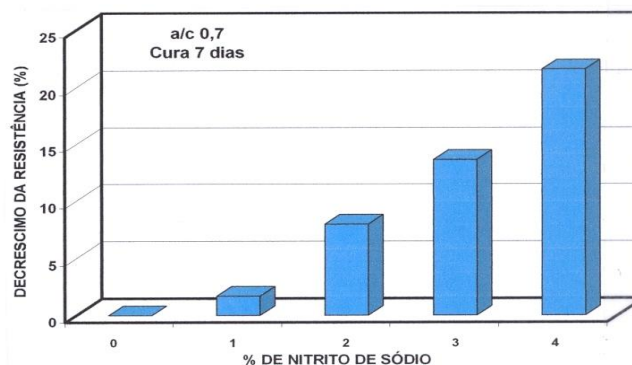


Fig. 69 - Decréscimo da resistência à compressão com relação água/cimento 0,7 [19]

CAPÍTULO 5

A IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

5.1 Estudos geológico-geotécnico

No presente capítulo pretende-se realçar a importância dos estudos geológico-geotécnicos e da prospecção geotécnica nos projectos de fundações e escavações, neste caso, no âmbito da construção dos reservatórios.

De acordo com o Eurocódigo 7 “os estudos de caracterização geotécnica devem fornecer todos os dados relativos ao terreno e à água subterrânea, no local e na sua vizinhança, que sejam necessários para uma descrição apropriada das principais propriedades do terreno e para uma avaliação fiável dos valores característicos dos parâmetros a usar nos cálculos de dimensionamento”.

De facto o correcto reconhecimento do cenário geológico-geotécnico, interessado pela Obra constitui um investimento que representa em regra uma percentagem pequena (2 a 3%) do custo total da Obra e que, quando bem executado, permite otimizar esse mesmo custo e normalmente o prazo de execução. Optimiza-se o projecto, através de soluções estruturais mais realistas; pelo conhecimento que existe e em muitos casos, com uma diminuição significativa das percentagens das armaduras, do principal elemento estrutural que é a laje de fundo.

Uma campanha de prospecção adequada vai permitir ao projectista evitar o recurso a cenários conservativos, penalizadores em termos de custo final da obra, minimizar “surpresas” que em regra implicam alterações ao projecto, derrapagens de prazos e em particular, custos adicionais do valor final da obra.

O conhecimento das propriedades geomecânicas dos maciços onde se prevê construir um reservatório ou onde se vai instalar determinado adutor é uma das condições, talvez a primeira, que mais contribui para o sucesso da obra, contribuindo desde o início, para a elaboração de um projecto ajustado e enquadrado, que estabelece uma concordância total entre a estrutura e as condições existentes e depois, em fase de Obra, permite uma construção mais segura, com menor risco de acidente.

Por outro lado o CCP – Código da Contratação Pública, DL 18/2008 de 29 de Janeiro, alínea b), n.º 5, artº 43º e Portaria n.º 701H/2008 de 29 de Julho, estabelece que os estudos geológicos e geotécnicos devem acompanhar, sempre que tal, se revele necessário, o projecto de execução.

A determinação das características geológicas do solo a que se refere a alínea b) do n.º 5, constitui uma operação essencial à preparação e desenvolvimento da Obra, quer no que concerne ao seu projecto e concepção, como à sua realização.

Frequentemente, surgem problemas entre os donos de obra e os empreiteiros no decurso das mesmas, sempre que se desconhecem as características do solo, resultante da inexistência de estudos geológicos. Por isso, há que evitar esse risco, diminuindo a incerteza respeitante à natureza do solo e ao seu comportamento após a construção e sobretudo aos desvios orçamentais e de prazo, tão comuns nas empreitadas de obras públicas e particulares.

5.2 A importância dos ensaios não destrutivos em reservatórios de água potável

5.2.1 Introdução aos ensaios não destrutivos

A reabilitação de infra-estruturas, representa na maioria dos países da Europa uma percentagem importante da actividade do sector da construção civil. Em Portugal, nos últimos anos tem vindo a verificar-se um abrandamento significativo da construção de estruturas novas, e uma consciência crescente da necessidade de reabilitar o parque de construções existente. Os reservatórios de água potável não são excepção, e por isso, assumem um papel importante no contexto da construção, conservação e reabilitação. Para além deste facto, as perdas de água decorrentes de anomalias podem representar valores muito elevados na “factura” das entidades concessionárias, que importa reduzir cada vez mais.

A elaboração do projecto de reabilitação de um reservatório, para além da revisão do projecto inicial, exige a caracterização da estrutura existente. Neste contexto, torna-se necessário proceder ao levantamento dos seus elementos construtivos, e no caso de estruturas de betão armado, à identificação das armaduras, inseridas no interior do betão, à determinação da resistência mecânica de ambos os materiais e eventuais anomalias constituintes. Também é necessário, proceder à avaliação do estado de conservação da estrutura. Esta avaliação baseada numa inspecção visual, no âmbito da qual deverá ser despistada parte significativa das eficiências estruturais, poderá ser complementada por diversos ensaios.

O objectivo dos ensaios não destrutivos (NDT) é avaliar as propriedades dos materiais antes de ocorrer qualquer falha, baseando a sua avaliação num critério de aceitação reconhecido ou, perfis de degradação, definidos ao longo de anos de experiência, ao mesmo tempo que se assegura a qualidade e desempenho da estrutura, ainda durante o processo de exploração.

Os ensaios não destrutivos consistem na realização de um conjunto de testes aos materiais para identificar possíveis danos estruturais que comprometam o seu desempenho durante a sua exploração.

5.2.2 Estado da arte

É um facto que as referências a casos de aplicação de ensaios não destrutivos a infra-estruturas hidráulicas tais como reservatórios, não são muitas, mesmo a nível mundial. No entanto, a necessidade de planos de manutenção das infra-estruturas existentes, bem como algumas abordagens para uma legislação específica tem despertado interesse nesta temática. São conhecidos alguns casos práticos em Portugal, não de carácter preventivo, mas sim com acção correctiva, o que reforça a teoria da necessidade de acções preventivas, habitualmente mais económicas e menos intrusivas do que as acções correctivas.

5.2.3 Benefícios

A utilização de ensaios não destrutivos é uma alternativa interessante, uma vez que os métodos utilizados, são cada vez mais modernos, aumentando a precisão de análise. As principais vantagens dos ensaios não destrutivos são:

- Proporcionam pouco ou nenhum dano à estrutura;
- Poderem ser aplicados com a infra-estrutura em uso;
- Permitem a detecção de problemas num estágio inicial;
- Redução de custos;
- Maior segurança;
- Melhoria e optimização do desempenho.

5.3 Alguns exemplos de ensaios não destrutivos

São vários os ensaios não destrutivos que podem ser aplicados no apoio às inspecções de reservatórios, dos quais se destacam quatro, que parecem mais importantes:

- **Medição do recobrimento das armaduras**

A tecnologia de medição do recobrimento das armaduras é uma técnica bastante antiga e que proporciona resultados bastantes fiáveis. O equipamento utilizado tem como nome “covermeter. Todavia, é cada vez mais frequente a utilização do georadar (GPR) que em conjunto com software adequado, fornece informação muito mais completa e precisa.

Esta análise é de grande importância, uma vez que o recobrimento das armaduras é fulcral para a sua protecção em ambientes muito agressivos, tais como os reservatórios.

- **Avaliação da corrosão de armaduras**

A corrosão é uma das patologias mais frequente em estruturas de betão armado. Tal patologia afecta directamente o desempenho dos elementos estruturais, pelo que é fundamental a sua avaliação de uma forma preventiva. Os principais métodos utilizados são os seguintes:

- Medição da corrosão activa, pelo método de potenciais eléctricos;
- Método da polarização;
- Método da resistência do betão.

- **Definição geométrica de elementos estruturais**

A geometria das estruturas tais como, espessuras de parede ou de pavimentos são muito importantes numa análise estrutural. Juntamente com outras informações relativas às características mecânicas dos materiais, diâmetros e números de armaduras, permitem melhorar substancialmente a calibração de um método de cálculo de uma estrutura.

Estes elementos podem ser obtidos por métodos sónicos ou com georadar (GPR).

- **Caracterização mecânica dos materiais**

A avaliação “in-situ” das propriedades mecânicas dos materiais é o/um indicador que nos permite estimar valores como a resistência à compressão de betões. Apesar de proporcionar um indicador, estes métodos são muito úteis para avaliar a homogeneidade de materiais, que são fundamentais para correlacionar informações de ensaios laboratoriais. O método mais frequente é o esclerómetro de ultra-sons.

5.4 Listagem de ensaios para obras no interior de reservatórios

5.4.1 Reservatórios novos

- Teste de arrancamento “pull-off” na aplicação de argamassas e de revestimento cimentícios;
- Controlo de espessuras de pinturas em suportes metálicos (ultra-sons);
- Controlo de espessuras de pinturas em suportes de betão (método semi-intrusivos);
- Controlo de espessuras dos revestimentos cimentícios (método semi-destrutivo);
- Determinação da localização e recobrimento de armaduras (Pacómetro ou similar);
- Resistência superficial do betão e/ou argamassas (esclerómetro) complementado por extracção de carotes;
- Medição da humidade no suporte (na aplicação de tintas epóxi);
- Medição do ponto de orvalho (em cumprimento com fichas técnicas dos fabricantes);
- Controlo e Medição da inclinação da laje de fundo.

5.4.2 Reabilitação de reservatórios

- Teste de arrancamento “pull off” na aplicação de argamassas e de revestimento cimentícios;
- Controlo de espessuras de pinturas em suportes metálicos (ultra-sons);
- Controlo de espessuras de pinturas em suportes de betão (método semi-intrusivos);
- Controlo de espessuras dos revestimentos cimentícios (método semi-destrutivo);
- Determinação da localização e recobrimento de armaduras (Pacómetro ou similar);
- Resistência superficial do betão e/ou argamassas (esclerómetro) complementado por extracção de carotes;
- Medição da humidade no suporte (na aplicação de tintas epóxi);
- Medição do ponto de orvalho (em cumprimento com fichas técnicas dos fabricantes);
- Controlo e Medição da inclinação da laje de fundo.
- Medição da espessura da laje de fundo;
- Medição do potencial de corrosão das armaduras.

5.5 Observações

Os ensaios não destrutivos constituem uma ferramenta importante no apoio aos estudos de reabilitação e às inspecções.

A falta de “cadastro técnico” originado pela idade de alguns reservatórios, obriga muitas vezes a intervenções mais conservadoras e dispendiosas. Tal facto, reforça a necessidade de ensaios não destrutivos que conjuntamente com outras análises, tornam as intervenções mais fiáveis e económicas.

O sucesso destas avaliações, resulta muito da interpretação dos resultados, pelo que a experiência dos operadores, bem como dos técnicos que realizam os relatórios é um ponto-chave, nestes ensaios.

5.6 Exemplo da aplicação de ensaios não destrutivos

Relatório de inspecção e ensaios

Reservatório da Portela

Local da realização: Reservatório Novo da Ramada

Tipo de obra: Inspeção e Ensaios Não destrutivos

Objecto: Inspeção interior do Reservatório da Portela de Sacavém	Datas de:	
	Realização de ensaio	21-01-10
	Relatório	28-01-10

5.6.1 Introdução

Foi acordado entre os Serviços Municipalizados de Loures e uma empresa externa colaborar na realização de inspecções e ensaios no Reservatório da Portela. As Inspeções e Ensaios decorreram no dia 21 de Janeiro de 2010, aproveitando o seu esvaziamento para os trabalhos anuais de limpeza e higienização. Perante a falta de escoamento no pavimento, realizou-se apenas uma campanha de ensaios nos pilares e nas paredes do reservatório.

5.6.2 Objectivo

Pretende-se com o presente trabalho, avaliar o estado interior do reservatório, mediante utilização de ensaios não destrutivos e estabelecer uma base de apoio para a manutenção da infra-estrutura.

5.6.3 Descrição e caracterização da estrutura em análise

A estrutura em análise é um reservatório circular com 30 metros de diâmetro e 5,00 metros de altura. Existem 21 pilares quadrados com uma secção de 30 x 30 cm e um capitel na ligação à laje.



Fig. 70 – Interior do reservatório da Portela

O revestimento interior é inexistente nos pilares e não perceptível ao nível das paredes.

5.6.4 Documentação de referência

As medições foram realizadas com base nas seguintes normativas:

- Norma NP EN 12504-2 de 2003 – Ensaio do betão nas estruturas, Parte 2: Ensaio não destrutivo – Determinação do índice esclerométrico
- BS 1881: Part 204:1988 “Testing concrete – Recommendations on the use of electromagnetic covermeters”.

5.6.5 Equipamentos utilizados

5.6.5.1 Esclerómetro

O ensaio esclerométrico permite obter no local de uma forma não destrutiva, a resistência à compressão superficial de elementos de betão. Os valores obtidos são representativos de uma espessura até 5 cm. Apesar desta restrição, o ensaio permite avaliar também a homogeneidade do betão. O equipamento utilizado é o esclerómetro do tipo de Schmidt. Pressionando o veio de compressão do esclerómetro contra a superfície de betão a ensaiar, comprime-se uma mola interior do equipamento, logo que o veio atinge o fim do seu curso, é libertada, instantaneamente, uma massa que choca com a sua extremidade interior. O choque é transmitido à superfície de ensaio, a qual reage, provocando um ressalto. Quanto mais dura e compacta for a superfície do betão, maior será o ressalto. O valor de referência obtido, através da escala do aparelho – índice esclerométrico permite avaliar o valor da resistência à compressão do betão, tendo em conta o ângulo entre o eixo longitudinal do esclerómetro e a superfície ensaiada. O esclerómetro utilizado é do tipo analógico e é complementado por uma bigorna de calibração que permite no fim de cada campanha de ensaios calibrar o equipamento.

5.6.5.2 Pacómetro

A detecção de armaduras é realizada com recurso a um equipamento portátil electromagnético. O equipamento utilizado designa-se por pacómetro e é composto por uma unidade central e as respectivas sondas de diferentes alcance.

5.6.6 Descrição geral dos trabalhos realizados

Os trabalhos foram realizados nas seguintes zonas do reservatório, de acordo com a planta esquemática em anexo, figura 75:

- Pilar 2
- Pilar 10
- Pilar 13
- Paredes

5.6.6.1 Levantamento das estruturas e suas patologias

Na presente análise detectaram-se as seguintes anomalias:

- Erosão ao nível de todos os pilares



Fig. 71 – Erosão nos pilares

- Fissuração do tecto



Fig. 72 – Fissuração no tecto

- Corrosão das armaduras no tecto



Fig. 73 – Armadura à vista e corrosão

- Falta de capacidade de escoamento no pavimento

5.6.6.2 Determinação da resistência do betão

Com recurso a um esclerómetro analógico, conforme descrito no capítulo anterior, avaliou-se a resistência superficial de uma forma qualitativa e numa zona firme e sem qualquer tipo de anomalias, que pudesse eventualmente prejudicar o correcto desenrolar do ensaio. Estes ensaios realizaram-se nos pilares P2, P10 e P13. A escolha deste pilares foi motivada pela diferença de degradação que cada um apresentava. O pilar P13 apresentava muito erosão superficial, o pilar P2 alguma erosão e o P10 aparentava estar em melhores condições que os anteriores. Foram realizados nas paredes vários testes, de uma forma aleatória, tendo-se verificado valores muito próximos em toda a sua extensão. Tal facto, indicia um suporte homogêneo.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

Quadro 7 – Resultados da resistência do betão

Zona de Ensaio	Índice esclerométrico medido no esclerómetro (Valor em MPa)							Valor Médio
Pilar P2	30	32	28	28	31	30	24	29
Pilar P10	32	34	32	32	30	32	28	31,43
Pilar P13	28	29	32	30	34	26	31	30
Paredes	26	25	30	29	28	26	30	27,71

Utilizando o ábaco do índice esclerométrico, verifica-se que a resistência à compressão para uma leitura efectuada com o respectivo ângulo é de (ver anexo 1 deste sub-capítulo):

Zona 1: 22,5 MPa

Zona 2: 27 MPa

Pilar: 24 MPa

Parede 1: 21 MPa

5.6.6.3 Determinação do recobrimento das armaduras

Foram realizadas várias leituras do recobrimento e obteve-se um valor médio de 29 mm

	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 4	Leitura 5	Leitura 6	Leitura 7	Leitura 8	Leitura 9	Leitura 10
Recob.	32 mm	24 mm	36 mm	23 mm	14 mm	45 mm	17 mm	41 mm	-	-

Nota: Realizaram-se duas leituras em cada face do pilar

Pilar P10:

Foram realizadas várias leituras do recobrimento e obteve-se um valor médio de 29,5 mm

	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 4	Leitura 5	Leitura 6	Leitura 7	Leitura 8	Leitura 9	Leitura 10
Recob.	32 mm	29 mm	31 mm	31 mm	10 mm	12 mm	45 mm	46 mm	-	-

Nota: Realizaram-se duas leituras em cada face do pilar

Pilar P13:

Foram realizadas várias leituras do recobrimento e obteve-se um valor médio de 31,1 mm

	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 4	Leitura 5	Leitura 6	Leitura 7	Leitura 8	Leitura 9	Leitura 10
Recob.	38 mm	41 mm	23 mm	23 mm	27 mm	31 mm	32 mm	34 mm	-	-

Nota: Realizaram-se duas leituras em cada face do pilar

Parede (Adjacente ao pilar P13):

Foram realizadas várias leituras do recobrimento e obteve-se um valor médio de 46,9 mm

	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 4	Leitura 5	Leitura 6	Leitura 7	Leitura 8	Leitura 9	Leitura 10
Recob.	53 mm	52 mm	46 mm	48 mm	46 mm	52 mm	50 mm	42 mm	38 mm	42 mm

Embora não houvesse acesso para analisar o tecto, foi possível verificar em alguns pontos na zona de acesso ao reservatório, onde se verificou um recobrimento muito baixo (inferior a 15 mm) e com armaduras à vista em algumas zonas.

5.6.7 Conclusões

Embora a realização do ensaio tenha sido limitada pela altura de água no fundo do reservatório, foi possível realizar alguns ensaios que são conclusivos.

- O recobrimento nos pilares é em alguns pontos baixo, no entanto, não é directamente proporcional ao desgaste superficial.
- Os pilares ensaiados apresentam homogeneidade no que concerne a sua resistência superficial.
- As paredes apresentam à semelhança dos pilares homogeneidade e alguma consistência.
- Embora não fosse possível ensaiar, o tecto apresenta um elevado nível de degradação, sendo mais importante na envolvente dos capitéis.
- Verifica-se o transporte de sais pelas fissuras no tecto.
- O escoamento no pavimento e ao nível das tubagens não é eficiente.

Ábaco de correlação do ensaio esclerométrico

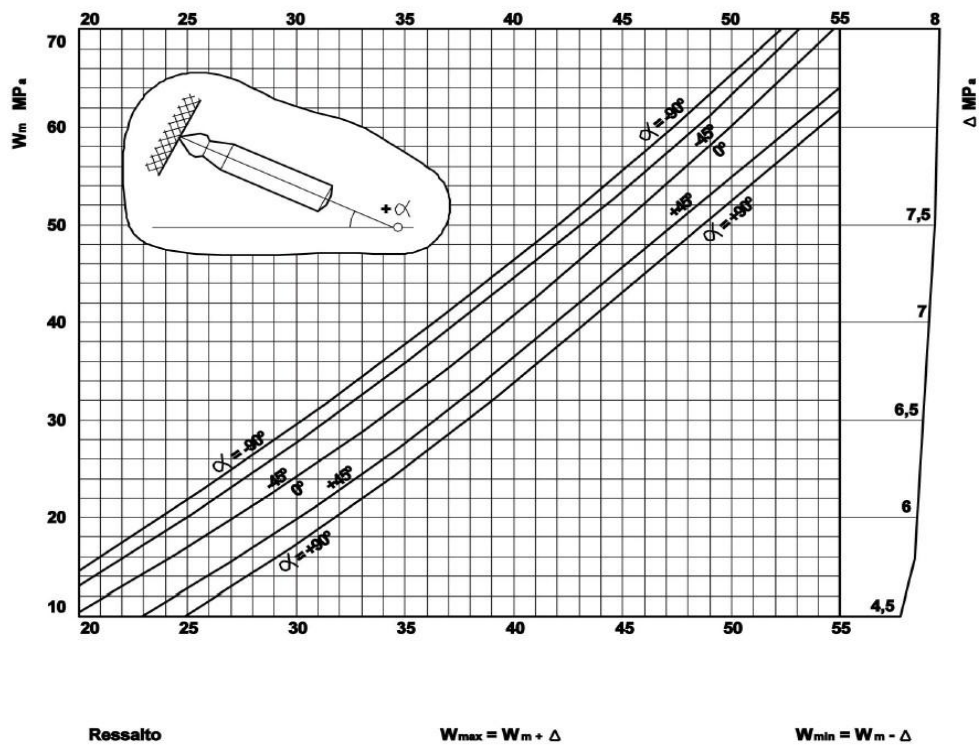


Fig. 74 - Ábaco de correlação do ensaio esclerométrico [21]

Planta esquemática do reservatório na Portela de Sacavém [17]

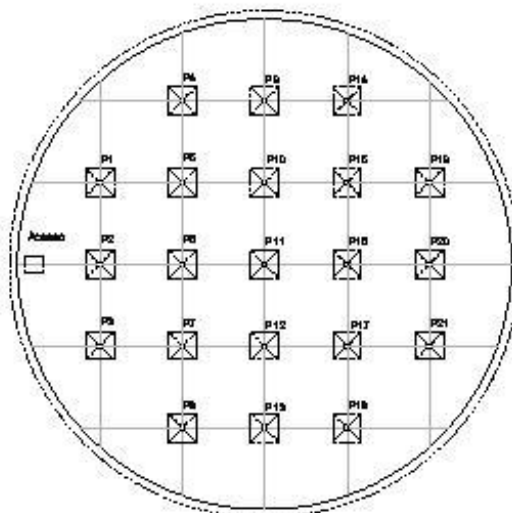


Fig. 75 - Planta esquemática do reservatório na Portela de Sacavém

CAPÍTULO 6

CASOS DE ESTUDO

6.1 Lavagem e desinfecção dos reservatórios de água potável nos SMAS de Loures: critérios de graduação das patologias

A preservação da qualidade de uma água de abastecimento é complexa, pois é virtualmente impossível a qualquer Serviço Público de Abastecimento de Água, garantir como seria desejável, que as características organolépticas, químicas e bacteriológicas de uma água permaneçam inalteráveis da origem ao consumidor. Na prática, constata-se que estas modificações se verificam com alguma frequência, devendo atribuir-se aos seguintes fenómenos:

- Formação de um revestimento “biológico” composto por lamas e organismos vivos (algas, moluscos, etc.) nas superfícies internas das condutas;
- Roturas frequentes nas tubagens, ocasionando a entrada de lamas e águas sujas;
- Irregularidades nas paredes internas das condutas e reservatórios, devido às características das águas: águas incrustantes (deposição de calcários), águas corrosivas (desgaste do material) e que servindo de “nicho protector” às bactérias, dificultam o contacto com o desinfectante;
- Existência de Fitoplâncton e Zooplâncton nos reservatórios, que favorecem a proliferação de microrganismos, devido à cedência de nutrientes;
- Deficiente protecção dos reservatórios, contra a entrada de insectos, roedores, pássaros, etc., ocasionado pela destruição total ou parcial da rede, que protege os ventiladores;
- Problemas de impermeabilização nas lajes de cobertura dos reservatórios e a consequente entrada de água, através da fissuração existente.

Assim, e a fim de evitar situações que se poderão traduzir por graves alterações na qualidade da água, são frequentemente adoptadas medidas correctivas e preventivas, baseadas no tratamento de correcção química (desinfecção) e relacionadas com a limpeza e conservação dos órgãos do sistema de distribuição. De facto, a limpeza e a manutenção dos reservatórios e respectivos órgãos de funcionamento, são importantes no âmbito da qualidade, pois é principalmente, durante a permanência nestes órgãos que a água, sob a influência de diversos factores, se poderá degradar, com particular destaque para o óxido de ferro, devido à corrosão instalada nos materiais ferrosos.

6.1.1 Passado e presente dos SMAS de Loures

Tendo por base a problemática exposta anteriormente, a higienização dos reservatórios tem vindo a ser alvo de uma preocupação crescente, por parte dos SMAS de Loures, desde há já quase 30 anos, tendo desde o início uma contínua evolução até aos dias de hoje. É uma constante, cada vez mais aceite, o carácter indissociável do binómio manutenção, reabilitação e higienização das estruturas/qualidade da água, uma vez que o reforço da desinfecção, realizado em diversos locais da rede de abastecimento, por si só, é por vezes

insuficiente, devendo ser complementado, pela implementação de um programa de intervenções, seguindo critérios bem definidos, de forma a garantir a distribuição de uma água com características organolépticas, químicas e microbiológicas de acordo com as Normas de Qualidade.

Durante a década de 80 e meados da década de 90, as intervenções baseavam-se quase exclusivamente, na higienização destas estruturas de apoio à rede, com a realização de pequenas obras de manutenção de carácter pontual. O número de intervenções era reduzido, não havendo, grande disponibilidade de meios quer humanos quer materiais a afectar, tendo o mesmo sido adjudicado a entidades externas aos SMAS de Loures. Denotava-se um forte constrangimento a esta actividade, nomeadamente no que concerne à necessidade de colocar momentaneamente, fora de serviço, estas estruturas com o menor impacto possível sobre a população abastecida. Esta foi a razão pela qual a periodicidade de higienizações, foi definida de 2 em 2 anos (reservatórios de dupla célula) e 4 em 4 anos (reservatórios de célula única).

No final da década de 90, os SMAS de Loures passaram a realizar internamente esta actividade, graças ao esforço desenvolvido na dotação de meios afectos e ao “know-how”, entretanto adquirido. Para tal, foi criada uma equipa composta pelas duas Divisões intervenientes (Divisão Exploração de Águas e Divisão de Tratamento e Análise de Águas Potáveis), sendo que a primeira teria como responsabilidade a realização das manobras na rede de distribuição à realização da intervenção e a disponibilização dos meios humanos requeridos, a segunda teria a seu cargo a dotação dos equipamentos e produtos necessários, bem como, supervisionar/executar a intervenção de desinfecção.

A partir de 2000, o crescente relacionamento de cooperação entre as duas Divisões referidas com responsabilidades nesta actividade, a evolução dos sistemas de abastecimento (*permitindo a intervenção de higienização num número mais alargado de reservatórios*), a maior dotação de meios humanos e materiais e o crescente envolvimento por parte da Administração dos SMAS de Loures, culminou com a decisão de desenvolver um **Plano de Inspeção, Manutenção e Conservação de Reservatórios**.

Este novo plano contemplou uma 3ª valência de acção, constituída pela Divisão de Construção Civil, que avalia e realiza as obras de carácter urgente, num curto intervalo de tempo (2h/3h) antes de se iniciar a lavagem e desinfecção dos reservatórios.

São também diagnosticadas as patologias nas estruturas de betão, bem como em todos os órgãos que estão instalados no seu interior e exterior. É comum a utilização de vários ensaios não destrutivos, durante as duas horas que antecedem a limpeza para podermos programar com tempo as acções de reabilitação que se impõe, sem pôr em causa o normal abastecimento da rede de distribuição nos concelhos de Loures e Odivelas.

6.1.2 Plano de Inspeção, Manutenção e Conservação de Reservatórios Responsabilidades

A implementação de um plano desta natureza, e dada a existência de uma equipa multi-disciplinar, obriga a uma correcta definição das responsabilidades dos intervenientes, que tem por base a autonomia da equipa.

Assim, foram criados determinados critérios, que permitem o processamento da actividade, dependendo apenas das respectivas chefias de Divisão.

- Divisão de Exploração de Água é a responsável pela exploração do sistema de distribuição;
 - Definição dos graus de impacto, causados pela colocação fora de serviço, de um determinado reservatório, quando ocorre uma operação de manutenção, reparação e limpeza;
 - Promover os contactos com o Gabinete de Imagem e Comunicação, de modo a prevenir a população afectada, pelo eventual corte de abastecimento, durante a realização da intervenção;
 - Promover os contactos com a Protecção Civil de forma a ser disponibilizado pelos bombeiros um autotanque com motobomba e reservatório em inox, para que seja possível realizar a lavagem dos reservatórios de maiores dimensões ou aqueles em que não existe toma de água disponível.

- Divisão de Tratamento e Análise de Águas Potáveis é responsável pelo tratamento e pela monitorização da qualidade da água distribuída;
 - Definição dos critérios, para as operações de lavagem dos reservatórios dos Concelhos de Loures e Odivelas;
 - Promover a lavagem de reservatórios, tendo em conta o encadeamento destes, durante a distribuição de modo que a intervenção ocorra sempre, no reservatório a montante daquele que irá ser lavado.

- Divisão de Construção Civil é responsável pela avaliação das principais patologias e execução de todas as obras necessárias à manutenção das estruturas.
 - Definição dos critérios para a realização das operações de manutenção / reparação dos reservatórios dos Concelhos de Loures e Odivelas;

- Em conjunto, as três Divisões procedem à:
 - Definição das datas de lavagem;
 - Elaboração de um plano de intervenções nos reservatórios dos Concelhos de Loures e Odivelas, o qual será renovado, de forma automática de dois em dois anos;
 - Criação de uma base de dados em suporte informático, com acesso de modificação restrito, aos membros do grupo de trabalho, para consulta rápida a todas as partes interessadas.

Note-se, que por razões técnico-económicas, e ainda que existam meios próprios para o efeito, foi salvaguardada a hipótese de, em determinadas situações, recorrer a entidades externas para procederem às intervenções mais profundas, como sejam a impermeabilização do interior e reparação dos reservatórios.

6.1.3 Critérios de intervenção

Na elaboração dos critérios de intervenção foram considerados os seguintes aspectos:

- Do ponto de vista da exploração do sistema de abastecimento:
 - Graus de dificuldade relativos à lavagem dos reservatórios;
 - A perturbação nas áreas de influência de cada reservatório;
 - A dependência a jusante de outros reservatórios;
 - O tempo para a recuperação do reservatório.
- Do ponto de vista de intervenções que envolvam obras de construção civil:
 - Patologias evidenciadas pela inspeção na sua estrutura;
 - Características técnicas relativas à intervenção;
- Do ponto de vista da manutenção da qualidade da água distribuída:
 - Manutenção da qualidade da água em todas as fases do processo de exploração do sistema de abastecimento;
 - Na generalidade dos casos a lavagem e a manutenção das superfícies interiores de um reservatório, prevenirá todas as patologias indicadas.

6.1.4 Critérios de exploração do sistema de abastecimento de água

Quadro 8 – Grau de perturbação [17]

Grau de Dificuldade	Descrição	Definição	Tempo de Recuperação
3	Elevada perturbação	+ de 2 reservatórios a jusante	± 20 Horas
2	Média perturbação	2 Reservatórios a jusante	± 10 Horas
1	Mínima perturbação	1 Reservatório a jusante	± 4 Horas
0	Alguma perturbação	Pequena área de influência / 2 reservatórios	±2 Horas

6.1.5 Critérios de graduação de patologias de intervenção de construção civil

Quadro 9 – Tipos de patologias [17]

Grau de deterioração	Descrição das Patologias	Tipo de Reparação
Tipo I Reduzido	Apenas com alguns problemas de corrosão na laje de cobertura Pintura exterior fissurada	Tratamento pontual de corrosão e pintura Pintura parcial ou total exterior com tinta adequada a cada caso
Tipo II Médio	Com problemas ligeiros de corrosão na cobertura, paredes, laje de fundo, tubagens, escadas e acessórios Fissuração na parede e laje de fundo que não permita a perda de água Fissuração exterior	Revestimentos anti-corrosão Tratamento das juntas de betonagem Duas demãos de tinta compatível com água potável com 4 mm de espessura no interior Argamassa impermeabilizante. Argamassas cimentícias inorgânicas com boa impermeabilidade à água, até uma pressão de 1,5bar, aprovadas para água potável.
Tipo III Elevado	Com problemas graves de corrosão na cobertura, paredes, laje de fundo, tubagem, grelhas de ventilação, escadas e acessórios Fissuração na parede e laje de fundo que permita a perda de água Fissuração exterior Perda de água	Revestimentos anti-corrosão Tratamento das juntas de betonagem Substituição de escadas interiores em inox ou pultrudido. Argamassas impermeabilizantes com 4 mm de espessura Duas demãos de tinta compatível com água potável com 400µ de espessura no interior Pintura exterior com uma demão de tinta texturada e duas demãos com membrana Argamassa impermeabilizante. Argamassas cimentícias inorgânicas com boa permeabilidade à água, até uma pressão de 1,5bar, aprovadas para água potável.

6.1.6 Critérios de graduação: patologias relacionadas com qualidade da água

Quadro 10 – Tipo de patologias [17]

Tipo	Descrição	Carácter
TIPO I	<ul style="list-style-type: none">• Revestimento “biológico” nas superfícies do reservatório;• Formação de incrustações ao nível da linha de água, devidas à deposição de óxidos metálicos, como o ferro e o manganês;• Presença de lamas e outros detritos no fundo do reservatório.	Programável
TIPO II	<ul style="list-style-type: none">• Para além das mencionadas no TIPO I;• Necessidade de intervenção a nível do revestimento interior, de modo a eliminar irregularidades, impedindo a formação de “nichos protectores” às bactérias, dificultando o contacto com o desinfectante.	Programável
TIPO III	<ul style="list-style-type: none">• Para além das mencionadas no TIPO I e II;• Existência de Fitoplâncton e Zooplâncton	Urgente
TIPO IV	<ul style="list-style-type: none">• Alterações significativas nos parâmetros indicadores da qualidade da água armazenada.	Urgente

6.1.7 Tipo de intervenções / Periodicidade

Para o referido plano foi estabelecida uma periodicidade bianual, permitindo a intervenção na totalidade dos reservatórios de abastecimento da rede de distribuição dos Concelhos de Loures e Odivelas, duas vezes por semana, durante o período compreendido entre Novembro e Abril, excepto nas situações em que os reservatórios se enquadrem no Nível 0, dos critérios mencionados no quadro 8, previsto anteriormente. Estes poderão sofrer intervenções programadas em qualquer momento.

O accionamento do plano será sempre realizado por parte da DMA, durante o mês de Outubro de cada ano, para que possa ser aprovado superiormente.

Salienta-se ainda que dadas as responsabilidades definidas no ponto 6.1.2. poderão as Divisões intervenientes em qualquer momento, propor a lavagem de um determinado reservatório, pela necessidade de intervenção no âmbito das suas competências, e só após reunidas as condições necessárias e mediante o aval da DMA a equipa executará a intervenção.

6.1.8 Custo das intervenções

Embora o plano contemple uma estimativa dos custos relativos à mão-de-obra, reagentes, material de desgaste rápido e manutenção dos equipamentos, a variabilidade inerente a estas intervenções veio demonstrar ser difícil orçamentá-los previamente. No entanto, são registados os dados necessários e comparados com os anos anteriores de modo a melhorar a relação do custo.

Patologias mais relevantes e custos associados

Em função do tipo de patologias já conhecidas e com base nos custos de obras já realizadas nos SMAS de Loures, por empresas da especialidade, foram encontrados preços unitários, para estimar o valor global a prever no plano orçamental do triénio.

Quadro 11 – Atribuição de grau de deterioração [17]

Grau	Tipo
I	Reduzida
II	Média
III	Elevado

Quadro 12 – Atribuição de custo/m³, em função do grau de deterioração [17]

Capacidade (m ³)		I	II	III
100	1000	30 €	50 €	75 €
1001	2500	20 €	40 €	60 €
2501	5000	10 €	20 €	30 €
5001	10000	8 €	10 €	15 €

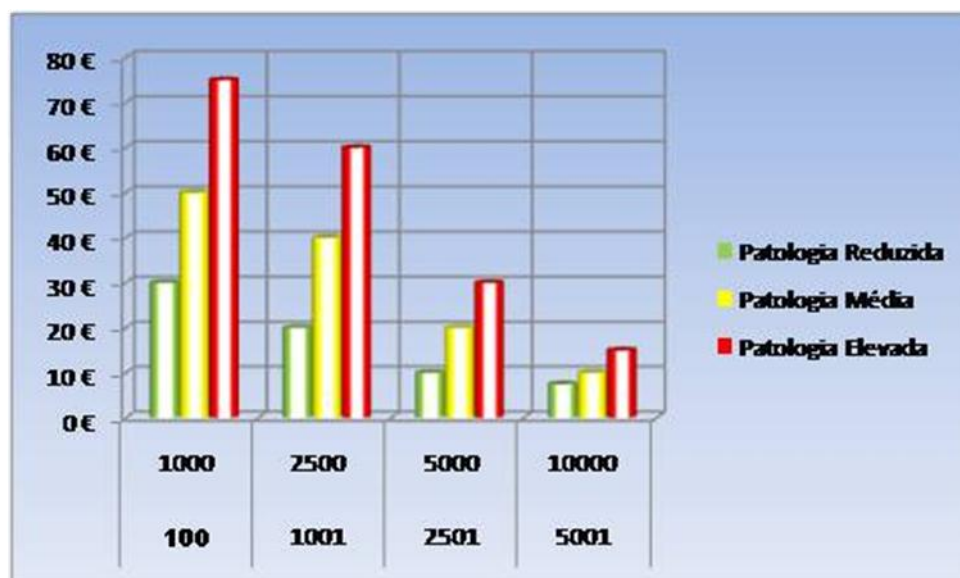


Fig. 76 – Gráfico dos custos estimados, segundo o grau de deterioração [17]

Quadro 13 – Listagem das patologias identificadas em 27 reservatórios [17]

ESTAÇÃO	CAP.	Ano	Revestimento degradado	Existência de Fissuras	Estado dos acessórios	Impermeabilização cobertura	Grau Patologia	Custo/m3
BUCELAS	100m3	1967	0	1	0	0	3	7.500 €
MONINHOS	100m3	1970	1	1	1	0	2	5.000 €
STA.IRIA ZA	150m3	1967	1	1	1	0	2	7.500 €
TORRE DOS TROTES	200m3	1976	1	1	0	0	2	10.000 €
VILA NOVA	200m3	1970	0	1	0	0	1	6.000 €
CANEÇAS ZB	230m3	1968	1	1	1	0	2	11500
ALTO DA BOAVISTA	500m3	1974	1	1	1	1	2	25.000 €
CANEÇAS ZM CD	250m3	1968	1	1	1	0	2	12.500 €
CANEÇAS ZM CE	250m3	1968	1	1	1	0	2	12.500 €
LOUSA ZB	500m3	1975	1	1	0	1	2	25.000 €
ODIVELAS	1.500m3	1977	1	1	0	1	3	90.000 €
POMARINHO CD	750m3	1973	1	1	0	0	2	37.500 €
POMARINHO CE	750m3	1973	1	1	0	1	2	37.500 €
CASAL BISPO	2.000m3	1992	1	0	0	1	3	120.000 €
CASAL SILVEIRA	2.000m3	1987	0	0	0	0	3	120.000 €
LOURES ZA CE	1.000m3	1966	0	1	0	1	1	30.000 €
PEDERNAIS	2.700m3	1990	1	1	0	1	3	81.000 €
CODIVEL ZA CD	1.500m3	1980	1	1	0	1	2	60.000 €
CODIVEL ZA CE	1.500m3	2001	1	0	0	1	1	60.000 €
PORTELA	3.000m3	1974	1	1	1	1	2	60.000 €
QTA.DAS PRETAS	3.000m3	1980	1	1	0	1	3	90.000 €
LOURES ZB CD	2.250m3	1966	1	0	1	1	3	135.000 €
LOURES ZB CE	2.250m3	1966	1	0	1	1	3	135.000 €
B. FRATERNIDADE	5.000m3	1980	1	1	1	1	3	150.000 €
CALDEIRA	5.000m3	1980	1	0	1	0	3	150.000 €
MAROITAS CE	1.750m3	1985	1	0	1	0	3	105.000 €
S.ANT. CAVALEIROS CD	10.000m3	1980	1	1	1	1	3	150.000 €

Quadro 14 – Listagem dos reservatórios sem patologias [17]

ESTAÇÃO	CAP.	Ano	Revestimento degradado	Existência de Fissuras	Estado dos acessórios	Impermeabilização cobertura	Grau Patologia	Custo/m3
ARNEIROS								
B. S. JOSE GALVÃO								
LUGAR DE ALÉM								
PARADELA								
PONTINHA								
S.JULIÃO TOJAL	3m3							
CASAL COVÃO	5m3							
BAIRRO DAS COROAS	8m3							
TOCADELOS	8m3							
CASAIS MTE.GORDO	10m3							
VALE GRANDE	13m3							
ARCO MARIA TERESA	20m3							
VALE FORNO	20m3							
GALEÃO	25m3							
FRIELAS	45m3							
MONJÕES	56m3							
FETAIS	70m3							
A-DAS-LEBRES ZA	100m3	1968						
AMOREIRA ZS	100m3	1969						
BOIÇÃO	100m3	1969						
BOLORES	100m3	1970						
FANHÕES ZA	100m3	1969						
VALE NOGUEIRA ZB	100m3	1973						
VALE NOGUEIRA ZM	100m3	1973						
CANEÇAS ZA	150m3	1968						
FREIXIAL ZA	200m3	1972						
TORRE DA BESOEIRA	200m3	1976						
CTT	250m3	2006						
LOUSA ZA	250m3	1975						
SERRA CHÃ	250m3	2005						
AMOREIRA ZA CD	200m3	2005						
AMOREIRA ZA CE	200m3	2005						
CATUJAL CD	200m3	2005						
CATUJAL CE	200m3	2005						
FREIXIAL ZB	400m3	1972						
LOUSA ZS	400m3	2004						
MURTEIRA CD	200m3	1975						
MURTEIRA CE	200m3	1975						
ZAMBUJAL ZA	400m3	1970						
GUERREIROS CD	100m3	1969						
GUERREIROS CE	100m3	1969						
A-DAS-LEBRES ZB	500m3	1968						
MANJOEIRA	500m3	1975						
MIGARRINHOS	500m3	1970						
PINTEUS	500m3	1975						
AMOREIRA ZB CD	500m3	2000						
AMOREIRA ZB CE	300m3	1968						
AMOREIRA ZM	1.000m3	1980						
ARROJA CD	500m3	1985						
ARROJA CE	500m3	2000						
BONS DIAS ZM	1.000m3	1998						
CAMARATE CD	500m3	2005						
CAMARATE CD	500m3	2005						
BONS DIAS ZA	2.000m3	1999						
CASAL NOVO	2.000m3	1996						
LOURES ZA CD	1.000m3	1998						
ALVITO	3.000m3	1997						
BONS DIAS ZB	3.000m3	1997						
MONTACHIQUE	3.250m3	1997						
EDEC ZA	5.000m3	2005						
STA.IRIA ZM	5.000m3	1985						
MAROITAS CD	3.500m3	2007						
S.ANT. CAVALEIROS CE	10.000m3	2006						

Estimativa dos custos de reabilitação e conservação dos reservatórios nos Concelhos de Loures e Odivelas

Tendo por base os valores expressos no quadro anterior, teremos a estimativa de custos para conservação e reabilitação dos 27 reservatórios nos dois Concelhos:

Dados: Total de consumidores: 168.884
Número de reservatórios nos Concelhos de Loures e Odivelas: 74
Capacidade de reserva: 100.000m³
Número de reservatórios com patologias nos graus I, II, III: 27 (36%)
Custo total da reabilitação: 1.733.500€

Conclusão

No futuro, perspectiva-se a continuidade destas intervenções com o reforço da componente ligada à conservação e reabilitação das diferentes patologias. São necessárias mais meios financeiros, melhoria dos equipamentos e da coordenação das equipas de trabalho.

6.2 Reabilitação de estruturas num reservatório de 10.000m³ em Santo António dos Cavaleiros

6.2.1 Introdução

A necessidade de preservar as estruturas em boas condições de operacionalidade e segurança, obrigou-nos a reabilitar, com carácter de urgência, 69 pilares no interior de um reservatório de água potável com 10.000m³. Estava em risco o colapso da sua cobertura, composta por uma laje pré-fabricada, assente em vigas pré-esforçadas, cujo apoio sobre os pilares quase desapareceu, pela delaminação do betão no topo desses pilares. Este processo ocorreu ao longo dos seus 23 anos de vida útil. A ausência de uma fiscalização atenta na fase de construção, foi responsável por esta anomalia grave.

Esta obra consistiu numa reabilitação estrutural, cujo objectivo era encontrar base de apoio sustentável para as vigas pré-fabricadas, que suportam a laje de cobertura, através da colocação de umas cintas de aço inox AISI 316L. Em seguida, foram aparafusadas no topo dos pilares em capitéis, de modo a garantir o reforço no apoio das vigas existentes.



Fig. 77 – Pilar superior do reservatório de Sto. António dos Cavaleiros [17]



Fig. 78 - Pilar superior do reservatório de Santo António dos Cavaleiros, após reabilitação [17]

6.2.2 Descrição dos trabalhos

- Os trabalhos de realização, incluíram a remoção do betão delaminado e a picagem do betão, envolvendo as armaduras corroídas, até se encontrar betão sem degradação. Na fase seguinte procedeu-se à decapagem das armaduras oxidadas com escovas de aço, conforme a EN1504.
- Seguiu-se a protecção e passivação das armaduras com a aplicação de duas demãos de revestimento anti-corrosivo, de base cimentícia, aprovado para o contacto com a água potável. Posteriormente, colocou-se argamassa monocomponente, inorgânica para reparação e impermeabilização. Tem elevada resistência à carbonatação e está isenta de eflorescências, formando uma camada superficial de protecção com 6 a 10mm de espessura, em conformidade com a NP EN1504.
- Finalmente, foram colocadas duas cintas aparafusadas no topo de cada pilar, em inox AISI316L, em forma de capitel. [15]

6.2.3 Planeamento das actividades de reabilitação

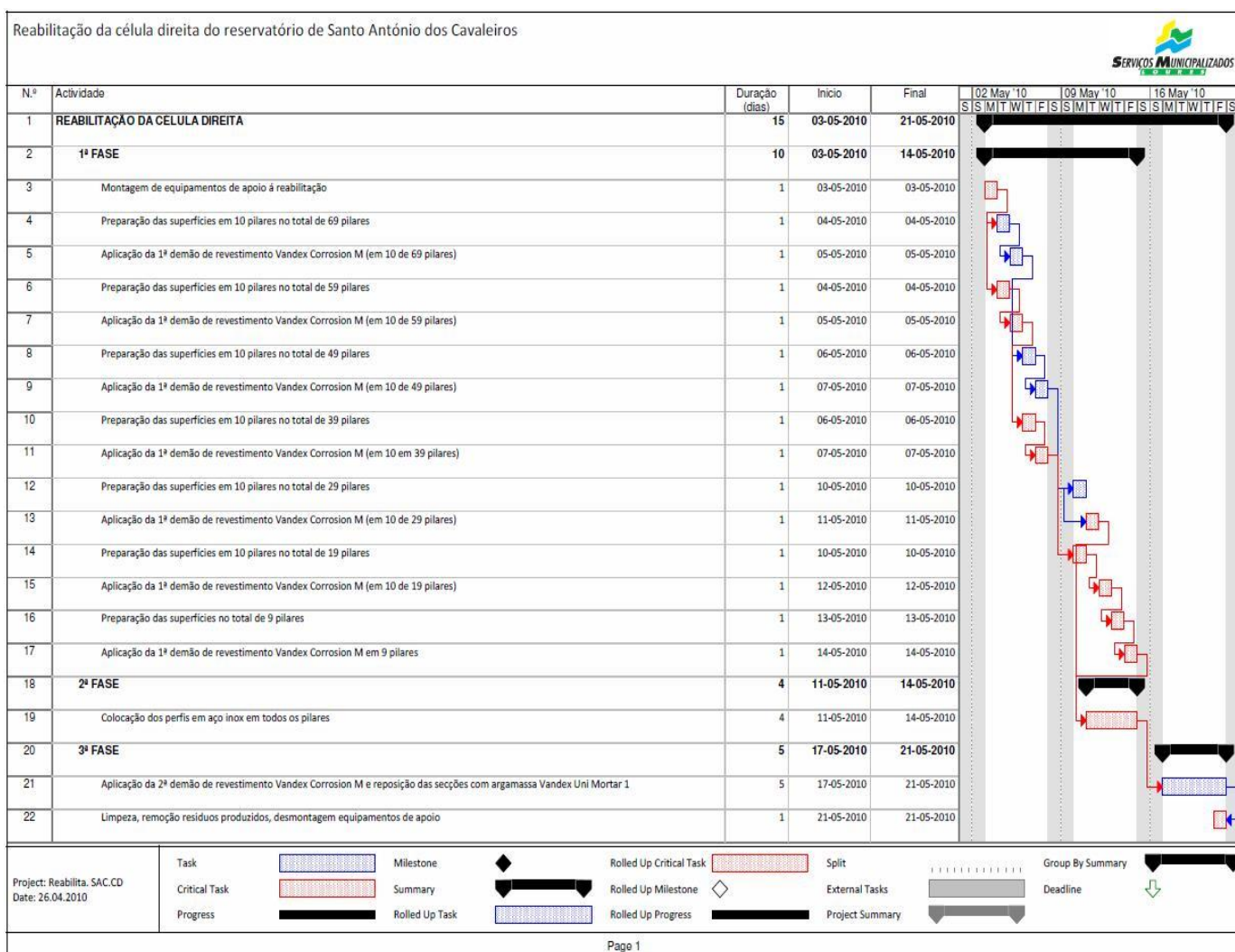


Fig. 79 – Calendário da execução dos trabalhos [17]

6.2.4 Recursos humanos afectos

Conforme o plano de trabalhos, a obra iniciou-se em 03.05.2010 e terminou no dia 21.05.2010 (19 dias de calendário). Os trabalhos realizados pelos SMAS de Loures foram executados por uma equipa de 8 elementos:

- 1 - Engenheiro civil
- 1 - Encarregado
- 5 - Operários especializados
- 1- Ajudante

6.2.5 Equipamentos utilizados

Para o desenvolvimento dos trabalhos a executar, recorreu-se ao equipamento dos SMAS de Loures e em regime de aluguer um andaime de características especiais para trabalhos no interior de reservatórios de água potável que cumprisse as normas europeias de segurança:

- Guincho de elevação de materiais e equipamentos;
- Máquina de jacto de água a alta pressão;
- Misturadora eléctrica para confecção de argamassas;
- Pórtico de iluminação.



Fig. 80 – Guincho de elevação de materiais e equipamentos [17]



Fig. 81 - Pórtico de iluminação [17]



Fig. 82 - Máquina de jacto de água a alta pressão [17]



Fig. 83 - Misturadora eléctrica para confecção de argamassas [17]

Em regime aluguer



Fig. 84 – Plataforma de trabalho elevado
(2 torres de andaimes) [17]



Fig. 85 – Plataforma de trabalho elevado
(1 torre andaime) [17]

6.2.6 Materiais utilizados

Foram utilizados produtos devidamente certificados para o uso em reservatórios e específicos para os trabalhos a realizar:



Vandex Corrosin M e [18]



Vandex UNI MORTAR 1 [18]

6.2.7 Pormenor do elemento de suporte em inox (braçadeira)

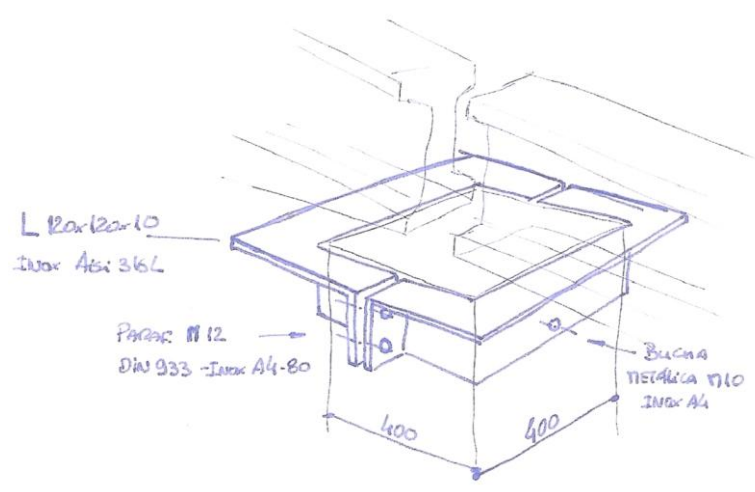


Fig. 86 - Desenho da braçadeira a colocar nos pilares [15]

Vista em corte do pormenor construtivo em projecto que previa a colocação de argamassa, mas que na realidade não sucedeu, como nos mostra a figura 89.

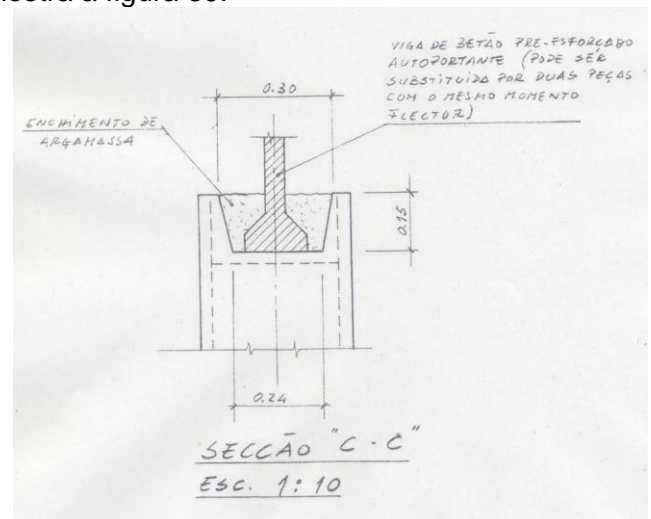
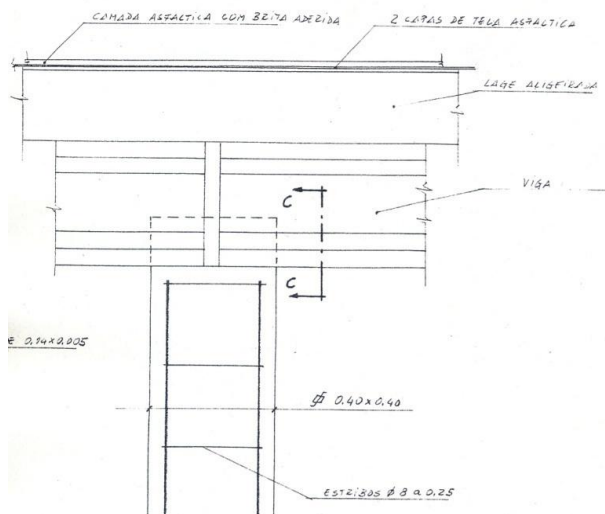


Fig. 87 - Pormenor do elemento de suporte em inox [17]

Fig. 88 - Pormenor do corte [17]



Fig. 89 - Vigas de betão pré-esforçado, assente em pilar [17]

6.2.8 Balanço da intervenção

Esta reabilitação, foi objecto de uma avaliação criteriosa em relação aos métodos a utilizar. Foi realizado um trabalho conjunto com uma empresa externa no capítulo dos materiais de inox.

É importante referir, que foi numa das acções de higienização e limpeza, feitas anualmente que se detectou o estado crítico desta cobertura, que estava prestes a colapsar, com todas as consequências daí resultantes. Por isso, a importância destas acções de inspecção com regularidade, e maior atenção na fase de construção e em particular na sua recepção provisória e definitiva, destas infra-estruturas.

CAPÍTULO 7

7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho foi dedicado às patologias em reservatórios de água potável e às formas de intervenção preventiva. Neste sentido, foram apresentadas as diferentes situações em que ocorrem, desde a sua concepção, construção e reabilitação, sem esquecer o custo associado a todas estas operações. É de referir a importância das entidades gestoras, integrarem verbas específicas nos seus planos orçamentais, para estas infra-estruturas, essenciais à melhoria e qualidade, das redes de abastecimento público.

Actualmente, a qualidade e sustentabilidade, assumem um papel de relevo e estão (ou deveriam estar) na primeira linha de preocupações dos principais responsáveis das entidades gestoras. É importante que todos os intervenientes tenham a noção exacta do funcionamento das diversas etapas e estejam conscientes, da necessidade do seu contributo, para a melhoria do resultado final, destacando-se, em particular, a acção dos projectistas, equipas de fiscalização, fornecedores de materiais certificados e empresas da área da construção e reabilitação, com idoneidade e competência técnica.

Nesta dissertação procurou-se diagnosticar e avaliar os problemas relacionados com as principais patologias, as suas causas e as soluções que os SMAS de Loures têm encontrado para as resolver de forma integrada e transversal a todas as áreas, com responsabilidade directa.

Em termos gerais, pode dizer-se que os **capítulos 1 e 2** se centram num diagnóstico simplificado dos reservatórios dos Concelhos de Loures e Odivelas em conformidade com as principais linhas de orientação do Decreto-Regulamentar 23/95, de 23 de Agosto. Foi realçando a qualidade dos reservatórios e o modo, como são integrados na envolvente urbana e paisagística, através das suas pinturas exteriores com design.

No **capítulo 3** foi feito um levantamento pormenorizado das principais patologias e anomalias, as suas origens e as formas de intervenção, sendo que a delaminação do betão, a corrosão dos órgãos e materiais ferrosos, são predominantes. Daí, a preocupação em reduzir estas situações, melhorar a qualidade dos projectos e do emprego de materiais certificados para reduzir a deterioração precoce.

Os métodos electroquímicos para a reparação das estruturas de betão e a importância dos ensaios não destrutivos na construção de reservatórios constituem os **capítulos 4 e 5**. Estes métodos, apesar de terem inúmeras vantagens, não têm tido qualquer expressão em Portugal, neste tipo de obra. Existem poucas empresas com esta especialização, tendo-se argumentado que o trabalho é insuficiente e não justifica a existência de muitas empresas.

Quanto aos ensaios não destrutivos constituem uma ferramenta fundamental ao dispor de projectistas e donos de obra para uma correcta avaliação e fiscalização das diferentes etapas, quer em obra nova quer de reabilitação, devendo por isso, fazer parte integrante de qualquer caderno de encargos.

No **capítulo 6** foram abordados dois exemplos práticos. O primeiro, relacionado com o plano de manutenção periódica, higienização e limpeza nos 74 reservatórios dos SMAS de Loures, que decorrem de Outubro/Abril, sendo, também identificadas as

principais patologias, com três níveis de graduação, para determinação dos custos e medidas de acção. O segundo exemplo descreve uma obra de reabilitação em elementos estruturais de um reservatório em Santo António dos Cavaleiros, cuja cobertura se encontrava na eminência de ruir, dada a exiguidade dos apoios das vigas de suporte. Esta patologia foi detectada numa das acções preventivas, que permitiu realizar todos os trabalhos num curto prazo de tempo (19 dias) sem pôr em causa o abastecimento na rede pública, por existir célula dupla.

A inexistência de células duplas em inúmeros reservatórios impede a sua conservação e reabilitação. Este princípio deve ser alterado.

Os projectistas podem ser acusados de negligência na escolha dos materiais e a entidade fiscalizadora de omissão do controlo, se houver infracção das normas, nomeadamente norma europeia harmonizada, NP NE 1504.

De referir ainda que foi enviado um inquérito a diversas entidades gestoras da Região de Lisboa e Vale do Tejo com o objectivo de aferir o tipo de patologias mais frequentes em reservatórios (anexo 3). Apesar das diligências efectuadas não se obteve qualquer resposta.

7.2 Desenvolvimentos futuros

7.2.1 No desenvolvimento desta dissertação foram abordados aspectos e temas que em trabalhos futuros poderão ser aprofundados, nomeadamente:

Elaborar um manual de boas práticas na área da reabilitação, conservação e manutenção de reservatórios de água potável.

7.2.2 Criar um software que relacione as diferentes patologias existentes em todos os reservatórios de água potável com as técnicas e produtos certificados para cada caso de modo a podermos avaliar os custos da sua reabilitação a curto e médio prazo para os SMAS de Loures ou quaisquer outras entidades gestoras.

7.2.3 Desenvolver trabalho relacionado com um tempo de vida útil de serviço mínimo de 60 anos, através de melhorias no projecto, cujo objectivo seria prevenir ou reduzir as deteriorações da estrutura. Vida útil é definida como sendo o período de tempo no qual a estrutura ou o componente estrutural pode cumprir a sua função sem custos importantes de manutenção correctiva durante esse período (CEB, 1990; BS,1992; ACI,2000); (Eurocódigo 0-EN 1990:2002).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sousa, E.R. – “Saneamento ambiental I”. *Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura – IST. Setembro 2001*
- [2] Cunha, A.C.Q.C., Paulo R.L. – “Despassivação das armaduras de concreto por acção da carbonatação BT/ PCC/283”. - *Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo. 2001*
- [3] Carmona, Thomas G. – “Modelos de previsão da despassivação em estruturas de concreto sujeita á carbonatação”. *Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo. 2005*
- [4] Brito, N.E.P. – Dissertação Mestrado “Avaliação do grau de corrosão das armaduras em betão carbonatado”. *Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo. 1977*
- [5] SIKA Portugal – “Catálogo de fichas de produtos – Prontuário”. *Edição nº 7. 2007*
- [6] Coias, V. – “Reabilitação estrutural de edifícios antigos”. *2ª Edição. Maio 2007*
- [7] Prista, J. – “Riscos para a saúde na exposição profissional ao amianto”. *Escola Nacional de Saúde Pública. U.N. Lisboa e 1º Fórum Ibérico sobre amianto na construção. Maio 2010*
- [8] Coias, V; Silva – “Guia Prático para conservação de imóveis”. *Maio 2004*
- [9] Farinha, M.B. – Aulas de reabilitação de edifícios e monumentos do mestrado de Edificações. *ISEL. 2009*
- [10] Medeiros, M.H.F. et al – “Utilização do nitrito de sódio como inibidor de corrosão em estruturas de concreto sujeitas a acção de ions de cloretos”. *Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo. 2002*
- [11] EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, SA – “Concurso da recuperação do troço final do adutor de Castelo do Bode”. *2010*
- [12] Sotecnisol – “Engenharia e reabilitação”. *Artigo publicado – Reabilitação de estruturas. 2007*
- [13] STAP – “Reparação, consolidação e modificação de estruturas”; “Métodos electroquímicos de prevenção da corrosão e reabilitação de estruturas de betão armado e pré-esforçado”. *2008*
- [14] Amaro, Ricardo B.; Matos G., Marco – “Corrosão dos metais”. *2007/2008*
- [15] Ferrindal – Industrias de Alumínio e Ferro, Lda.. *2010*
- [16] Iliesco, M. – “Diagnóstico das patologias nas edificações”. *2007*

- [17] SMAS – Serviços Municipalizados de Loures - DMEA; DMCC – “Manual de procedimentos”; Pereira E.A. et al, “Intervenções nos reservatórios de água potável”. 2004
- [18] Redecor – “Revestimentos de protecção e decoração”; “Impermeabilização e protecção do betão”, “Revestimento de superfícies interiores de estruturas de armazenamento de água para consumo humano”. 2010
- [19] Marcelo, H.F.; Monteiro et al – “Utilização do nitrito de sódio como inibidor de corrosão em estruturas de betão armado sujeitas a acção de ions de cloretos”. *Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo. 2002*
- [20] AMEGA – Associação Metropolitana de Estudo e Gestão de Águas. 2005
- [21] “Controls – Manual de equipamento”. 2008
- [22] Soplacas, SA, “Sistema SR-6 para reservatórios”. 2010
- [23] Ecofirma – Drizoro Construction, “Produtos – Ficha técnica n.º 167.00”. 2009
- [24] H. Pedro Martins Lda., “Juntas waterstop RX e redstop de bentonite de sódio”. *BBA – British Board of Agrément, Certificate n.º 86/1650. 2009*
- [25] Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – “Procedimento de fiscalização de reservatórios de água potável”. *Julho 2010*
- [26] ANPC – “Fontes abastecedoras de água para o serviço de incêndios”. *Autoridade Nacional contra incêndios em edifícios, Nota técnica n.º 14 – Fontes. 2007*
- [27] Pereira, João C.V. – “Reservatórios em material compósito”. Universidade do Minho. *Julho 2007*
- [28] Pourbaix, M. – “Lições de corrosão electroquímica”. Trad. M.E.M Almeida e C.M.Oliveira, *Cebelor 3ª ed., 1987*
- [29] M. Fábriol, “Corrosão: um exemplo usual de fenómeno químico”. *Mai 2004*
- [30] Lima, M.G., “Inibidores de corrosão: avaliação da eficiência frente à corrosão de armaduras provocadas por cloretos”. *Escola Politécnica de S. Paulo – Tese (Doutoramento). 1996*
- [31] Almusallam, A.A., “Effect of degree corrosion on the properties of reinforcing steel bars”. *Construction and Building Materials. 2001*
- [32] Castro, J., Martins J.G. - “Reabilitação”, “Patologia do betão”, “Reparação e reforço de estruturas”. *1ª Ed.. 2006*
- [33] SMAS de Loures – “Especificações técnicas dos materiais e equipamentos a utilizar nos sistemas de abastecimento e distribuição de água”. 2008

- [34] Norma Portuguesa EN 1504-10: 2008 - Produtos e sistemas para protecção e reparação de estruturas de betão: Aplicação de produtos e sistemas e controlo da qualidade da obra.
- [35] Norma Portuguesa EN 1504-7: 2008 – Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão: Protecção contra corrosão das armaduras.
- [36] Norma Portuguesa EN 1504-9: 2009 – Produtos e sistemas para a protecção e reparação de estruturas de betão: Princípios gerais para a utilização de produtos e sistemas.
- [37] Directiva 89/106/CE do Conselho de 21 de Dezembro de 2008 – Produtos de construção.
- [38] Directiva 98/83/CE de 3 de Novembro – relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano.
- [39] Directiva 1999/44/CE de 25 de Maio – referente a certos aspectos de venda de consumo de bens .de consumo e das garantias a ela relativas.
- [40] Decreto-Lei 18/2008 de 29 de Janeiro – Código dos contratos públicos.
- [41] Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto – Qualidade da água (art.º 21).
- [42] Decreto-Lei 67/2003 de 8 de Abril – referente a certos aspectos de venda de consumo de bens .de consumo e das garantias a ela relativas.
- [43] Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto, Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais.
- [44] <http://www.soplacas.pt>. (2010.08.30)
- [45] <http://www.hpedromartins.pt> (2010.09.06)
- [46] <http://www.aguasdejoinvill.blogspot.com> (2010.09.06)
- [47] <http://www.aguadechuva.com> (2010.09.06)
- [48] <http://www.dec.refcg.edu.br> (2010.09.09)
- [49] <http://www.sotecnisol.pt> (2010.09.09)
- [50] <http://www.keracoll.com> (2010.09.16)
- [51] <http://www.weber-cimenfis.com> (2010.09.16)
- [52] <http://www.basf-cc.es> (2010.09.20)
- [53] <http://www.ersar.pt> (2010.09.20)
- [54] <http://www.tradibau.lda.pt> (2010.09.22)
- [55] <http://www.abraco.org.br> (2010.09.22)

ANEXOS

- Anexo 1 Ficha de manutenção e reabilitação de reservatórios de água
- Anexo 2 Ficha de diagnóstico
- Anexo 3 Lista de materiais de construção aprovados na EPAL
- Anexo 4 Inquérito a entidades gestoras sobre patologias em reservatórios
- Anexo 5 Diferentes tipos de aço inox certificados

Anexo 1

Ficha de manutenção e reabilitação de reservatórios de água potável

Data: ____ / ____ / ____				
Reservatório: _____		_____		
Local: _____		Capacidade: _____ m ³		
Data de construção: ____ / ____ / ____		_____		
Responsável pela vistoria: _____		Assinatura: _____		
Designação	Deficiências detectadas	Extensão G=Grande M= Média R=Reduzida	Trabalhos de manutenção a realizar	Observações
Estrutura de betão armado - Lajes - Vigas - Pilares - Muros de suporte	<input type="checkbox"/> Fissuração, fendilhação <input type="checkbox"/> Corrosão da armadura <input type="checkbox"/> Destacamento do material <input type="checkbox"/> Deformação		<input type="checkbox"/> Reparação e protecção do betão <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Juntas de dilatação - Laje de fundo - Laje de cobertura - Paredes	<input type="checkbox"/> Empolamento <input type="checkbox"/> Deformação <input type="checkbox"/> Fissuração <input type="checkbox"/> Envelhecimento		<input type="checkbox"/> Substituição parcial <input type="checkbox"/> Substituição total <input type="checkbox"/> Aplicação de produtos aprovados para o contacto com a água potável, <i>cf.</i> NP EN 1504-9	
Revestimentos de impermeabilização Interiores - Paredes - Lajes Exteriores Impermeabilização da laje de cobertura	<input type="checkbox"/> Fissuração <input type="checkbox"/> Destacamento <input type="checkbox"/> Deterioração acentuada (desfazer-se) <input type="checkbox"/> Destacamento <input type="checkbox"/> Escamação <input type="checkbox"/> Colonização biológica <input type="checkbox"/> Formação de bolhas <input type="checkbox"/> Graffitis <input type="checkbox"/> Sujidade <input type="checkbox"/> Envelhecimento das telas e membranas <input type="checkbox"/> Descolamento <input type="checkbox"/> Deterioração dos remates		<input type="checkbox"/> Decapagem com jacto de água de alta pressão com incorporação de areia de sílica <input type="checkbox"/> Aplicação de argamassa cimentícia monocomponente de impermeabilização, aprovada para o contactado com água potável, <i>cf.</i> NP EN 1504-9 <input type="checkbox"/> Remoção do material deteriorado <input type="checkbox"/> Limpeza a jacto de água <input type="checkbox"/> Remoção parcial <input type="checkbox"/> Remoção total <input type="checkbox"/> Aplicação de tinta acrílica com elevada resistência à exposição aos álcalis e ao envelhecimento. <input type="checkbox"/> Remoção parcial <input type="checkbox"/> Remoção total <input type="checkbox"/> Revestimento contínuo elasto-plástico sem emendas <input type="checkbox"/> Outros (membranas betuminosas em sistema bi-capa, certificados pelo LNEC)	
Sistema de drenagem pluvial	<input type="checkbox"/> Ralos na laje de cobertura <input type="checkbox"/> Tubos de queda		<input type="checkbox"/> Limpeza <input type="checkbox"/> Substituição parcial <input type="checkbox"/> Substituição total	
Elementos metálicos No interior	<input type="checkbox"/> Escadas de acesso <input type="checkbox"/> Tubagem/ Flanges/ Juntas <input type="checkbox"/> Elementos de suporte das tubagens <input type="checkbox"/> Estrutura de boiares <input type="checkbox"/> Válvula de descarga de fundo <input type="checkbox"/> Rede de protecção de condutas de aspiração		<input type="checkbox"/> Reparação <input type="checkbox"/> Substituição <input type="checkbox"/> Revestimento epóxico com 250µ/camada, aprovado para o contacto com água potável, <i>cf.</i> NP EN 1504-9	
Elementos metálicos No exterior	<input type="checkbox"/> Escadas de acesso <input type="checkbox"/> Elementos de protecção na laje de cobertura <input type="checkbox"/> Tampas de protecção de acesso ao interior do reservatório		<input type="checkbox"/> Reparação <input type="checkbox"/> Substituição <input type="checkbox"/> Revestimento epóxico com 250µ/camada, aprovado para o contacto com água potável, <i>cf.</i> NP EN 1504-9	

Anexo 2

Ficha de diagnóstico e reparação

Estrutura de betão armado	Designação da patologia	Formas de protecção	Causas	Possível evolução	Principais técnicas de tratamento (Descrição resumida)
Lajes Vigas Pilares Muro de suporte	Corrosão das armaduras	Melhor concepção de projecto e execução, fiabilização e ensaios.	1. Betão poroso e com segregações 2. Recobrimento insuficiente 3. Presença de humidade e agentes agressivos, ex.: cloretos	Perda de solidez e de resistência, em particular quando ocorre delaminação	1. Protecção das armaduras com aplicação de produtos inibidores de corrosão que impede a oxidação das armaduras mesmo com a presença de cloretos e outros agentes agressivos. <u>Vantagem</u> - económica <u>Desvantagem</u> - Nem sempre eficazes, exigir garantia. 2. Aplicação de revestimentos de protecção do betão contra a carbonatação e o ingresso dos cloretos ou outros agentes agressivos, designadamente o dióxido de carbono (CO2) e os iões de cloro (Cl-). Estas pinturas devem ser permeáveis ao vapor de água e resistentes à radiação de U.V. <u>Vantagem</u> - Eficácia desde que o produto seja bem seleccionado e aplicado. <u>Desvantagem</u> - Durabilidade por vezes limitada. Só possível de aplicar com reservatórios vazios. 3. Reparação electroquímica - Realcalinização. - Dessalinização. - Protecção catódica. Tem por objectivo passivar as armaduras. <u>Vantagem</u> - Trata as causas que estão na origem do problema. Menor quantidade de betão removido. Economia de tempo. <u>Desvantagem</u> - Elevada especificidade
	Deformação excessiva	Melhor concepção e execução.	1. Excesso de carga. 2. Armadura insuficiente ou mal posicionada. 3. Betão de qualidade deficiente ou descofragem prematura. 4. Deficiência de cálculo.	Perda de solidez, resistência e corrosão	Redução de carga ou reforço estrutural.
	Fendilhação a meio da laje e com formação de	Melhor concepção e execução e fiscalização	1. Deficiente dimensionamento ou pormenorização das 2. Assentamentos diferenciais 3. Incustração	Corrosão e problema na qualidade da água	1. Injecção com resinas ou resina hidroactiva. 2. Eventual reforço, reparação ou impermeabilização da laje de cobertura.
Juntas de dilatação Lajes Muros	Infiltração	Melhor concepção, execução e escolha dos produtos	1. Deformação estrutural. 2. Assentamento diferenciais. 3. Degradação e envelhecimento dos materiais de vedação.	1. Infiltrações. 2. Falta de solidez e de resistência. 3. Perda de água em grandes quantidades.	Os materiais de garnecimento das juntas estruturais deterioradas são removidos e substituídos por outros materiais adequados e certificados e colocados por pessoal especializado.
Revestimentos interiores e Acessórios: - Escadas - Tubagem Coberturas Impermeabilização					
Pinturas	Destacamento e formação de bolhas. Eflorescências e Criptoflorescências Escamação Colonização biológica Graffitis Sujidade	Reboco feito com água contaminada com cloretos. Pinturas à base de resinas acrílicas em dispersão aquosa, permeável ao vapor de água permitindo	1. Tinta demasiado impermeável ao vapor de água. 2. Humidade excessiva. 1. Infiltrações. 2. Sais dissolvidos na água de infiltração.		1. Lavagem a vapor ou jacto de água a alta pressão, deixando a base resistente e sã. 2. Se necessário aplicar barramento de regularização. 3. Pintura com pincel, trincha ou projecção com pistola airless, pressão 150bar, película com espessura mínima de 130µ.

Anexo 3

Lista de materiais de construção aprovados na EPAL (Maio 2010)

Lista de Materiais de Construção Aprovados na EPAL (Maio 2010)

Designação de Produto	Fabricante	Aprovação documental	Aprovação com base em testes a materiais em contacto com a água, realizado no Laboratório Central da EPAL
1. Tubagens			
1.1 Tubos de polietileno (PE) e polietileno de alta densidade (PEAD)			
Tubagem Filágua PE 80	Duofil	-	Até Outubro de 2011
Plomylen PE 100	Lusofane	-	Até Dezembro de 2011
Tubagem Filágua PE 100	Duofil	-	Até Junho de 2012
Tubagem de PE 100	Alfatubo	-	Até Junho de 2012
Tubagem de PE	Politejo	-	Até Fevereiro de 2012
1.2 Tubos de policloreto de vinilo (PVC)			
Plomyplas DURONIL	Lusofane	-	Até Maio de 2013
2. Revestimentos de tubagens e de reservatórios/cisternas de armazenamento			
2.1 Revestimentos aplicados on-site a estruturas de armazenamento de água			
2.1.1 Revestimentos aplicados on-site a estruturas de armazenamento de água - Produtos com base em resinas epoxídicas			
HYPERKOTE 500	Dow Hyperlast Limited	Até Fevereiro de 2013	-
EPONAL 385	Freysinet	-	Até Setembro de 2013
2.1.2 Revestimentos aplicados on-site a estruturas de armazenamento de água - Produtos com base em poliuretanos			
-			
2.1.3 Revestimentos aplicados on-site a estruturas de armazenamento de água - Argamassas cimentíceas			
MC-RIM	MC Bauchemie	Até Julho de 2010	-
BB WHITE (Vandex)	Vandex	-	Até Outubro de 2010
Sikatop Seal 107	Sika	-	Até Outubro de 2010
Masterseal 531	BASF	-	Até Outubro de 2010
Sikatop 209 Reservoir	Sika	-	Até Novembro de 2010
Maxseal flex	Drizoro	-	Até Janeiro de 2011
Maxseal com Aditivo Maxcryn	Drizoro	-	Até Janeiro de 2011
Weber.dry flex	Weber	-	Até Janeiro de 2011
Tisaland Coberturas F		-	Até Outubro de 2011
Icosit K101 TW	Sika	-	Até Dezembro de 2011
Weber.dry KF	Weber	-	Até Dezembro de 2011
Weber.dry KG	Weber	-	Até Dezembro de 2011
Mapelastic	Lusomapei	-	Até Junho de 2012
Idrobuild	KERAKOLL	-	Até Junho de 2013
BEL ARG P55	BEL	-	Até Agosto de 2013
Idrosilex Pronto	LUSOMAPEI	-	Até Outubro de 2013
RADCON Fórmula #7	COALA, S.A.	-	Até Outubro de 2013
Masterseal 550	BASF	-	Até Fevereiro de 2015
Hidrostop / Stopseal	LABO France	-	Até Abril de 2015
Vandex Mineralit	Vandex	-	Até Abril de 2015
Vandex BB75	Vandex	-	Até Abril de 2015
3. Agentes Selantes e materiais de reparação para betão/cimento			
Sikadur Combiflex	Sika	Até Dezembro de 2010	-
Sistema "Aqualine 650/Irabond BC 50"	Irathane Futura	Até Outubro de 2011	-
Sikaflex Pro 3WF	Sika	Até Abril de 2012	-
4. Outros			
Acessórios em PE 100	NTG Plastik	-	Até Outubro de 2012

Anexo 4

Inquérito a entidades gestoras sobre patologias em reservatórios

Diagnóstico das instalações de água potável

1- Identificação do Município

2 - Quantos reservatórios de água potável existem nesse município?

3 - Qual a idade média de cada reservatório em função da sua capacidade

IDADE	QUANTIDADE (UNIDADES)
0 a 5	
6 a 10	
11 a 15	
16 a 20	
21 a 25	
26 a 30	
31 a 40	
Mais de 40 anos	

4 - Qual a capacidade total de água armazenada em metros cúbicos?

Número total de reservatórios	Capacidade total (m ³)

5 - Quais as principais patologias existentes nos vossos reservatórios?

- | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| a) Oxidação de armaduras? | Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> |
| b) Degradação de betão nas paredes, laje de fundo, pilares e cobertura? | Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> |
| c) Ausência de revestimento interior? | Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> |
| d) Ausência de impermeabilização / degradação da cobertura? | Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> |
| e) Elementos ferrosos no interior em avançado estado de degradação? | Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> |
| f) Fissuração nas juntas de betonagem e ligações parede/laje de fundo e ligações pilares/ laje de fundo? | Sim <input type="checkbox"/> | Não <input type="checkbox"/> |

6 – Qual o tipo de patologias verificados em maior número nos reservatórios?

7- Qual o valor estimado para proceder a estas reparações?

8- Quais as patologias significativas em reservatórios com idade igual ou superior a 20 anos.

9 – Quantos reservatórios possuem no seu interior, tubagens em fibrocimento?

10 – Outras observações

Anexo 5

Diferentes tipos de aço inox certificados

AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO	
AISI 303	Peças produzidas em tornos automáticos com grande remoção de limalhas, tais como parafusos, porcas, pinos, peças roscadas em geral, etc. Expostas ao ataque de agentes agressivos suaves e que devem possuir propriedades de resistência mecânica superiores às normalmente obtidas com o aço inoxidável martensítico AISI 416.
AISI 304	Equipamentos das indústrias alimentar, química, farmacêutica, têxtil, do petróleo, do papel e celulose, etc. Equipamento hospitalar, permutadores de calor, válvulas e peças de tubulações. Indústria de frio e instalações criogênicas em geral.
AISI 304L	O aço AISI 304L tem um campo de aplicação semelhante ao AISI 304, sendo, porém, graças ao baixo teor de carbono, preferido nos casos em que existem condições propícias para a ocorrência de corrosão intercrystalina. Dispensa tratamento térmico após soldagem.
AISI 310 e AISI 314	Peças de fornos, caixas de recozimento e para cementação, equipamentos para a indústria química e do petróleo, peças de motores a jacto e de turbinas a gás, permutadores de calor, aquecedores de ar, transportadores internos de fornos, eletrodos e varetas de solda, etc.
AISI 316	Equipamentos das indústrias química, farmacêutica, têxtil, do petróleo, do papel e celulose, etc. Peças e componentes diversos usados na construção naval. Equipamentos da indústria do frio.
AISI 316L	O aço AISI 316L tem um campo de aplicação semelhante ao AISI 316, sendo, porém, graças ao baixo teor de carbono, preferido nos casos em que existem condições propícias para a ocorrência de corrosão intercrystalina.
AISI 316Ti	Mesmas aplicações que o AISI 316L, onde envolva soldagem com impossibilidade de tratamento térmico posterior.
AISI 317	Fábricas de celulose e manipulação de salmouras, onde a resistência à corrosão do 316 seja insuficiente.
AISI 321	Mesmas aplicações que o 304 e 304L, onde se queira evitar corrosão intergranular, principalmente devido a soldas.
AISI 347	Mesmas aplicações que o 321, particularmente para uso em equipamentos cuja produção envolva considerável número de soldas.
AISI 904 L	Material de alta liga, super austenítico, recomendado para uso sob severas condições corrosivas nas indústrias de processos químicos. Muito utilizado na produção e manuseio de ácido sulfúrico e fosfórico, em permutadores de calor que são refrigerados por água do mar, bem como, na indústria de papel e celulose onde elevados teores de cloreto são aplicados.
AÇO INOXIDÁVEL MARTENSÍTICO	
AISI 410	Pás e outras peças de turbina a vapor, peças de válvulas, eixos e peças roscadas das indústrias química, petroquímica e do petróleo, eixos das bombas, material ferroviário, peças de equipamentos da indústria de papel e celulose, peças de fornos que operam abaixo de 400°C, etc.
AISI 416	Peças produzidas em tornos automáticos com grande remoção de limalhas, tais como parafusos, porcas, pinos, peças roscadas em geral, etc. Expostas ao ataque de agentes agressivos suaves e que possuem propriedades de resistência mecânica inferiores às normalmente obtidas com o aço inoxidável austenítico AISI 303.
AISI 420	Artigos de cutelaria, instrumentos cirúrgicos e dentários, eixos, peças de bombas e válvulas, pás e outras peças e turbinas a vapor, peças de máquinas e equipamentos em geral, moldes para plásticos e para indústria do vidro, etc.
AISI 446	Uso em altas temperaturas, como por exemplo, na proteção de resistências elétricas. Boa ductibilidade e resistência à oxidação.
AISI 630 (Endurecível por Precipitação)	A grande versatilidade do aço AISI 630 permite a sua aplicação em diversos setores industriais, tais como: componentes de aeronaves, peças de equipamentos usados em campos petrolíferos, válvulas para água salgada, conexões, parafusos de apoio de esferas de rolamento, peças de máquinas e enchimento de ampolas de injeção, peças de empacotadoras de leite, molas, engrenagens, equipamentos industriais diversos, instalações criogênicas, componentes de reatores nucleares, instrumentos cirúrgicos, material fotográfico e outras peças solicitadas mecanicamente e expostas ao ataque de agentes agressivos.
AÇO INOXIDÁVEL FERRÍTICO	
AISI 430	Normalmente usado na forma de chapas e tiras devido às baixas resistências mecânicas.
AISI 446	Resistente a altas temperaturas. Excelente resistência à corrosão a ácido nítrico, sulfúrico e a maioria dos alcalóides. Resiste bem a temperaturas na faixa de 1.100°C a 1.140°C. Principais aplicações em fornos e caldeiras.

Aplicações típicas