



## PONTE-CAIS NO PORTO DAS LAJES DAS FLORES

Marlene Dias<sup>(1)</sup>; João Robalo<sup>(1)</sup>; Flávio Pereira<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> MSW – Estudos e Projetos de Obras Marítimas, Lda; <sup>(2)</sup> Portos dos Açores, S.A.  
[mdias@msw-consultores.pt](mailto:mdias@msw-consultores.pt), [jrobalo@msw-consultores.pt](mailto:jrobalo@msw-consultores.pt), [fpereira@portosdosacores.pt](mailto:fpereira@portosdosacores.pt)

### Resumo

A passagem do furacão Lorenzo pelo arquipélago dos Açores provocou graves danos no Porto Comercial das Lajes das Flores, condicionando gravemente a sua operacionalidade. De modo a garantir os abastecimentos às Ilhas das Flores e do Corvo, tornou-se indispensável realizar um conjunto de obras de emergência para permitir utilizar as instalações ainda com capacidade operacional. Nesse sentido, a Portos dos Açores, S.A. adjudicou à MSW – Estudos e Projetos de Obras Marítimas, Lda os estudos e projectos destas obras, nas quais se inclui a construção de uma nova Ponte-Cais.

Na presente comunicação abordam-se os aspectos relativos ao dimensionamento da Ponte-Cais, nomeadamente as acções envolvidas, as condições do local, a modelação da estrutura e a análise do seu comportamento, terminando com a verificação da sua segurança. São igualmente apresentados aspectos relativos ao processo construtivo da estrutura.

### 1. Introdução

Devido às graves consequências da passagem do furacão Lorenzo, foi necessário estabelecer objectivos de curto prazo e de médio prazo. Os objectivos de curto prazo consistem em garantir a movimentação de mercadorias e passageiros por via marítima durante a reconstrução do porto através da realização de um conjunto de obras de emergência. Os objectivos de médio prazo envolvem a reconstrução das obras portuárias danificadas, adoptando soluções que permitam dotar o porto de melhores condições de operacionalidade e de segurança, nomeadamente: melhorar as condições de abrigo na bacia portuária; aumentar os fundos de serviço dos cais; criar redundâncias para garantir a permanente disponibilidade de cais; separar os diversos sectores portuários, para melhorar o seu funcionamento e minimizar os riscos de acidente.

As obras de emergência englobam algumas obras mais urgentes, como o muro de reforço do enraizamento do molhe para protecção do terraplano e da estrada de acesso ao porto e para garantir a operacionalidade do Cais -5 m (ZH), que assegura a movimentação das mercadorias necessárias às Ilhas das Flores e do Corvo enquanto novos cais não são construídos, o reforço do sistema de amarração e acostagem do Cais -5 m (ZH) e a construção de um edifício para garagem de máquinas com 800 m<sup>2</sup>, mas também uma Ponte-Cais com 168 m de comprimento, acostável em ambos os lados e com fundos de serviço de -7 m (ZH) no lado SE e de -6 m (ZH) no lado NW, uma rampa Ro-Ro com 22 m de largura, trabalhos de dragagem na bacia de manobra e a reparação dos pavimentos portuários.

Quanto às obras de reconstrução do porto a médio prazo, incluem a reconstrução do molhe e respectivo prolongamento, a construção de um novo cais aderente ao molhe com 170 m de comprimento, 50 m de largura e fundos de serviço de -9 m (ZH), de um novo edifício para gare de passageiros, apoio ao recreio náutico e serviços administrativos, assim como a reabilitação das redes técnicas gerais.

Na presente comunicação, cujo enfoque é a Ponte-Cais, segue-se a descrição das condições do local da obra, nomeadamente os aspectos relevantes relacionados com a topo-hidrografia, com as características geológico-geotécnicas do terreno de fundação e também com as condições marítimas a que a obra estará exposta. De seguida, é apresentada a solução estrutural definida para a Ponte-Cais, onde se justificam os diversos elementos estruturais que a constituem.



## 2. Condições do local

### 2.1. Topo-hidrografia

O Porto das Lajes das Flores situa-se na extremidade sudeste da ilha, numa enseada que se desenvolve entre a Ponta do Baixio, a Sul, e a Ponta do Capitão, a Norte. Em Janeiro de 2020, após a passagem do furacão Lorenzo, foi realizado um levantamento topo-hidrográfico com multifeixe e laser scanner, que serviu de base à elaboração do Projecto de Execução, e segundo o qual se verifica que os fundos, na localização da Ponte-Cais, variam aproximadamente entre -6.5 m (ZH) e -12.0 m (ZH).

### 2.2. Geologia e Geotecnia

Do ponto de vista geológico, as Ilhas das Flores e do Corvo situam-se a Oeste da Crista Média Atlântica, na placa litosférica Americana, num contexto geodinâmico estável, caracterizado por uma actividade sismogénica muito reduzida e sem vulcanismo histórico.

Da análise da carta geológica, pode observar-se que os afloramentos rochosos na área da vila das Lajes pertencem ao Complexo Superior (unidades A, B e F). As unidades A e B surgem na arriba oposta ao porto e a unidade F, que corresponde às rochas que se podem observar junto ao porto, consiste em escoadas lávicas de natureza basáltica.

Em janeiro de 2020 foi realizado, juntamente com o levantamento batimétrico, um levantamento geofísico para determinação da espessura da cobertura sedimentar sobre o substrato rochoso no interior da bacia portuária. A partir da análise deste levantamento, verifica-se que, na área de implantação da Ponte-Cais, a camada de sedimentos apresenta uma espessura variável. Ocorrem igualmente afloramentos rochosos na extremidade NE da Ponte-Cais, ao longo de aproximadamente 70 m de comprimento da estrutura.

A caracterização geotécnica do maciço rochoso foi feita, por um lado, com base na geologia, e por outro, extrapolando os resultados obtidos na campanha de prospecção geológico-geotécnica integrada na empreitada da Protecção de Emergência.

### 2.3. Agitação Marítima

Nos diversos estudos de base realizados pela MSW inclui-se o estudo de agitação realizado com o objectivo de estimar o regime de eventos extremos das ondas incidentes na proximidade do Porto das Lajes das Flores, para a definição da altura da onda de projecto e para a caracterização do clima de agitação em diversos locais no interior do porto, através de um conjunto de modelos de tipo espectral.

Uma vez completada a transposição da agitação para o interior do porto, a definição da onda de projecto para o dimensionamento da Ponte-Cais foi feita através da extracção dos máximos anuais das séries temporais de altura significativa nos quatro pontos assinalados na figura seguinte, situados na extremidade da Ponte-Cais, localizados entre as profundidades de -11.2 m (ZH) e de -12.8 m (ZH).

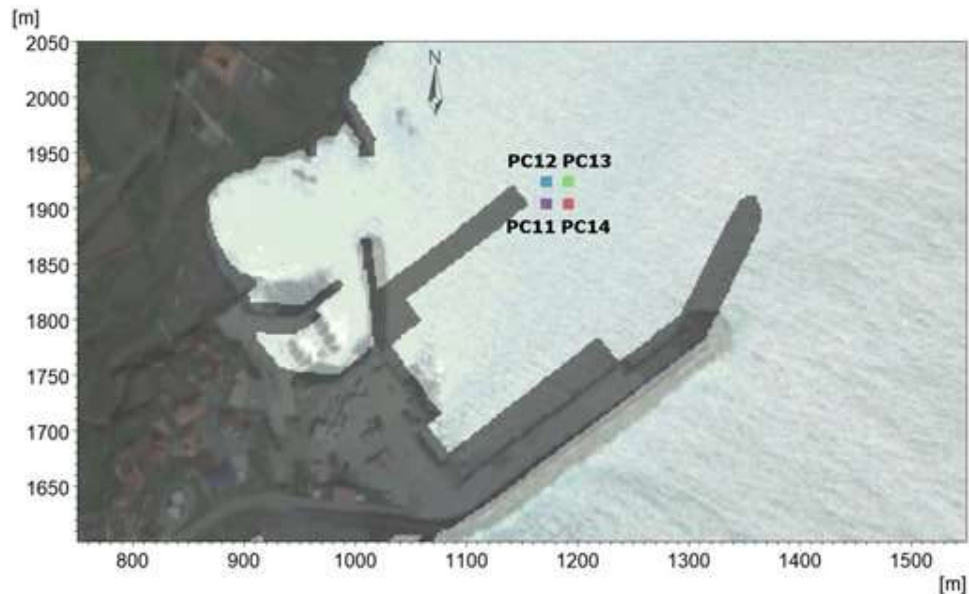


Figura 3. Localização em planta dos pontos de avaliação da onda de projecto.

#### 2.4. Outras acções de projecto

A Ponte-Cais servirá navios de carga geral com 100 m de comprimento, 6.5 m de calado e cerca de 9000 toneladas de deslocamento, assim como *ferries* com 115 m de comprimento, 6 m de calado e 5600 toneladas de deslocamento. Servirá também navios de transporte de combustíveis com 85 m de comprimento, 5.5 m de calado e 4840 toneladas de deslocamento. Desta forma, a Ponte-Cais será dotada de defensas cilíndricas com 2.00 m de comprimento e diâmetro exterior de 1.50 m e interior de 0.75 m, assim como de cabeços de amarração com 1000 kN de capacidade nominal.

Na Ponte-Cais poderão circular veículos correntes e também veículos do tipo Reach Staker com capacidade para manobrar cargas até 45 toneladas.

Foi também realizada a análise sísmica da estrutura.

### 3. Ponte-Cais – Descrição da solução e da respectiva verificação de segurança

#### 3.1. Descrição geral da estrutura

A Ponte-Cais será implantada a cerca de 27 m do enraizamento do molhe do Porto de Recreio, segundo um alinhamento paralelo ao molhe principal do porto, e terá um comprimento total de 168 m, dos quais 147 m são acostáveis no lado SE, com fundos de serviço de -7.00 m (ZH), e 129 m no lado NW, com fundos de serviço de -6.00 m (ZH), conforme ilustrado na figura seguinte. A estrutura terá 20 m de largura e coroamento à cota +4.00 m (ZH).

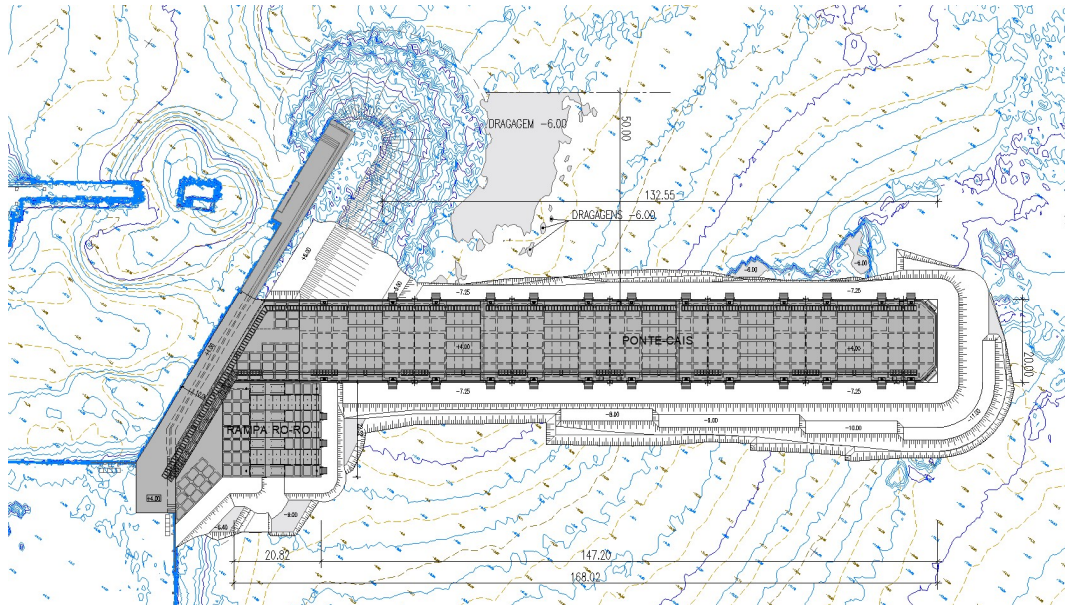


Figura 4. Planta de implantação da Ponte-Cais.

### 3.2. Infraestrutura e fundação

A infraestrutura da Ponte-Cais será constituída por sete caixotões pré-fabricados em betão armado, fundados sobre um prisma de enrocamento, com 19.00 m de largura e afastados longitudinalmente de 23.35 m, originando um vão entre caixotões de 8.00 m com o propósito de reduzir a reflexão da agitação incidente na estrutura para o interior do porto.

Devido à estimativa da presença do maciço rochoso praticamente à superfície ao longo de todo o desenvolvimento da Ponte-Cais, foi tomada a opção por fundação directa da infraestrutura. O projecto de execução prevê assim a dragagem dos solos depositados sobre o maciço rochoso assim como o desmonte de rocha quando esta se encontra a profundidades inferiores aos limites definidos para fundação do prisma de enrocamento da estrutura, que são os -9 m (ZH) em geral, e os -10 m (ZH) na extremidade NE da Ponte-Cais. Após serem realizados os trabalhos de dragagem e desmonte de rocha necessários, será construído o prisma de fundação constituído por um núcleo em TOT protegido por um manto de enrocamento de 0.5 a 1.5 toneladas, conforme ilustrado no perfil da figura seguinte.

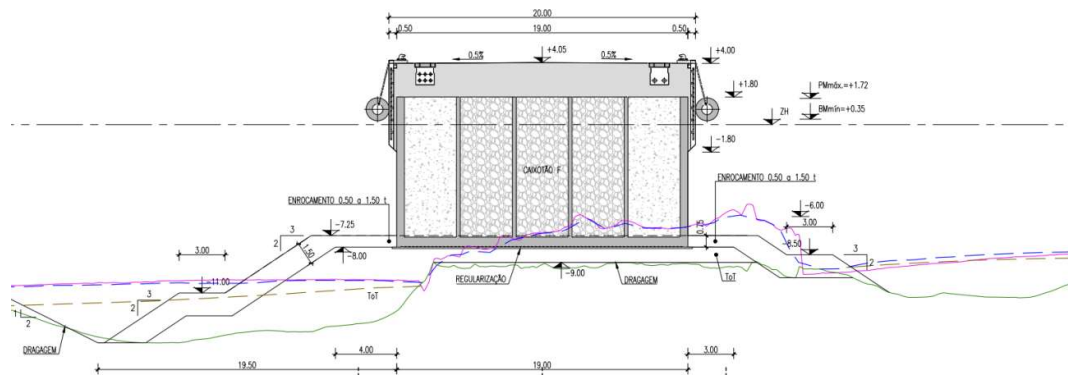


Figura 5. Corte transversal da Ponte-Cais, na zona de caixotão.

Os caixotões pré-fabricados em betão armado são uma solução robusta que permite aproveitar



ao máximo as possibilidades de pré-fabricação, evitando assim os trabalhos in-situ e dentro de água. Após o afundamento e colocação dos caixotões à cota -8 m (ZH), no local definido e sobre a superfície do prisma de enrocamento previamente regularizado com rachão, as suas células interiores serão preenchidas com enrocamento e as células que definem o perímetro exterior do caixotão serão preenchidas em toda a sua altura com betão simples, à excepção das células que servirão para o encastramento das paredes verticais entre caixotões.

A transição entre a estrutura de acesso e a Ponte-Cais será estabelecida através da colocação de aduelas pré-fabricadas em betão armado sobre uma camada de fundação em enrocamento TOT. O tardo de estas estruturas será preenchido também com enrocamento TOT e as células serão preenchidas com betão armado para solidarização com a superestrutura maciça, também em betão armado e com a mesma largura que a Ponte-Cais.

A análise e verificação de segurança geotécnica da fundação da Ponte-Cais foram realizadas com recurso ao *software* Plaxis 2D, sendo a onda de projecto a acção condicionante.

### 3.4. Superestrutura

Sobre os caixotões será realizada uma superestrutura maciça de betão armado, com 20 m de largura e portanto uma sobrelargura de 0.50 m relativamente às faces dos caixotões, de modo a acomodar eventuais desvios de implantação.

A cota de coroamento no bordo do cais será +4 m (ZH), subindo transversalmente com uma inclinação de 0.5% até ao centro da estrutura, permitindo assim o escoamento de águas superficiais, como ilustrado na Figura 5.

A superestrutura sobre os caixotões servirá assim para acomodar as defensas, duas de cada lado de cada caixotão, cabeços de amarração alinhados com elas e umas escadas de emergência entre cada par de defensas. Também aqui serão instaladas as caixas técnicas, nomeadamente as caixas de montagem e as caixas para tomada de combustível, de água e de electricidade, estas últimas situadas sensivelmente a meio da Ponte-Cais e na extremidade NE. Em relação às redes técnicas, o lado NW está destinado à rede de combustíveis, que deve estar isolada das restantes redes e envolve uma caleira acessível em todo o seu comprimento, coberta com tampas de betão armado apenas interrompidas na zona das juntas de dilatação. Já no lado SE, as redes de água e electricidade serão instaladas em negativos deixados na superestrutura de betão sobre os caixotões e em caleiras nos troços entre caixotões, onde apenas tem uma tampa de inspecção a meio vão.

Os vãos de 8 m entre caixotões serão vencidos através de um tabuleiro constituído por um conjunto de vigas e lajes pré-fabricadas, solidarizadas por uma betonagem in-situ. Mais uma vez, a solução baseada em elementos pré-fabricados permite evitar ao máximo a complexidade dos trabalhos in-situ.

Conforme ilustrado na Figura 6, prevêem-se dois tipos de geometria distintos para as vigas pré-fabricadas: as interiores são vigas essencialmente rectangulares com salientes no topo que servem de consolos para apoio das lajes pré-fabricadas; as exteriores têm forma de "U" de modo a servir de caleiras para acomodar as redes técnicas contínuas ao longo de todo o comprimento da Ponte-Cais.

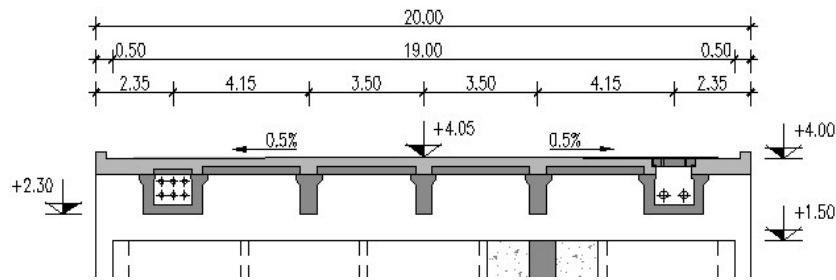


Figura 6. Corte transversal da Ponte-Cais, na zona do vão.

Cada canto sutado no topo da Ponte-Cais será equipado com pares de defensas com 3.50 m de comprimento, dispostas na horizontal uma sobre a outra, e em todo o perímetro da superestrutura da Ponte-Cais existirá um lancil com 0.20 m de altura por 0.30 m de largura, apenas interrompido na zona das escadas de emergência e das fixações das defensas, cuja função é servir de batente para os veículos portuários, como medida de segurança e alerta do bordo do cais.

Em dois dos vãos, numa das extremidades, são adoptadas juntas de dilatação entre a estrutura do tabuleiro e a superestrutura do caixotão, de modo a reduzir os esforços devidos aos efeitos da temperatura e da retracção do betão. As juntas serão equipadas com conectores em aço inox, de modo a acomodar movimentações longitudinais mas garantir a transmissão de esforços transversos nas direcções vertical e horizontal. Nas zonas destas juntas de dilatação, a superestrutura sobre o caixotão tem uma plataforma rebaixada e equipada com aparelhos de apoio em neoprene para apoio provisório das vigas pré-fabricadas do tabuleiro. Aqui, o tabuleiro é reforçado com uma carlinga transversal betonada in-situ, com 0.70 m de largura e 1.70 m de altura. Os conectores em aço inox serão instalados nas vigas pré-fabricadas e na carlinga betonada in-situ.

A análise do comportamento dos tabuleiros da Ponte-Cais foi feita com recurso ao software SAP2000, com recurso a análises globais e locais dos esforços nas vigas e na laje da estrutura causados pelas diversas acções consideradas. Todos os elementos de betão armado foram dimensionados em conformidade, estando verificada a sua segurança estrutural.