



EXECUÇÃO DE ESTACAS NO PROJECTO DE REABILITAÇÃO DOS CAIS 6, 7 E 8 DO PORTO DE MAPUTO

João Santos; Luís Tomás

Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A., Rua Mário Dionísio, n.º 2, 2799-557 Linda-a-Velha

joao.p.santos@mota-engil.pt ; lbt@mota-engil.pt

Resumo

A Maputo Port Development Company decidiu em Jun-2018 avançar com o projecto de reabilitação dos Cais 6, 7 e 8 do Porto de Maputo, que implicava a demolição dos armazéns e edifícios existentes, bem como das lajes de cais e pavimento térreo, para a construção das novas infra-estruturas. A solução estrutural a implementar para a estrutura de cais definia uma parede de estacas-prancha combinada composta por tubos de 2032 x 22 mm e parede intermediária de AZ28-700, ancorada a uma cortina de betão *in situ*.

Esta nova cortina a implantar adiante do cais existente, com construção datada entre 1913 (Cais 6) e 1951 (Cais 8), que se encontrava em estado muito degradado e parcialmente destruído, impunha que a nova cortina de estacas-prancha combinada fosse executada por via marítima com recurso a equipamentos marítimos a operar na frente de cais.

A Mota-Engil Engenharia e Construção, SA com base na experiência desenvolvida ao longo dos anos em trabalhos portuários, propôs uma solução variante ao projeto base do Cliente, que consistia num cais em laje vigada de betão armado assente sobre estacas e uma parede combinada submersa para contenção do talude de protecção a ser dragado, o que minimizou a mobilização de recursos humanos e materiais, usando uma abordagem mais simplificada e sistematizada de processos de construção.

Nesta comunicação abordam-se os aspectos construtivos, nomeadamente a metodologia e os processos adoptados na execução de estacas da obra marítima da construção dos Cais 6, 7 e 8, que inclui a execução de estacas por metodologia cantitravel e a cravação de cortina de estacas combinada submersa.

Introdução

A Maputo Port Development Company (MPDC) é uma empresa privada moçambicana, que resulta da parceria entre os Caminhos de Ferro de Moçambique, CFM, e uma *joint venture* constituída principalmente pela Grindrod e a DP World, um dos maiores operadores de terminais marítimos do mundo.

A MPDC no âmbito do desenvolvimento e optimização de toda a área de concessão, tem feito vários investimentos para modernizar o Porto de Maputo nos últimos 10 anos, incluindo o aprofundamento do canal de acesso, a expansão da capacidade dos vários terminais, e a reabilitação dos cais antigos onde se inclui a Empreitada dos Cais 6, 7 e 8 do Porto de Maputo.

Caracterização da estrutura existente

As plataformas existentes foram todas construídas de forma similar com fiadas de pilares quadrangulares ao longo dos cais com intervalos típicos entre 3,1 e 3,6 m, que se estendem entre 14 e 52 metros em direcção a terra por debaixo das superfícies de cais e armazéns. As estruturas de cais eram fechadas na parte posterior por um muro de contenção em betão.

As estacas, as vigas inferiores e a parte inferior dos elementos verticais abaixo do nível médio do mar estavam na generalidade em boas condições mantendo-se intacta a camada de betão sobre as armaduras. No entanto, os elementos verticais e contraventamentos diagonais

encontravam-se na generalidade em más condições, com deterioração severa acima do nível de maré alta, entre a cota +3,5 e +4,5 m ZH, com várias fissuras e armaduras expostas (Figura 1). A condição da viga de bordadura também era má, com betão ausente ou solto, provavelmente devido ao impacto de navios, e no Cais 8, a laje de tabuleiro tinha colapsado.



Figura 1. Condição das estruturas de cais existentes

Investigação Geotécnica

O relatório de Investigação Geotécnica (Agosto de 2013), elaborado pela SRK Consulting e WML Coast descreve que “a geologia regional da área é composta por material aluvial argiloso e arenoso recente, a cobrir a Formação da Ponta Vermelha (de 2 Ma a 5 Ma) que é composta por areia siltosa que se torna arenito vermelho amarelado com a profundidade”.

A Formação da Ponta Vermelha tende de classificar-se em profundidade num material mais uniforme, que tem menos concreções e uma consistência muito densa, onde atinge valores de SPT – N >60 (Tabela 1).

Tabela 1. Síntese dos parâmetros geotécnicos

Formação geológica	Descrição material	Densidade seca (kN/m ³)	Módulo de elasticidade (MPa)	Φ (°)	Tensão admissível (kPa)
Aluvião	Muito solto/macio	< 15	< 1 – 7	< 32	< 50
Ponta vermelha SPT – N < 30	Zonas soltas a densas dentro da formação	14 – 16	5 – 20	< 32	< 100
Ponta vermelha SPT – N > 60	Densas a muito densas	14 – 16	50 – 100	28 – 41	< 500

Solução estrutural

O projecto variante executado foi um cais aberto com laje vigada de betão armado apoiado em estacas de betão armado $\varnothing 1000$ mm (Figura 2), numa malha de 7,2 m x 6,0 m e construído nos intervalos das estacas existentes, sem por isso haver necessidade de extrair as estacas antigas e apenas de demolir a laje de tabuleiro atual. As estacas eram encamisadas em tubo metálico e com encastramento típico em “Ponta Vermelha” SPT – N > 60 entre 5 m e 20 m.

Para validação dos comprimentos de encastramento das estacas nos terrenos competentes, foram executados ensaios de carga estáticos bidirecionais no local, com células de Osterberg. A partir dos resultados obtidos nos extensómetros colocados ao longo de todo o comprimento da estaca, foi possível aferir com maior precisão a resistência por atrito lateral em cada camada



de solo e a resistência de ponta da estaca. Estes ensaios permitiram a redução significativa do comprimento de encastramento das estacas na formação da Ponta Vermelha (- 40 %).

Para conseguir o aumento de profundidade do berço de acostagem para a cota -16,0 m ZH foi instalada uma parede combinada de estacas prancha submersa autoportante, com consola variável entre 6 e 10 m, para garantir a estabilidade do talude existente que depois seria dragado.

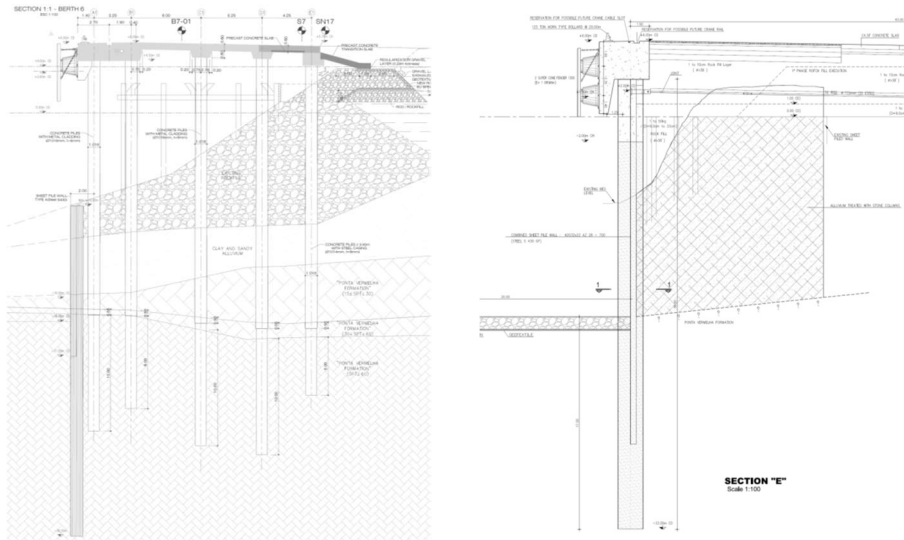


Figura 2. Secção típica do Cais 6 do projecto variante vs. projecto base

O tipo de estacas prancha aplicado variava de acordo com a inclinação do terreno natural existente, sendo as maiores no Cais 6 (zona com inclinação do talude mais acentuado e de maior altura) e reduzia em direcção ao Cais 7. Para a situação mais desfavorável, os perfis principais, 2xHZ1180M A com 23,5 t e 28,5 m de comprimento, eram cravados até à cota -36,5 m ZH, devendo ficar cravados 18,5 m em terrenos muito densos, pertencentes à formação da “Ponta Vermelha” SPT – N > 60.

A solução foi dimensionada tendo em consideração um período de vida útil de 100 anos para estes elementos e permite ainda um futuro rebaixamento da área de serviço para -18,0 m ZH.

Aspectos construtivos

Para completar o tabuleiro foram executadas 871 un de estacas em betão armado Ø1000 mm, somando 30.678 ml, e para contenção do talude submerso aplicadas 3.050 t de perfis, perfazendo 8.430 ml e 544 m de extensão.

A especificidade e complexidade da Empreitada deveu-se fundamentalmente à condição actual do tabuleiro existente e à dificuldade de as obras decorrerem num terminal vivo, com a consequente necessidade de encontrar soluções que pudessem reduzir o tráfego marítimo e rodoviário, e assim minimizar a interferência nas operações portuárias.

Execução das estacas de fundação em betão armado

Para o faseamento construtivo das estacas adoptou-se a metodologia cantitravel que permite o progresso da obra autónomo das condições marítimas, evitando a mobilização tanto de equipamentos flutuantes, como de equipamentos pesados para a cravação de estacas, que não estavam disponíveis na região, e que por não pisar na água, também resulta num menor impacto no meio ambiente e no tráfego portuário. Esta plataforma deslizante intercalava entre uma solução que apoiava sobre o novo tabuleiro, que era executado em fatias longitudinais com recurso a um cimbre inferior deslizante, e as estacas recentemente executadas (Figura 3):

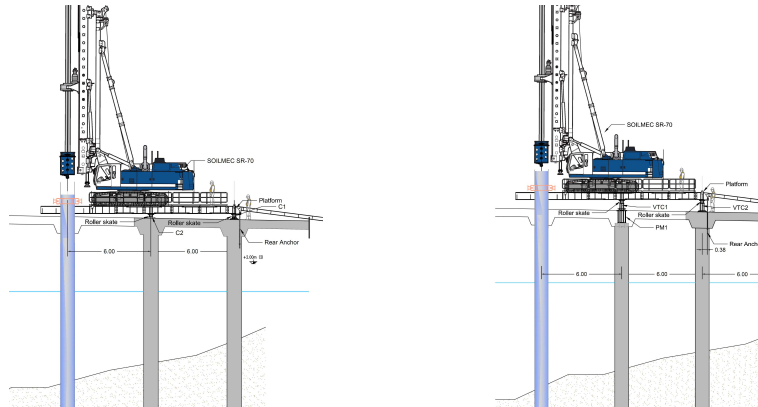


Figura 3. Execução de estacas com perfuradora sobre plataforma deslizante

As camisas metálicas foram cravadas com recurso a *vibrofonceur* até à camada SPT – $N > 60$, e depois limpas no interior com recurso a vara Kelly, já sem recurso a nenhum método estabilizador do furo, dada a autossustentação do solo.

Execução da cortina combinada de estacas prancha submersa

A instalação da cortina de estacas prancha revelou-se uma actividade bastante complexa devido ao ambiente geológico muito desfavorável à cravação (terrenos granulares com SPT – $N > 60$), pelos comprimentos de penetração consideráveis em terrenos muito densos, pelo porte da cortina, e ainda o facto de ser submersa e não ser possível visualizar à superfície o trabalho a executar.

Com este cenário, tiveram de ser utilizadas técnicas auxiliares para ajudar a suavizar a instalação, dado que a energia desenvolvida pelo equipamento de cravação não era suficiente para a cravação integral dos perfis, com a ocorrência da nega de cravação antes de se conseguir os níveis de projecto; e por outro lado, para os perfis mais pequenos, existia a tendência a serem destruídas as cabeças dos perfis, primeiro pela energia provocada pelo martelo de vibração e depois pelo martelo de impacto.

Para se conseguir realizar a cravação dos perfis até às cotas finais de projecto, recorreu-se, a pré-furação antes da instalação dos elementos principais; e *water jetting* com método semelhante à execução de *jet grouting* (sistema JET 2), com a injeção de ar e água com alta pressão para cortar a coesão do solo na zona de instalação dos perfis (Figura 4).

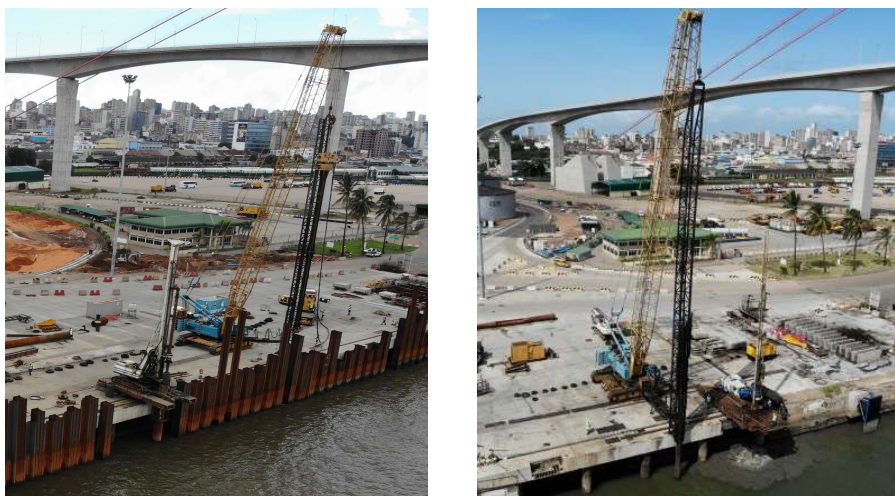


Figura 4. Instalação da *combiwall* com recurso a martelo vibratório e martelo de impacto