



AVANÇO DE TODO O CAIS NORTE DA DOCA N.º 1 E ALARGAMENTO DA SUA RAMPA RO-RO

Hugo Leite ⁽¹⁾; Joana Marques ⁽²⁾; João P. Braga da Cruz ⁽³⁾; Mário Freilão ⁽⁴⁾; João Santos ⁽⁵⁾;
⁽¹⁾⁽²⁾ MSW, Estudos e Projetos de Obras Marítimas, Lda; ⁽³⁾ APDL; ⁽⁴⁾ ETERMAR Engenharia,
SA ; ⁽⁵⁾ Mota-Engil Engenharia, SA

hleite@msw-consultores.pt, jmarques@msw-consultores.pt, doe@apdl.pt, m.freilao@etermar.pt,
Joao.P.Santos@mota-engil.pt.

1. Introdução

A Doca nº 1 do Porto de Leixões foi construída na década de 1930. Trata-se de uma estrutura que foi totalmente executada a seco. As suas margens foram maioritariamente delimitadas por muros de alvenaria de pedra argamassada. O muro-cais norte - estrutura de contenção da margem norte da doca – apresentava, na sua configuração original, duas secções distintas: a jusante, um troço em muro de alvenaria de pedra com argamassa, e a montante, um cais com arcadas.

Na década de 1970, o cais em arcadas começou a revelar sinais de ruína, o que levou à decisão de se construir um novo muro-cais à frente do existente. Este novo cais foi avançado 15 metros em relação ao anterior e executado com uma cortina de estacas-prancha metálicas, travadas por um sistema de tirantes ancorados a uma cortina de estacas-prancha de ancoragem.

Em 2018, registou-se a ruína do cais avançado em cortina de estacas-prancha. A rotura dos tirantes na zona central provocou uma deformação excessiva da estrutura, originando deslocamentos do coroamento do cais, no sentido do interior da doca, de, aproximadamente, 1,00 metro, e provocando assentamentos muito significativos no pavimento no seu tardoz.

Em resultado desta ocorrência, a APDL (Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo, SA) decidiu promover os estudos necessários para a reposição do troço de cais afetado. Aproveitando a oportunidade, foi delineado um novo projeto para a construção de um cais contínuo ao longo de toda a margem norte da Doca nº 1, com um comprimento de aproximadamente 490 m. Este novo cais teria de respeitar um alinhamento único, avançado 7,50 metros em relação ao muro-cais contínuo de alvenaria de pedra argamassada, e recuado 7,50 metros face ao cais avançado de estacas-prancha, que deveria ser totalmente demolido.

O projeto do novo cais foi concluído em 2020. Atualmente, encontra-se em curso a empreitada de construção desta nova estrutura.

2. Muro-cais norte da Doca nº1

O muro-cais norte é composto, a jusante, por um troço em muro de alvenaria de pedra argamassada contínuo e, a montante, por um troço em arcadas. O troço contínuo do muro-cais tem 296,0 m de extensão e foi executado na zona em que rocha se encontra a menores profundidades, sendo constituído por uma estrutura gravítica em alvenaria de pedra argamassada. A secção transversal do muro-cais contínuo é variável, aumentando a sua dimensão de jusante para montante.

No local da doca em que o substrato rochoso se encontra a maiores profundidades, na zona de montante da Doca nº 1, a estrutura é constituída por arcadas de pedra aparelhada apoiadas em pilares de pedra fundados em pegões de betão de cal hidráulica que atingem a rocha. O muro-cais em arcadas é constituído por nove arcadas com cerca de 12 m de vão e tem um comprimento de cerca de 192 m.

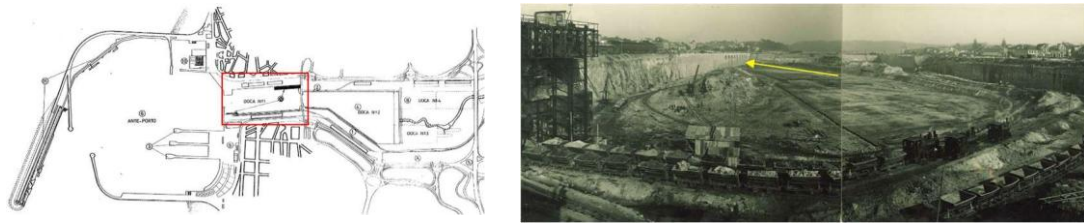


Figura 1 – Localização da Doca nº 1 (esquerda). Imagem da construção da Doca nº 1 (direita).



Figura 2 – Construção do muro-cais contínuo (esquerda). Construção do muro-cais em arcadas (direita).

Na década de 70 o muro-cais em arcadas mostrava sinais claros de rotura, pelo que foi lançada uma empreitada para a “Reparação dos Muros-Cais em Arcadas da Doca nº 1”, que decorreu entre 1973 – 1974. No âmbito da empreitada foi construído uma estrutura de avanço do muro-cais existente em 15m, constituída por uma cortina de estacas-pranchas metálicas cravadas até à rocha e travadas por um sistema de ancoragem composto por tirantes metálicos e uma cortina de ancoragem.

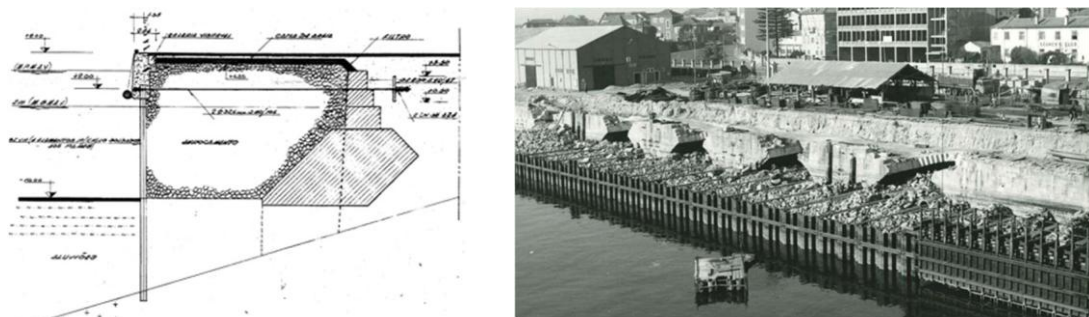


Figura 3 – Muro-cais avançado. Perfil transversal (esquerda). Construção do muro-cais avançado (direita).

3. Requisitos para o projeto do novo cais

Em janeiro de 2018 o sistema de ancoragem do cais avançado em estaca-prancha cedeu, tornando o cais inoperacional. Em consequência, a APDL tomou a decisão de demolir o cais avançado e executar um novo cais.

Os principais requisitos estabelecidos pela APDL no Programa Preliminar do Projeto de Execução do novo cais foram os seguintes:

- Realizar a demolição integral do atual muro-cais avançado e a demolição das arcadas antigas do muro-cais;
- Criar uma frente acostável única com uma extensão aproximada de 488 m avançada em 7,50 m em relação ao muro-cais contínuo e recuada em 15 m em relação à frente do muro-cais avançado, que permitisse a futura atracação de navios porta-contentores, compatíveis com fundos de -12,0 m (ZHL);
- Dimensionar a estrutura para uma sobrecarga de 5 t/m² em qualquer ponto da plataforma de servidão ao cais e uma sobrecarga de 8 t/m² na restante área de plataforma portuária e a execução de caminhos de rolamento para quatro pórticos de cais (PC) com uma bitola de 30,48 m;

4. Descrição da estrutura do novo muro-cais norte da Doca nº 1

A nova cortina de contenção terá uma extensão de aproximadamente 488 m. Consistirá numa cortina do tipo “combinado”, composta por estacas metálicas tubulares ($\phi 1118 \times 24$), no troço de montante, e por estacas metálicas tubulares ($\phi 1118 \times 24$), no troço de jusante, preenchidos por betão armado, intercaladas por estacas-pranchas metálicas (AZ20-700). Os tubos metálicos serão cravados até penetrarem o substrato rochoso, sendo selados por meio de um elemento interior em betão armado executado por perfuração pelo interior do tubo metálico.

A viga de coroamento, elemento de grande rigidez, terá o seu coroamento à cota +6,00 m (ZHL) e terá uma largura significativa, permitindo instalar o caminho de rolamento e a calha de cabos para pórticos de cais, bem como as caixas para instalação de redes técnicas. Dada a largura necessária da viga de coroamento, foi definido um segundo alinhamento de estacas de apoio, em betão armado com 1,00 m de diâmetro, a executar a uma distância de 2,80 m do eixo da cortina principal.

No troço de montante, o sistema de ancoragem será composto por tirantes metálicos M125/95 e por uma cortina de ancoragem em estacas prancha em perfil AZ20-700 com 5,50 m de altura. Os tirantes serão instalados à cota +2,00 m (ZHL) e serão dispostos com um afastamento entre si de 2,58 m. No troço de jusante o sistema de ancoragem será composto por tirantes metálicos M85/64 ligados a um elemento de ancoragem afastados entre si 2,48 m. O sistema de ancoragem será complementado por uma viga de betão armado travada por um conjunto de micro-estacas e de ancoragens.

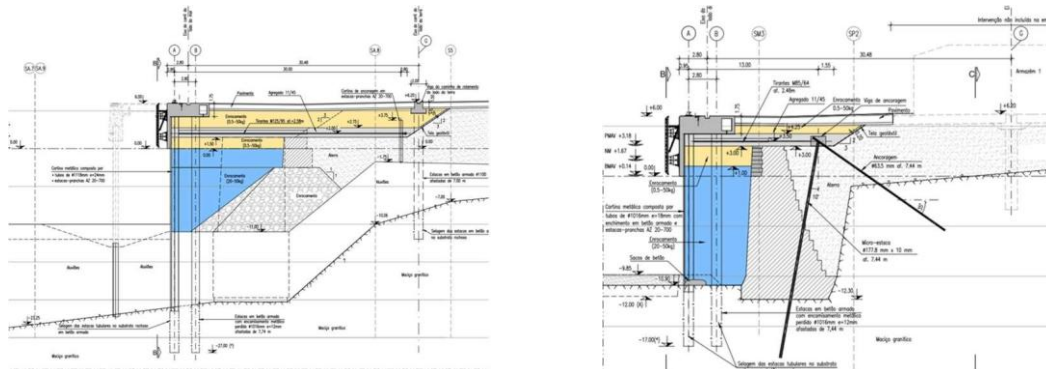


Figura 4 – Novo muro-cais. Secção tipo no troço de montante (esquerda). Secção tipo no troço de jusante (direita).

5. Trabalhos de construção do cais

A especificidade e a complexidade desta empreitada resultam, sobretudo, da necessidade de executar os trabalhos dentro da área consignada à empreitada, num terminal portuário em funcionamento, exigindo um planeamento rigoroso das frentes de trabalho (áreas de escavação), da logística de materiais (stock de estacas tubulares, estacas prancha e tirantes metálicos) e da circulação de equipamentos, de modo a garantir a segurança, a eficiência e a mínima interferência nas operações portuárias.

Demolição do cais avançado

O faseamento construtivo da escavação e demolição do cais avançado iniciou-se com a remoção controlada do enrocamento existente no tardo da cortina, uma operação fundamental para o alívio dos impulsos sobre a estrutura e executada com especial cuidado para não danificar os tirantes ainda em serviço.

Só depois foi possível avançar para a demolição faseada das estruturas em betão e das antigas arcadas. A demolição do cais foi então realizada de forma faseada, recorrendo ao corte do betão com fio diamantado, permitindo dividir a estrutura em blocos de dimensão adequada para serem removidos com grua. Este planeamento faseado permitiu não só a segregação e reaproveitamento de materiais, mas também a execução segura dos trabalhos, minimizando riscos para as equipas e interferências nas operações portuárias.



Execução das estacas da combiwall

Com a remoção do enrocamento no tardo da cortina, foi possível dar início à execução das estacas, etapa realizada integralmente a partir de terra, sem recurso a meios marítimos. Esta opção permitiu evitar custos acrescidos associados à mobilização de equipamentos flutuantes e assegurou uma maior precisão no alinhamento e posicionamento das estacas. A instalação das estacas tubulares foi feita com guias de rastos e martelos vibratórios para cravar as camisas metálicas até ao maciço rochoso, seguindo-se a perfuração com martelos de rotopercussão (martelo de fundo de furo) para garantir o comprimento de selagem “rock socket”.



Figuras 5, 6, 7 e 8 - Remoção do enrocamento e dos blocos de cais cortados com fio diamantado (esquerda) Execução de estacas com martelo de fundo de furo “DTH” (direita).

Instalação dos tirantes metálicos e cortina de ancoragem

Após a execução das estacas e o enchimento do tardo com enrocamento e agregados de granulometria controlada, procedeu-se à montagem dos tirantes à cota +2,0 m ZHL. Os tirantes, de diferentes comprimentos e diâmetros conforme o afastamento entre a cortina principal e a cortina de ancoragem, foram revestidos com fita denso para aumentar a sua durabilidade e protegidos com tubos corrugados em polipropileno para acomodar danos provocados por eventuais assentamentos.

A ligação dos tirantes à estrutura foi realizada através de cabeças metálicas integradas nas armaduras das estacas e as vigas de ancoragem da cortina de ancoragem, previamente cravada no tardo da cortina combinada. Todo o processo foi monitorizado com células de carga, permitindo o controlo dos esforços transmitidos e assegurando o desempenho estrutural previsto no projeto.

Construção da viga de coroamento

Atualmente, encontra-se em execução a viga de coroamento que encabeça as estacas da cortina combinada, recorrendo à utilização de painéis pré-fabricados (“escudetes”) para o seu facetamento, desde a cota +0,0 m ZHL até à cota +4,0 m ZHL. Esta metodologia alternativa apresenta várias vantagens face à cofragem tradicional “*in situ*”, dado que permite acelerar significativamente o processo construtivo, minimiza os condicionais associados à variação das marés, e garante maior regularidade geométrica e qualidade de acabamento.

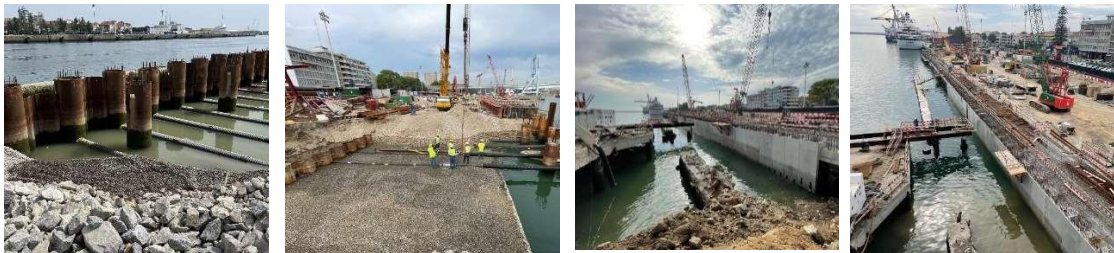


Figura 9, 10, 11 e 12. Instalação dos tirantes metálicos (esquerda). Instalação dos painéis pré-fabricados e estado atual da Empreitada (direita).