



LABORATÓRIO REGIONAL de ENGENHARIA CIVIL

24/DEM/2020

**AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE ESTRUTURAL DO CAIS VELHO DO
PORTO SANTO
SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS**

DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS E MATERIAIS

Outubro 2020



**Secretaria Regional
de Equipamentos e Infraestruturas**



ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - METODOLOGIA DOS TRABALHOS	3
3 - IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS	5
3.1 - Tabuleiro (face inferior)	5
3.2 - Vigas longitudinais e transversais do tabuleiro	6
3.3 - Pilares - ZA	7
3.4 - Pilares - ZR	10
3.5 - Pilares - ZM	10
3.6 - Pilares - ZS	11
3.7 - Sapatas de fundação	13
3.8 - Molhe	14
4 - RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS	16
5 - ANÁLISE DE DEFORMAÇÕES	17
6 - CONCLUSÕES	19
ANEXOS	23

[Handwritten signature]

1 - Introdução

Atendendo à solicitação da Secretaria Regional de Equipamentos e Infraestruturas, o Laboratório Regional de Engenharia Civil (LREC) procedeu, nos dias 23 e 24 de setembro de 2020, à inspeção e identificação das patologias da estrutura do Cais Velho do Porto Santo (Figura 1), infraestrutura marítima com cerca de 168 metros de extensão e 4 metros de largura, para avaliação do estado de integridade estrutural e de vida útil.



Figura 1 – Cais Velho do Porto Santo

A estrutura em betão armado vistoriada, edificada em 1929 (exceto o molhe da cabeça do cais, construído na 2.^a metade do sec. XX) é sumariamente constituído por uma laje de tabuleiro assente sobre vigas perimetrais e transversais suportadas por 15 pórticos equidistantes (pilares de seção circular e altura variável), sendo as cargas transmitidas ao solo de fundação através de sapatas simples (Figuras 2 a 4), incluindo um maciço de caixotões sobrepostos (molhe) onde se localizam duas escadarias para acesso às embarcações e ao mar.

Handwritten signature and initials in blue ink.



Figura 2 – Cais Velho do Porto Santo – Supraestrutura – Laje de tabuleiro



Figura 3 – Cais Velho do Porto Santo – Supraestrutura – Pórticos



Figura 4 – Cais Velho do Porto Santo – Infraestrutura – Sapatas de fundação

Tendo em conta a recente intervenção de 2017, que corrigiu deficiências de pavimentos, de guardas e dos demais elementos metálicos, a vistoria contemplou a face inferior da laje do tabuleiro, vigas, pilares, sapatas de fundação e molhe.

2 - Metodologia dos trabalhos

Em ambientes marítimos quatro condições de exposição, a designar por zona atmosférica (ZA), zona de rebentação (ZR), zona de maré (ZM) e zona submersa (ZS), determinam o grau de deterioração das estruturas em betão armado, sendo a corrosão de armaduras - que resulta de um conjunto de fatores - o principal mecanismo de deterioração.

De modo simplista, em ZA a corrosão de armaduras resulta sobretudo da ação dos cloretos presentes no betão acima de determinados teores e na névoa salina consoante a porosidade dos betões, para além da direção, da intensidade e da velocidade do vento. Em obras marítimas, as patologias de durabilidade e estruturais dos betões em ZA poder assumir especial relevância, sobretudo nos casos em que as inspeções de rotina e as operações de manutenção preventiva são negligenciadas.

Em ZR, zona na qual o betão passa a ciclos sucessivos de molhagem e de secagem consoante a maré, aos mecanismos de deterioração das armaduras por ação dos cloretos juntam-se os potenciados pela presença de sais, pelo gradiente de temperatura e pelo elevado teor de humidade, aliados à erosão das camadas de recobrimento do betão devido do impacto das ondas e de materiais sólidos em suspensão.

Em ZM estão presentes os mecanismos de deterioração que afetam ZR em conjugação com o ataque químico do betão pela ação dos iões magnésio e de sulfatos, e com o ataque biológico. Contudo a intercalação de estados de saturação dos betões por via das marés contribui para a desaceleração do processo de corrosão das armaduras pelo que, em regra, os danos de durabilidade ou estruturais são menos significativos em ZM comparativamente a ZA.

Em ZS o betão encontra-se saturado. A ausência de oxigénio livre limita o processo de degradação das armaduras por oxidação, se bem que possam surgir fenómenos de corrosão "negra" sem reações expansivas potenciadoras de fissuração e fendilhação dos betões. Estão presentes condições para o ataque biológico e químico dos betões.

O processo de corrosão dá, em regra, origem de diversas anomalias de durabilidade e estruturais que se manifestam sequencialmente, com redução do período de vida útil das estruturas marítimas.

Nas estruturas marítimas, as principais patologias detetadas numa observação visual são, por ordem crescente de importância, as seguintes:

- . Alterações cromáticas - Coloração superficial dos betões devido à corrosão das armaduras por ação dos cloretos (manchas de óxido de ferro) e eflorescências;
- . Fissuração, delaminação e fendilhação do betão, em regra ao longo do extradorso das armaduras oxidadas;
- . Perdas de secção de armaduras, por corrosão.

A vistoria foi orientada no sentido da avaliação do seu estado, em função das referidas patologias. Os níveis de degradação dos elementos estruturais foram determinados com base nos critérios indicados no Quadro 1, tendo ainda sido adotado o método simplista de classificação do estado nos termos do Quadro 2.

Quadro 1 – Níveis de degradação dos elementos estruturais

Patologia	Indicador	Nível de degradação
Alterações cromáticas	Área afetada pela coloração superficial	Nível 1 <20%; 20%<Nível 2<40%; Nível 3>40%
Fissuração	Espessura de fissura medida de forma ordinária, resultante de reação expansiva de oxidação	Nível 1<2mm; 2mm<Nível 2>5mm; Nível 3>5mm
Delaminação dos betões	Extensão afetada por oxidação de armaduras	Nível 1<15%; 15%<Nível 2<30%; Nível 3>30%
Perda de secção de armaduras	Análise visual de armaduras expostas	Nível 1 - <10% do DN 10%<Nível 2<40%; Nível 3>40%

Quadro 2 – Classificação de estado dos elementos estruturais

Classificação	Descrição
6 – Bom	Sem danos visíveis ou danos muito significativos, e ausência de sinais de instabilidade estrutural. Sem necessidade de reparação
5 - Satisfatório	Danos pouco significativos ou moderados nos elementos estruturais principais, sem evidências de tensão estrutural. Sem necessidade de reparação
4 – Razoável	Danos pouco significativos ou moderados no geral e áreas de deterioração média ou avançada em alguns dos elementos estruturais, sem redução relevante da capacidade de carga da estrutura. São recomendadas reparações.
3 – Fraco	Deterioração avançada e tensão estrutural em secções significativas da estrutura, sem redução significativa da capacidade de carga. São recomendadas reparações com grau de prioridade reduzido.
2 – Alarmante	Deterioração avançada e tensão estrutural em secções significativas da estrutura, com prejuízo da capacidade de carga. Falhas estruturais localizadas. São recomendadas reparações com prioridade moderada
1 - Crítico	Deterioração muito avançada, aumento de tensões e redução de capacidade de carga. Instabilidade estrutural e possibilidade de colapso parcial. São recomendadas reparações com grau de prioridade elevado

Foram observados os elementos estruturais emersos (face inferior da laje de tabuleiro, vigas e pilares) e imersos (pilares, caixotões e sapatas de fundação), bem como recolhidos provetes na (Figuras 5 e 6) em 4 pilares, nas zonas ZR e ZM em situação de maré baixa, para determinação da sua resistência à compressão e dos níveis de carbonatação e teor cloretos, tendo em conta o respetivo impacto ao nível da corrosão de armaduras e da degradação física e química dos betões.



Figuras 5 e 6 – Extração de carotes em pilares

3 - Identificação de patologias

O presente documento não constitui qualquer registo exaustivo de patologias estruturais e de durabilidade da estrutura em betão armado, sendo apenas ilustradas as que serviram de base à classificação do estado geral da obra marítima.

3.1 - Tabuleiro (face inferior)

O pavimento e elementos metálicos das guardas do tabuleiro, incluindo as respetivas fixações, estão em bom estado de conservação, situação que resulta da intervenção de reparação de 2017.

A face inferior do tabuleiro encontra-se, de modo geral, em estado satisfatório de conservação, se bem que estejam presentes alguns sinais de corrosão de armaduras, bem como delaminações de camadas de recobrimento, fissuras e, a escala reduzida, exposição de armaduras sem perda significativa de seção, conforme ilustrado nas Figuras 7 a 10.

As colorações do betão por oxidação de armaduras, ou eflorescências, são pontuais. A face inferior do tabuleiro apresenta reduzido nível de fissuração, de delaminação e de exposição de armaduras.

[Handwritten signature]



Figura 7 – Tabuleiro – Face inferior – Delaminação de camada de recobrimento



Figura 8 – Tabuleiro – Face inferior – Delaminação de camada de recobrimento e exposição de armaduras sem perda de secção

As patologias não são significativas e a área de laje afetada (face inferior) não ultrapassa 10% do total.

3.2 - Vigas longitudinais e transversais do tabuleiro

O viga de suporte da laje tabuleiro, em particular o longitudinal, apresenta patologias relevantes ao nível da delaminação de camadas de recobrimento, micro e macrofissuração e fendilhação provocada pelas reações expansivas dos processos de corrosão, sendo significativo o grau de exposição de armaduras de tração, com perda pontual de secção de armaduras, em prejuízo da sua capacidade de carga.

De modo geral as patologias, ilustradas nas Figuras 9 a 14, estão presentes na totalidade da estrutura, tendo sido registadas, em vigas transversais, duas situações de rotura.



Figura 9 – Fendilhação longitudinal superior a 5mm – 2.º terço do comprimento



Figura 10 – Fissuração superior a 5 mm, delaminação e com exposição de armaduras – Vãos centrais

[Handwritten signature]



Figura 11 – Fissuração, fendilhação longitudinal e delaminação com exposição de armaduras – Vãos centrais



Figura 12 – Fissuração superior a 5 mm, fendilhação longitudinal e delaminação com exposição de armaduras – Viga – Trecho terminal



Figura 13 – Delaminação, com exposição de armaduras – Vãos centrais



Figura 14 – Fendilhação longitudinal superior a 5 mm, delaminação e exposição de armaduras – Vãos centrais

As vigas transversais do tabuleiro apresentam patologias idênticas às das vigas longitudinais, se bem que com menor impacto e expressão.

Interessa anotar o elevado grau de delaminação da face inferior das vigas longitudinais e, conseqüentemente, o risco de queda de material sobre os utilizadores da praia do Porto Santo. Pelo exposto interessa, a título prioritário, destacar as superfícies delaminadas e proteger as armaduras por essa via expostas, por forma a assegurar a segurança dos banhistas independentemente das medidas de reabilitação que possam, futuramente, ser adotadas.

3.3 - Pilares - ZA

Na zona atmosférica, o grau de deterioração dos pilares é muito significativo. As colorações por oxidação de armaduras, as fissuras e fendas, as delaminações e a exposição de armaduras e as perdas de seção em aço, estão presentes em todos os pórticos, com especial agravamento nos de praia e nos centrais. Foram registadas situações de perda total de seções de armadura longitudinal, pressupondo-se, no atual estado, haver lugar à redução de capacidade resistente.

[Handwritten signature]



Figura 15 – Oxidação de armaduras, fissuração e fendilhação vertical superior a 5 mm, delaminação e exposição de armaduras com perda total de secção



Figura 16 – Oxidação de armaduras, fissuração e fendilhação vertical superior a 5 mm



Figura 17 – Oxidação de armaduras, fissuração e fendilhação vertical superior a 5 mm



Figura 18 – Oxidação de armaduras, fissuração e fendilhação vertical superior a 5 mm



Figura 19 – Oxidação de armaduras, fissuração e fendilhação vertical superior a 5 mm, delaminação e exposição de armaduras com perda total de secção



Figura 20 – Fissuração e fendilhação vertical superior a 5 mm



Figura 21 – Oxidação de armaduras, fissuração e fendilhação vertical superior a 5 mm



Figura 22 – Oxidação de armaduras, fissuração e fendilhação vertical superior a 5 mm, delaminação e exposição de armaduras com perda total de secção

Na perspetiva do LREC, o elevado grau de deterioração das armaduras e as reações expansivas da oxidação irão determinar, a médio prazo, a delaminação integral das superfícies dos pilares na zona atmosférica e, consequentemente, o destacamento das camadas de recobrimento.

Interessa referir que idênticas patologias afetam algumas das vigas de travamento dos pórticos vistoriados, conforme ilustrado nas figuras que se seguem.



Figura 24 – Oxidação de armaduras, fissuração e fendilhação superior a 5 mm, delaminação e exposição de armaduras



Figura 25 – Oxidação de armaduras, fissuração e fendilhação superior a 5 mm, delaminação sem exposição de armaduras

3.4 - Pilares - ZR

A gravidade das patologias, designadamente as fissurações e fendilhações decresce de ZA para ZR, não tendo sido verificadas armaduras expostas não obstante a evidência de oxidação de armaduras, ou destacamentos por impacto das ondas.



Figura 26 – Oxidação de armaduras e fendilhação superior de 2 a 5 mm mm



Figura 27 – Oxidação de armaduras e fendilhação superior de 2 a 5 mm mm

Não obstante a elevada capacidade resistente à compressão do betão, conforme verificado através de ensaios laboratoriais, é entendimento do LREC que os pilares estão em final de vida útil, o que não obsta a sua reabilitação estrutural.

3.5 - Pilares - ZM

O revestimento orgânico e as incrustações não permitiram avaliar o estado o efetivo estado de coloração, fissuração e de fendilhação dos pilares na zona ZM. Contudo, foi possível confirmar a tendência do decréscimo da gravidade das patologias de ZR para ZM. De modo geral as colorações

[Handwritten signature]

devido à oxidação de armaduras, as fissuras e as fendas deixam de ser visíveis abaixo do zero hidrográfico.



Figura 28 – Fendilhação de 2 a 5 mm de ZA a ZM



Figura 29 – Decréscimo da abertura da fenda ilustrada na Figura 28, que não se prolonga para ZS

3.6 - Pilares - ZS

Tal como expectável, o estado de integridade dos pilares em ZM é incomparavelmente melhor que os de ZA a ZR. A observação visual foi dificultada pelo revestimento de algas e de incrustações, mas ao tato não foi confirmada a existência de fendilhação.

Foram registadas algumas deficiências construtivas ao nível das juntas de cofragem em ZM, sem perda de prumo, bem como em ligações sapata-pilar e segregações de betão, situações que resultaram da dificuldade da execução de obras submersas.



Figura 30 – Estado geral da maioria dos pilares na transição de ZM para ZS

Handwritten signature



Figura 31 – Revestimento orgânico dos pilares em ZM – Constrangimento à observação visual



Figura 32– Patologias de construção – Deficiências na ligação sapata-pilar e segregação do betão



Figura 33 – Patologias de construção – Cofragem

[Handwritten signature]

No geral os pilares na zona ZM estão em estado razoável de conservação.

3.7 - Sapatas de fundação

As sapatas de fundação, que se presumem terem sido construídas em betão simples (Figura 34), não apresentam patologias de durabilidade ou estruturais.



Figura 34 – Sapata de fundação. A inexistência de armadura de pele em zona de impacto pressupõe constituição em betão simples



Figura 35 – Sapata de fundação (fabricada em estaleiro), supostamente assente em substrato de areia regularizado com rochão

Foi registado o descalçamento de fundações em dois dos pórticos centrais, verificou-se que os mesmos não assentam sobre substrato rochoso, mas sim sobre camada de regularização em rochão (Figuras 36 e 37), nada indicando que os restantes não possam estar nas mesmas condições.

Handwritten signature



Figura 36 – Descalçamento de sapata



Figura 37 – Descalçamento de sapata – Base de fundação

3.8 - Molhe

A estrutura emersa ou submersa do trecho final do Cais Velho do Porto Santo, um molhe construído com caixotões sobrepostos, não apresenta qualquer sinal de instabilidade ou patologia significativa, tendo apenas sido verificado a existência de algumas deficiências construtivas ao nível de alinhamentos e de justaposições.

Handwritten signature



Figura 38 – Molhe – Caixotões sobrepostos assentes em solo arenoso



Figura 39 – Molhe – Início de descalçamento de base e patologia construtiva (deficiência de alinhamento) sem prejuízo de estabilidade



Figura 40 – Molhe – Patologia construtiva (deficiência justaposição) com alguma perda de finos, sem prejuízo de estabilidade

[Handwritten signature]

4 - Resultados dos ensaios laboratoriais

Os boletins dos ensaios de caracterização química e mecânica dos betões realizados a quatro amostras retiradas de trechos de pilares nas zonas ZR e ZM constam em anexo ao presente documento e resumem-se da seguinte forma:

- . Ausência de carbonatação;
- . Elevadíssimo teor de cloretos nos betões, situação que justifica o estado de corrosão de armaduras, de fissuração, fendilhação e delaminação dos betões;
- . Elevada resistência mecânica à compressão.

Interessa anotar que, durante a retirada dos carotes para ensaio laboratorial e de resistência mecânica, em duas das quatro 4 amostras foi confirmada a existência de camadas de recobrimento com a profundidade variável e máxima de 10 cm (Figuras 40 a 43), de composição claramente distinta da do betão interior (Figura 45).



Figura 41 e 42 – Carote. Superfícies de corte a 10 cm de profundidade

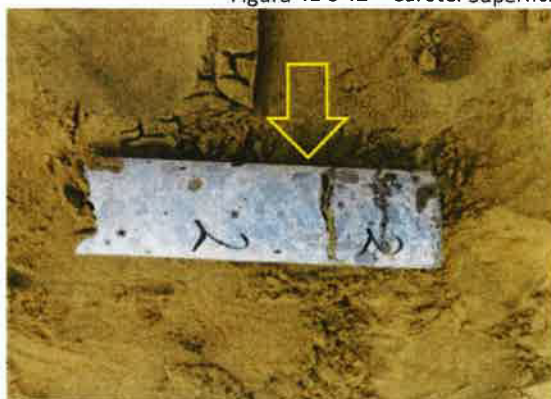


Figura 43 e 44 – Carotes 1 e 2. Superfícies de corte

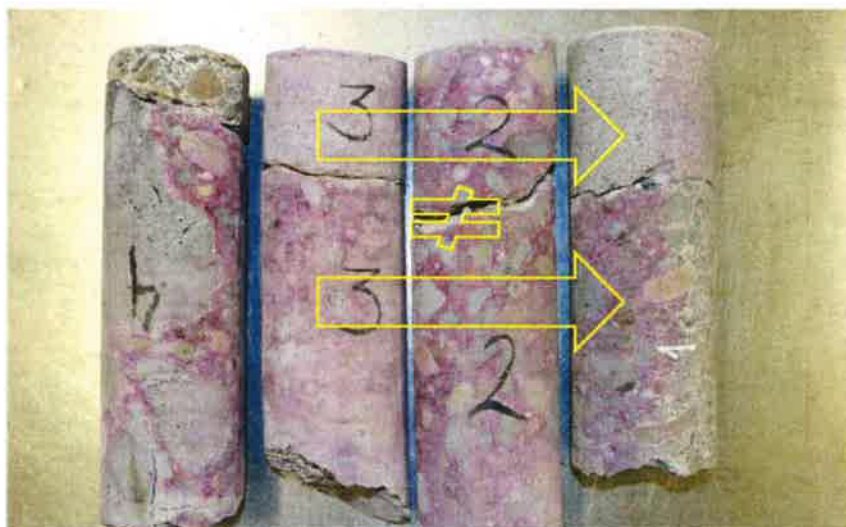
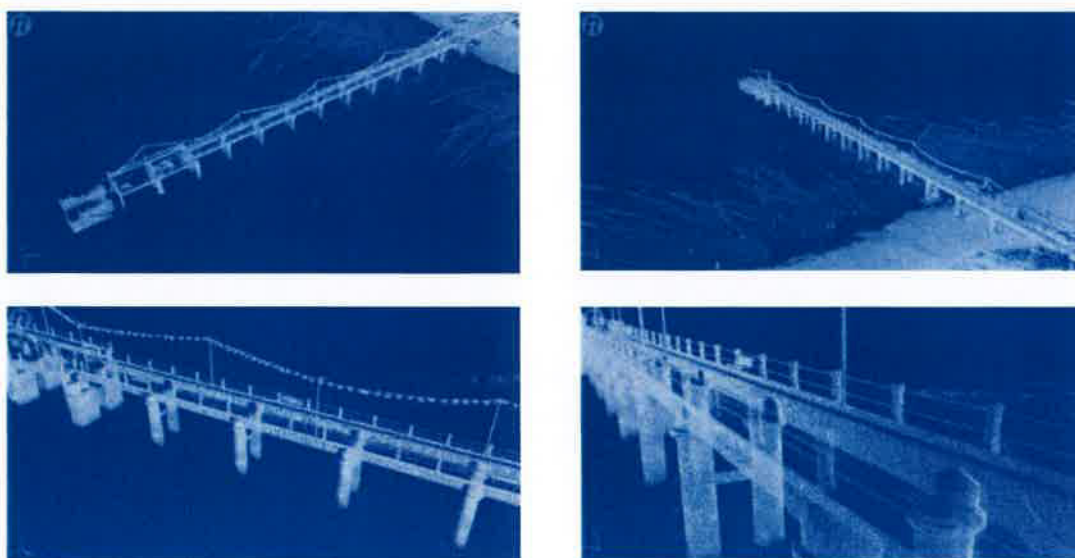


Figura 45 – Camada de recobrimento (ou de reparação) com composição distinta do betão interior

Desconhece-se a razão e a extensão de tais camadas de recobrimento, sendo provável que tenham resultado de reparações efetuadas em datas anteriores, provavelmente à cerca de 20 anos.

5 - Análise de deformações

Para avaliação do estado de deformação da estrutura o LREC procedeu ao seu levantamento tridimensional, tendo sido obtido um modelo georreferenciado de cuja análise se conclui a inexistência de deformações, deslocamentos e/ou assentamentos diferenciais significativos.



Figuras 46 a 49 – Imagens do levantamento tridimensional



[Handwritten signature]

6 - Conclusões

O Cais Velho do Porto Santo, uma infraestrutura emblemática e seguramente de interesse histórico, foi edificado em 1929 (Figura 50), tendo o molhe sido construído em meados do século XX.



Figura 50 – Construção do Cais Velho do Porto Santo

A estrutura emersa, designadamente as vigas e os pórticos que sustentam o tabuleiro, apresentam patologias relevantes, eventualmente com prejuízo da sua capacidade resistente. Na perspetiva do LREC, a estrutura emersa com exceção do tabuleiro, encontra-se em fim de vida útil, sendo expectável a sua degradação exponencial e o agravamento das patologias identificadas nas vigas nos pórticos de sustentação da laje.

Com base nos critérios estabelecidos no ponto 2, a classificação das patologias e de estado dos elementos estruturais vistoriados é a constante nos quadros que se seguem, nos quais as percentagens de afetação dos elementos estruturais são indicativas por resultarem de observação visual, e não de medições efetuadas no local:

Quadro 3 – Classificação de patologias e de estado de elementos estruturais

Coloração do betão (corrosão de armaduras)	Área de degradação				Estado geral
	NA	Nível 1	Nível 2	Nível 3	
Tabuleiro - face inferior	95%	5%			Bom
Vigas - Tabuleiro	70%	30%			Razoável/Fraco
Vigas - Travamento de pórticos	70%	30%			Razoável/Fraco
Pilares - ZA		90%	10%		Fraco/Alarmante

Pilares - ZR		95%	5%		Fraco
Pilares - ZM		100%			Razoável
Pilares - ZS	100%				Razoável
Sapatas de fundação - ZM	100%				Bom
Sapatas de fundação - ZS	100%				Bom
Fissuração do betão					
Tabuleiro - face inferior	95%	10%			Satisfatório
Vigas - Tabuleiro		50%	30%	20%	Fraco/Alarmante
Vigas - Travamento de pórticos		50%	40%	10%	Razoável/Fraco
Pilares - ZA		30%	50%	20%	Alarmante/crítico
Pilares - ZR		80%	30%		Fraco/Alarmante
Pilares - ZM		90%	10%		Satisfatório
Pilares - ZS	95%	15%			Bom
Sapatas de fundação - ZM	100%				Bom
Sapatas de fundação - ZS	100%				Bom
Delaminação do betão					
Tabuleiro - face inferior	95%	5%			Satisfatório
Vigas - Tabuleiro		70%	20%	10%	Fraco/Alarmante
Vigas - Travamento de pórticos		70%	20%	10%	Razoável/Fraco
Pilares - ZA		75%	15%	10%	Alarmante/crítico
Pilares - ZR		80%	15%	5%	Fraco/Alarmante
Pilares - ZM	85%	15%			Satisfatório
Pilares - ZS	100%				Bom
Sapatas de fundação - ZM	100%				Bom
Sapatas de fundação - ZS	100%				Bom
Perda de secção de armaduras					
Tabuleiro - face inferior	95%	5%			Bom/Satisfatório
Vigas - Tabuleiro	70%	15%	5%	5%	Fraco/Alarmante
Vigas - Travamento de pórticos	80%	15%	5%		Razoável
Pilares - ZA	50%	30%	10%	10%	Alarmante/crítico
Pilares - ZR	60%	40%	5%	5%	Fraco/Alarmante
Pilares - ZM	95%	5%			Satisfatório
Pilares - ZS	100%				Bom
Sapatas de fundação - ZM	100%				Bom
Sapatas de fundação - ZS	100/				Bom

Por razões de antiguidade e de interesse histórico é do entendimento geral que a infraestrutura deverá ser preservada, pelo que a sua demolição parcial ou total e reconstrução, mesmo que mantendo a atual geometria, não parece aceitável, até porque de momento não há instabilidade estrutural, ou risco de colapso parcial.

[Handwritten signature]

Os estados fracos, alarmantes ou críticos de importantes elementos estruturais justificam uma grande intervenção de reparação, de dificuldade acrescida por se tratar de uma infraestrutura marítima implantada a batimetrias reduzidas e em zona de rebentação.

Interessa anotar que, no passado recente, há cerca de 20 anos, a supraestrutura foi objeto de uma grande intervenção (Figura 51), tendo então sido reparados alguns dos seus elementos estruturais, designadamente pilares, vigas e substituição do tabuleiro, conforme evidenciado na Figura 51.



Figura 51 – Indícios de reparação (passado recente) do tabuleiro, vigas e encabeçamento de pilares (alteração de cor comparativamente e aos pilares)

Os pilares, os elementos estruturais mais degradados, não foram todos intervencionados.

Contudo, o estado de delaminação, de destacamento, fissuração, fendilhação e exposição de armaduras das vigas e pilares nas áreas intervencionadas, indicia que a reabilitação efetuada nestes elementos chegou ao seu fim de vida útil.

Na prática, qualquer nova medida de reabilitação deverá prever a remoção total das camadas delaminadas, a remoção do betão envolvente das armaduras, o tratamento de armaduras deterioradas e a substituição de varões com perda significativa de secção, o recobrimento com materiais e espessura adequada a obras marítimas.

Tendo em conta o estado dos diversos elementos estruturais, e caso a opção seja a de reabilitação estrutural, o âmbito das intervenções a realizar será sumariamente o seguinte:

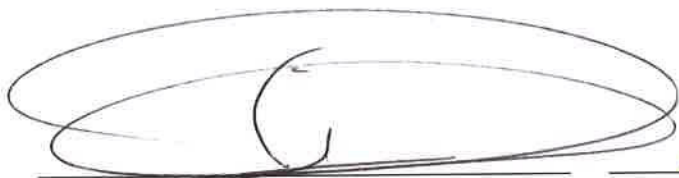
- Face inferior do tabuleiro – Reparações pontuais. Prioridade reduzida. Remoção de zonas delaminadas, limpeza de armaduras expostas e reconstituição de camadas de recobrimento;

- Vigas de suporte do tabuleiro – Reparação geral. Prioridade moderada. Remoção de áreas delaminadas, limpeza e tratamento de armaduras expostas com substituição em caso de perda significativa de seção, reconstituição de camadas de recobrimento.
- Pilares em ZA, ZR e ZM - Reparação geral. Prioridade moderada a elevada. Remoção das áreas delaminadas, limpeza e tratamento de armaduras expostas, substituição de armaduras em caso de perda significativa de seção, reconstituição integral das camadas de recobrimento.
- Pilares em ZS – Sem necessidade de intervenção
- Sapatas de fundação – Reforços pontuais para consolidação de bases de fundação.

Tendo em conta a natureza e a complexidade dos trabalhos a realizar, a reabilitação estrutural exige estudo prévio e a avaliação das características físicas, químicas e mecânicas do betão, o que obriga a realização de ensaios complementares, o levantamento detalhado das áreas afetadas e seleção dos materiais e técnicas construtivas a adotar.

Como medida preventiva imediata, recomenda-se a título provisório a remoção das zonas delaminadas e em vias de destacamento das faces inferiores e laterais das vigas de sustentação da laje de tabuleiro, incluindo a proteção de armaduras subjacentes, face ao risco de queda de destroços sobre banhistas.

O Laboratório Regional de Engenharia Civil, Funchal, 13 de outubro de 2020



J. A. Pimenta de França (Eng. Civil)



César Lourenço (Eng. Civil)

ANEXOS

Boletins de Ensaios



LABORATÓRIO REGIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

GOVERNO REGIONAL DA MADEIRA

Laboratório Regional de Engenharia Civil

DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS E MATERIAIS

O DIRECTOR DE DEPARTAMENTO
ENG.º LUIS CORREIA

Processo n.º: **12.01.02** Pedido n.º: **119/20** Boletim n.º: **DEM/R0158/20**

Data do Pedido: **28/09/2020** Pág. n.º: **1/1**

Requerente: **SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS**

Endereço: **RUA DR. PESTANA JÚNIOR, N.º 6 9064-506 FUNCHAL**

Obra: **CAIS VELHO DO PORTO SANTO**

Resultados dos Ensaios

BETÃO. EXTRACÇÃO, EXAME E ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CAROTES - NP EN 12504-1
BETÃO. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - NP EN 12390-3 (ANEXO B)

Máxima Dimensão Nominal do Agregado	Método usado para preparação	Condições de humidade superficial	Data de Carotagem
----	CORTE	HÚMIDA	24/09/2020

Número do provete	Data		Idade (dias)	Dimensões			Secção A (mm²)	Massa (kg)	Rotura		Tipo de Fractura
	Fabrico	Ensaio		Ø (mm)	h (mm)	h/Ø			Força (KN)	Tensão (MPa)	
P3	---	20/09/28	---	94	95	1,00	6992	1,691	304	43,5	Satisfatória
P2	---	20/09/28	---	94	94	1,00	6984	1,716	492	70,5	Satisfatória
P4	---	20/09/28	---	94	95	1,01	6995	1,688	346	49,5	Satisfatória
P4	---	20/09/28	---	94	95	1,00	7003	1,857	611	87,0	Satisfatória

Observações:

O Laboratório não é responsável pela amostragem, fabrico e cura dos materiais ensaiados

FUNCHAL, 1 OUTUBRO 2020

O CHEFE DA ULMC

ENG.º LUIS CORREIA

O DIRECTOR DE DEPARTAMENTO

ENG.º LUIS CORREIA

Processo n.: **12.01.02** Pedido n.: **119/20** Boletim n.: **DEM/R0159/20**

Data do Pedido: **28/09/2020** Pág. n.: **1/1**

Requerente: **SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS**

Endereço: **RUA DR. PESTANA JÚNIOR, N.º 6 9064-506 FUNCHAL**

Obra: **CAIS VELHO DO PORTO SANTO**

Referências da amostra		Referência da amostra laboratorial	Designação da amostra	Data	
Interna	Externa			Entrada	Ensaio
119/20-1	P3	119/20-1.2	Betão	23/09/2020	23/09/2020

Resultados dos Ensaios

Data de Recolha: **23/09/2020**

BETÃO. PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO - LNEC E 391:1993

Face	Profundidade de Carbonatação		
	Mínimo (mm)	Médio (mm)	Máximo (mm)
Exterior	0	0	0
Interior	0	0	0



Observações:

O Laboratório não é responsável pela amostragem, fabrico e cura dos materiais ensaiados

FUNCHAL, 1 OUTUBRO 2020

O CHEFE DE BOM

DR. ENQ FERNANDES

O DIRECTOR DE DEPARTAMENTO

ENG.º LUIS CORREIA

Processo n.: **12.01.02** Pedido n.: **119/20** Boletim n.: **DEM/R0160/20**

Data do Pedido: **28/09/2020** Pág. n.: **1/1**

Requerente: **SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS**

Endereço: **RUA DR. PESTANA JÚNIOR, N.º 6 9064-506 FUNCHAL**

Obra: **CAIS VELHO DO PORTO SANTO**

Referências da amostra		Referência da amostra laboratorial	Designação da amostra	Data	
Interna	Externa			Entrada	Ensaio
119/20-2	P2	119/20-2.2	Betão	23/09/2020	23/09/2020

Resultados dos Ensaios

Data de Recolha: **23/09/2020**

BETÃO. PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO - LNEC E 391:1993

Face	Profundidade de Carbonatação		
	Mínimo (mm)	Médio (mm)	Máximo (mm)
Exterior	0	0	0
Interior	0	0	0



Observações:

O Laboratório não é responsável pela amostragem, fabrico e cura dos materiais ensaiados

FUNCHAL, 1 OUTUBRO 2020

O CHEFE DA ULQM

CR. ENQ. FERNANDES


 ENG. LUIS CORREIA

 Processo n.: **12.01.02** Pedido n.: **119/20** Boletim n.: **DEM/R0161/20**

 Data do Pedido: **28/09/2020** Pág. n.: **1/1**

 Requerente: **SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS**

 Endereço: **RUA DR. PESTANA JÚNIOR, N.º 6 9064-506 FUNCHAL**

 Obra: **CAIS VELHO DO PORTO SANTO**

Referências da amostra		Referência da amostra laboratorial	Designação da amostra	Data	
Interna	Externa			Entrada	Ensaio
119/20-3	P4TE	119/20-3.2	Betão	23/09/2020	23/09/2020

Resultados dos Ensaios
 Data de Recolha: **23/09/2020**
BETÃO. PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO - LNEC E 391:1993

Face	Profundidade de Carbonatação		
	Mínimo (mm)	Médio (mm)	Máximo (mm)
Exterior	0	0	0
Interior	0	0	0



Observações:

O Laboratório não é responsável pela amostragem, fabrico e cura dos materiais ensaiados

FUNCHAL, 1 OUTUBRO 2020

ACHETE DA ULQM


 DR. J. M. FERNANDES

[Assinatura]
ENG. LUIS CORREIA

Processo n.: **12.01.02** Pedido n.: **119/20** Boletim n.: **DEM/R0162/20**

Data do Pedido: **28/09/2020** Pág. n.: **1/1**

Requerente: **SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS**

Endereço: **RUA DR. PESTANA JÚNIOR, N.º 6 9064-506 FUNCHAL**

Obra: **CAIS VELHO DO PORTO SANTO**

Referências da amostra		Referência da amostra laboratorial	Designação da amostra	Data	
Interna	Externa			Entrada	Ensaio
119/20-4	P4MD	119/20-4.2	Betão	23/09/2020	23/09/2020

Resultados dos Ensaios

Data de Recolha: **23/09/2020**

BETÃO, PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO - LNEC E 391:1993

Face	Profundidade de Carbonatação		
	Mínimo (mm)	Médio (mm)	Máximo (mm)
Exterior	0	0	0
Interior	0	0	0



Observações:

O Laboratório não é responsável pela amostragem, fabrico e cura dos materiais ensaiados

FUNCHAL, 1 OUTUBRO 2020

O CHEFE DA ULQM

[Assinatura]
DR. ENO FERNANDES

O DIRECTOR DE DEPARTAMENTO

ENG.º LUIS CORREIA

Processo n.º: **12.01.02** Pedido n.º: **119/20** Boletim n.º: **DEM/R0163/20**

Data do Pedido: **28/09/2020** Pág. n.º: **1/2**

Requerente: **SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS**

Endereço: **RUA DR. PESTANA JÚNIOR, N.º 6 9064-506 FUNCHAL**

Obra: **CAIS VELHO DO PORTO SANTO**

Referências da amostra		Referência da amostra laboratorial	Designação da amostra	Data	
Interna	Externa			Entrada	Ensaio
119/20-5	VIGA	119/20-5.1	Betão	28/09/2020	30/09/2020

Resultados dos Ensaios

A amostra foi recolhida através de perfuração múltipla com berbequim. As fracções pulverizadas foram reunidas e homogeneizadas antes de serem analisadas.

BETÃO. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORETOS EM BETÃO ENDURECIDO - EN 14629:2007.
MÉTODO DE DETERMINAÇÃO: TITULAÇÃO POTENCIOMÉTRICA

Subamostra	Profundidade (mm)		Teor Cloretos (%)	
	Inicial	Final	por massa de betão	por massa de cimento*
A	10	30	0,045	0,323
B	30	50	0,039	0,275
C	50	70	0,018	0,126
D	70	90	0,030	0,215
E	90	110	0,025	0,175
F	110	130	0,039	0,279
G				
H				
I				
J				
K				
L				
M				
N				

Nota: * assumindo que o betão apresenta um teor de: 14 % em cimento (teor estimativo - EN 14629:2007).

Observações:

O Laboratório não é responsável pela amostragem, fabrico e cura dos materiais ensaiados

O DIRECTOR DE ULOM

DR. SMO FERNANDES

O DIRECTOR DE DEPARTAMENTO

ENGR. LUIS CORREIA

Processo n.º: 12.01.02

Pedido n.º:

119/20

Boletim n.º:

DEM/R0163/20

Data do Pedido:

28/09/2020

Pág. n.º:

2/2

Requerente:

SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS

Endereço:

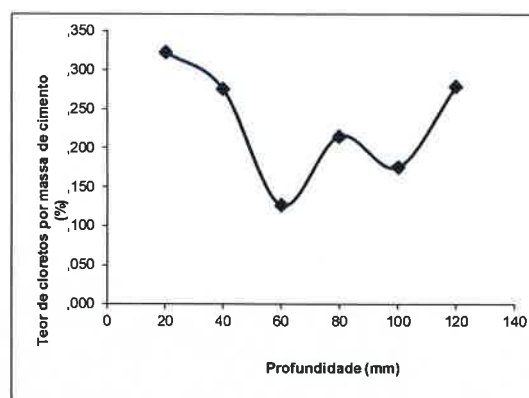
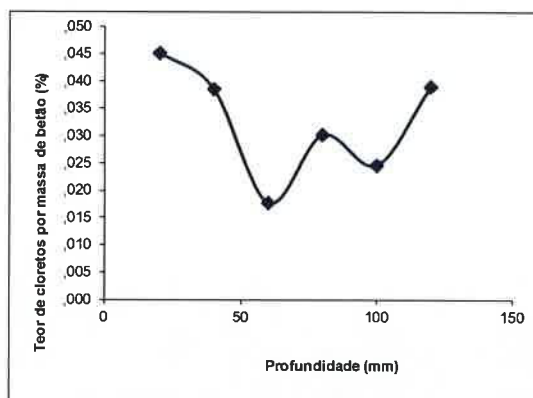
RUA DR. PESTANA JÚNIOR. N.º 6 9064-506 FUNCHAL

Obra:

CAIS VELHO DO PORTO SANTO

Referências da amostra		Referência da amostra laboratorial	Designação da amostra	Data	
Interna	Externa			Entrada	Ensaio
119/20-5	VIGA	119/20-5.1	Betão	28/09/2020	30/09/2020

Resultados dos Ensaios



Fotografia (com indicação das subamostras, quando disponível)

Observações:

O Laboratório não é responsável pela amostragem, fabrico e cura dos materiais ensaiados

FUNCHAL, 1 OUTUBRO 2020

O CHEFE DA ULOM

DR. SÁO FERNANDES



GOVERNO REGIONAL DA MADEIRA

Laboratório Regional de Engenharia Civil

DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS E MATERIAIS

LABORATÓRIO REGIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

O DIRECTOR DE DEPARTAMENTO

ENG. LUIS CORREIA

Processo n.: **12.01.02** Pedido n.: **119/20** Boletim n.: **DEM/R0164/20**

Data do Pedido: **28/09/2020** Pág. n.: **1/2**

Requerente: **SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS**

Endereço: **RUA DR. PESTANA JÚNIOR, N.º 6 9064-506 FUNCHAL**

Obra: **CAIS VELHO DO PORTO SANTO**

Referências da amostra		Referência da amostra laboratorial	Designação da amostra	Data	
Interna	Externa			Entrada	Ensaio
119/20-6	P1A	119/20-6.1	Betão	28/09/2020	28/09/2020

Resultados dos Ensaios

A amostra foi recolhida através de perfuração múltipla com berbequim. As fracções pulverizadas foram reunidas e homogeneizadas antes de serem analisadas.

BETÃO. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORETOS EM BETÃO ENDURECIDO - EN 14629:2007.
MÉTODO DE DETERMINAÇÃO: TITULAÇÃO POTENCIOMÉTRICA

Subamostra	Profundidade (mm)		Teor Cloretos (%)	
	Inicial	Final	por massa de betão	por massa de cimento*
A	10	30	0,672	4,802
B	30	50	0,517	3,693
C	50	70	0,420	2,999
D	70	90	0,512	3,655
E	90	110	0,488	3,489
F	110	130	0,387	2,764
G				
H				
I				
J				
K				
L				
M				
N				

Nota: * assumindo que o betão apresenta um teor de: 14 % em cimento (teor estimativo - EN 14629:2007).

Observações:

O Laboratório não é responsável pela amostragem, fabrico e cura dos materiais ensaiados

O DIRECTOR DA UDM

DR. ERNESTO FERNANDES

O DIRECTOR DE DEPARTAMENTO

ENG. LUIS CORREIA

Processo n.º: 12.01.02

Pedido n.º:

119/20

Boletim n.º:

DEM/R0164/20

Data do Pedido:

28/09/2020

Pág. n.º:

2/2

Requerente:

SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS

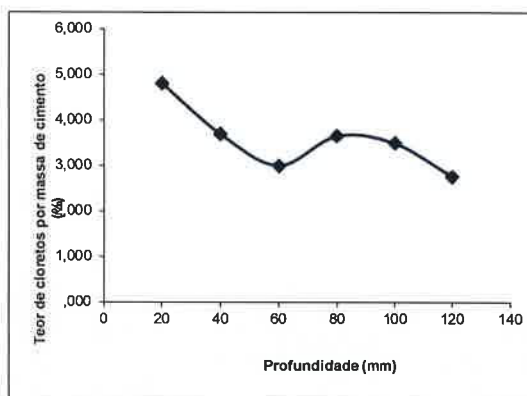
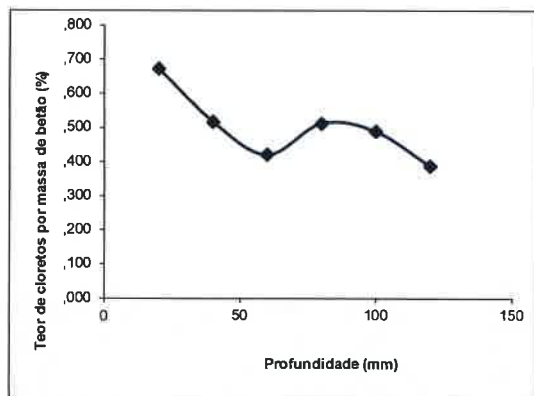
Endereço:

RUA DR. PESTANA JÚNIOR, N.º 6 9064-506 FUNCHAL

Obra:

CAIS VELHO DO PORTO SANTO

Referências da amostra		Referência da amostra laboratorial	Designação da amostra	Data	
Interna	Externa			Entrada	Ensaio
119/20-6	P1A	119/20-6.1	Betão	28/09/2020	28/09/2020

Resultados dos Ensaios

Fotografia (com indicação das subamostras, quando disponível)

Observações:

O Laboratório não é responsável pela amostragem, fabrico e cura dos materiais ensaiados

FUNCHAL, 1 OUTUBRO 2020

DR. CHEPE DALLON

DR. ENRIQUE FERNANDES

O DIRECTOR DE DEPARTAMENTO

ENG. LUIS CORREIA

Processo n.: **12.01.02** Pedido n.: **119/20** Boletim n.: **DEM/R0165/20**

Data do Pedido: **28/09/2020** Pág. n.: **1/2**

Requerente: **SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS**

Endereço: **RUA DR. PESTANA JÚNIOR, N.º 6 9064-506 FUNCHAL**

Obra: **CAIS VELHO DO PORTO SANTO**

Referências da amostra		Referência da amostra laboratorial	Designação da amostra	Data	
Interna	Externa			Entrada	Ensaio
119/20-7	P3A	119/20-7.1	Betão	28/09/2020	28/09/2020

Resultados dos Ensaios

A amostra foi recolhida através de perfuração múltipla com berbequim. As fracções pulverizadas foram reunidas e homogeneizadas antes de serem analisadas.

BETÃO. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORETOS EM BETÃO ENDURECIDO - EN 14629:2007.
MÉTODO DE DETERMINAÇÃO: TITULAÇÃO POTENCIOMÉTRICA

Subamostra	Profundidade (mm)		Teor Cloretos (%)	
	Inicial	Final	por massa de betão	por massa de cimento*
A	10	30	1,146	8,189
B	30	50	0,733	5,237
C	50	70	0,513	3,665
D	70	90	0,428	3,054
E	90	110	0,234	1,673
F	110	130	0,380	2,714
G				
H				
I				
J				
K				
L				
M				
N				

Nota: * assumindo que o betão apresenta um teor de: 14 % em cimento (teor estimativo - EN 14629:2007).

Observações:

O Laboratório não é responsável pela amostragem, fabrico e cura dos materiais ensaiados

O DIRECTOR DE DEPARTAMENTO

DR. MIGUEL FERNANDES

O DIRECTOR DE DEPARTAMENTO

ENG.º LUIS CORREIA

Processo n.: **12.01.02** Pedido n.: **119/20** Boletim n.: **DEM/R0165/20**

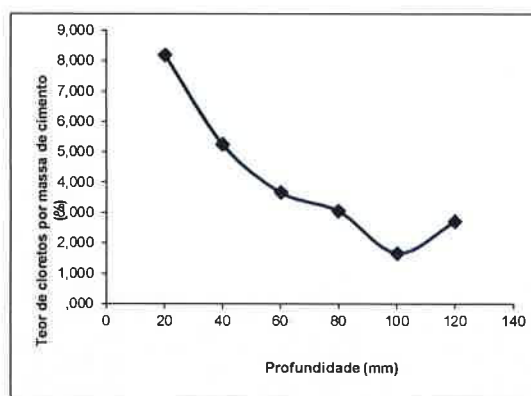
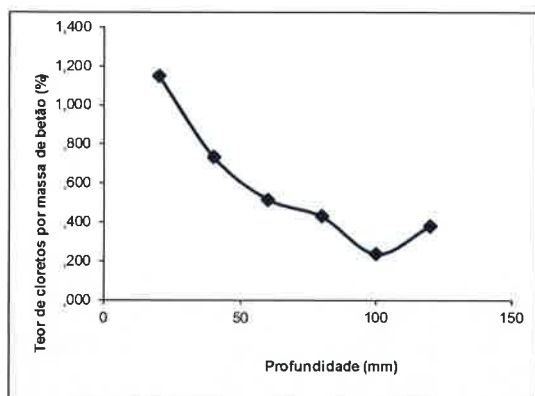
Data do Pedido: **28/09/2020** Pág. n.: **2/2**

Requerente: **SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS**

Endereço: **RUA DR. PESTANA JÚNIOR, N.º 6 9064-506 FUNCHAL**

Obra: **CAIS VELHO DO PORTO SANTO**

Referências da amostra		Referência da amostra laboratorial	Designação da amostra	Data	
Interna	Externa			Entrada	Ensaio
119/20-7	P3A	119/20-7.1	Betão	28/09/2020	28/09/2020

Resultados dos Ensaios

Fotografia (com indicação das subamostras, quando disponível)

Observações:

O Laboratório não é responsável pela amostragem, fabrico e cura dos materiais ensaiados

FUNCHAL, 1 OUTUBRO 2020

DIRECTOR DA UQM

DR. ENO BERNARDES

O DIRECTOR DE DEPARTAMENTO

ENG.º LUIS CORREIA

Processo n.º: **12.01.02** Pedido n.º: **119/20** Boletim n.º: **DEM/R0166/20**
 Data do Pedido: **28/09/2020** Pág. n.º: **1/2**
 Requerente: **SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS**
 Endereço: **RUA DR. PESTANA JÚNIOR, N.º 6 9064-506 FUNCHAL**
 Obra: **CAIS VELHO DO PORTO SANTO**

Referências da amostra		Referência da amostra laboratorial	Designação da amostra	Data	
Interna	Externa			Entrada	Ensaio
119/20-8	P4A	119/20-8.1	Betão	28/09/2020	29/09/2020

Resultados dos Ensaios

A amostra foi recolhida através de perfuração múltipla com berbequim. As fracções pulverizadas foram reunidas e homogeneizadas antes de serem analisadas.

BETÃO. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORETOS EM BETÃO ENDURECIDO - EN 14629:2007.
MÉTODO DE DETERMINAÇÃO: TITULAÇÃO POTENCIOMÉTRICA

Subamostra	Profundidade (mm)		Teor Cloretos (%)	
	Inicial	Final	por massa de betão	por massa de cimento*
A	10	30	1,084	7,742
B	30	50	0,663	4,739
C	50	70	0,567	4,052
D	70	90	0,488	3,483
E	90	110	0,324	2,315
F	110	130	0,162	1,154
G				
H				
I				
J				
K				
L				
M				
N				

Nota: * assumindo que o betão apresenta um teor de: 14 % em cimento (teor estimativo - EN 14629:2007).

Observações:

O Laboratório não é responsável pela amostragem, fabrico e cura dos materiais ensaiados

O DIRECTOR DA ULOM

DR. PAULO FERNANDES

O DIRECTOR DE DEPARTAMENTO

ENGR. LUIS CORREIA

Processo n.º 12.01.02

Pedido n.º

119/20

Boletim n.º

DEM/R0166/20

Data do Pedido:

28/09/2020

Pág. n.º

2/2

Requerente:

SECRETARIA REGIONAL DE EQUIPAMENTOS E INFRAESTRUTURAS

Endereço:

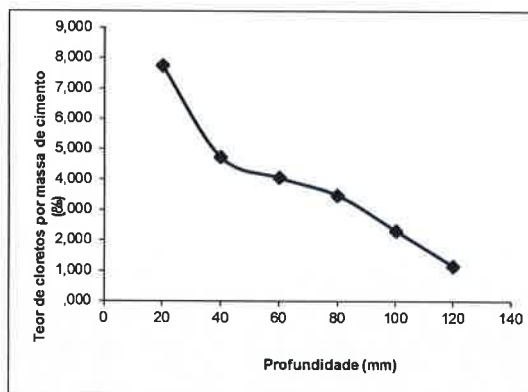
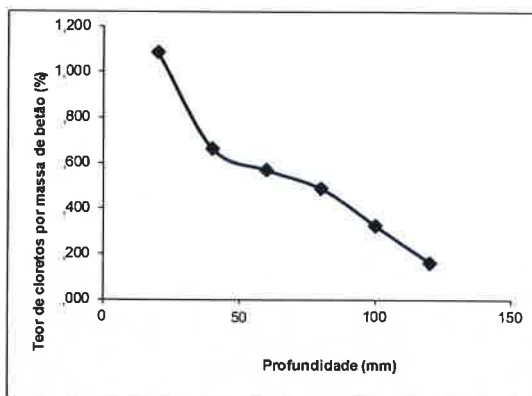
RUA DR. PESTANA JÚNIOR, N.º 6 9064-506 FUNCHAL

Obra:

CAIS VELHO DO PORTO SANTO

Referências da amostra		Referência da amostra laboratorial	Designação da amostra	Data	
Interna	Externa			Entrada	Ensaio
119/20-8	P4A	119/20-8.1	Betão	28/09/2020	29/09/2020

Resultados dos Ensaios



Fotografia (com indicação das subamostras, quando disponível)

Observações:

O Laboratório não é responsável pela amostragem, fabrico e cura dos materiais ensaiados

FUNCHAL, 1 OUTUBRO 2020

O DIRECTOR DA ULOM

DR. ENO FERNANDES