



## PROJETO DE REABILITAÇÃO E REFORÇO DO MOLHE NORTE DO PORTO DE VIANA DO CASTELO

Lucília Luís, João Barros (CONSULMAR – Projetistas e Consultores, Lda.),  
Lígia Lages, Manuel Felgueiras (Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo - APDL)  
[lucilia.luis@consulmar.pt](mailto:lucilia.luis@consulmar.pt), [joao.barros@consulmar.pt](mailto:joao.barros@consulmar.pt), [ligia.lages@apdl.pt](mailto:ligia.lages@apdl.pt), [manuel.felgueiras@apdl.pt](mailto:manuel.felgueiras@apdl.pt)

### Resumo

A contínua degradação sofrida pelo molhe Norte do porto de Viana do Castelo no seu período de vida (superior a 30 anos), devido à ação de várias grandes tempestades e ao impacto de um navio com L=170 m, a par das perspetivas de expansão deste porto, motivou a APDL, S.A a contratar projeto de reabilitação total desta obra.

O Molhe Norte caracteriza-se por um desenvolvimento total de 2150 m. O manto exterior é composto por Tetrápodos de 300 kN, Dolosse de 150 kN e diferentes gamas de enrocamentos. Já foi objeto de várias intervenções de reparação, com colocação de enrocamentos de gama 60-90 kN.

O projeto parte das recomendações do Relatório 220/2014 do LNEC, as quais foram reavaliadas à luz de um novo estudo de agitação, de inspeções visuais do local e da análise de novos levantamentos topo-hidrográfico e videográfico. O projeto de execução global prevê 4 fases de intervenção (A a D) – Remoção dos Dolosse e recolocação em berma de rebentação (Int. B); Reforço do talude exterior com Tetrápodos (Int. B/C) e Enrocamentos selecionados (Int. A/D); Regularização e reforço do talude interior com Enrocamentos reaproveitados (Int. A); Reparação da superestrutura de betão (Int. A).

### 1. Introdução e Caracterização Sumária do Molhe Norte

Devido ao contínuo processo de degradação sofrido pelo molhe Norte do porto de Viana do Castelo, assim como em função das recentes perspetivas de expansão deste porto com destaque para a área ocupada pelos Estaleiros Navais, pretendeu a APDL, S.A reabilitar esta estrutura. A síntese do Estudo Prévio e consequentes Projetos de Execução Global e da 1<sup>a</sup> fase (PK 880 – PK 1150), realizados pela Consulmar entre 2017 e 2019 é aqui apresentada.

O Molhe Norte caracteriza-se por um desenvolvimento total de 2150 m, com os 1050 m iniciais diretamente sobre o terraplano e desenvolvendo-se sem qualquer estrutura anexa ao seu intradorso a partir deste limite. O manto exterior é composto por Tetrápodos de 300 kN (Cabeça, PK 0 – PK 420), Dolosse de 150 kN (PK 420 – PK 880) e diferentes gamas de enrocamentos (PK 880 até Enraizamento).

Sendo uma obra de abrigo de grande extensão, com um período de vida útil já superior a 30 anos, o Molhe Norte tem sido sujeito à ação de várias grandes tempestades, assim como ao impacto de um navio com 170 m de comprimento no ano 2000. Já foi objeto de várias intervenções de reparação, destacando-se a colocação de enrocamentos 60-90 kN nas extensões PK 880 – PK 930 e PK 1200 – PK1330.

### 2. Avaliação do LNEC em 2014 e estudos realizados em 2017

A necessidade deste projeto é desencadeada pelas recomendações constantes do Relatório 220/2014, realizado pelo LNEC e datado de Abril de 2014, recomendava a realização de uma intervenção global de reabilitação e reforço do molhe dentro de um período máximo de 5 anos e que englobasse inclusivamente as extensões com melhor comportamento.

Com o intuito de avaliar a evolução do estado de conservação do molhe Norte no tempo que decorrer desde o relatório e aferir se o estado da estrutura imersa seria similar ao da emersa, procedeu-se inicialmente à realização da reconstituição estrutural possível da estrutura original e da estrutura na sua configuração atual após intervenções. Avaliou-se igualmente a resistência teórica de cada trecho tipo através da utilização da fórmula de Hudson, conforme se resume na Tabela 1.

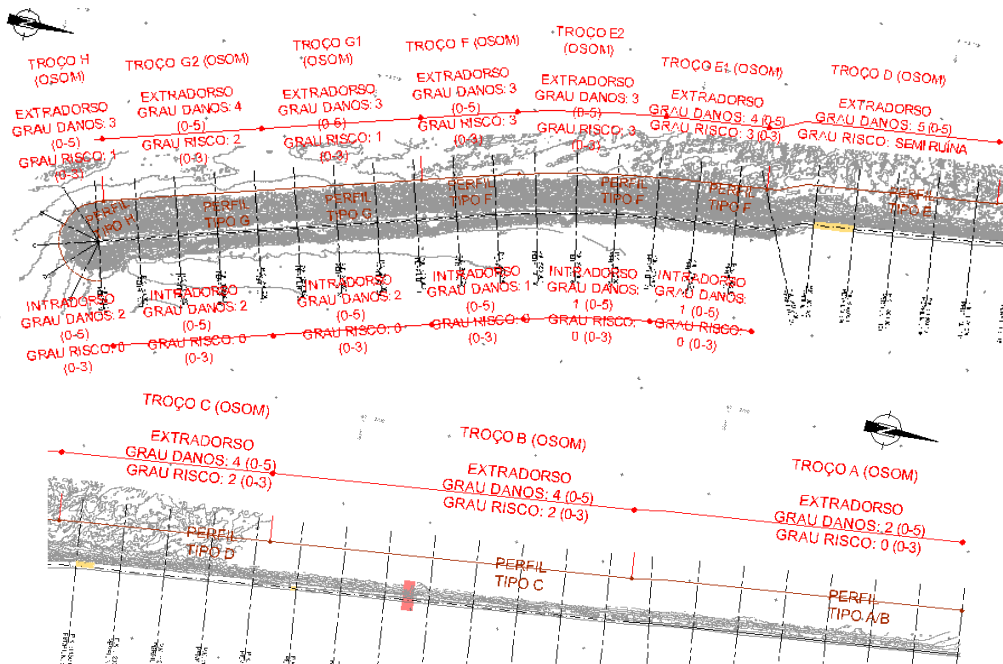


Figura 1. Localização dos trechos tipo e resumo do estado de conservação OSOM

Tabela 1. Reconstituição e estimativa da resistência teórica do manto de proteção (extradorso)

Perfil Tipo	Extensão Lev 2016 (Origem Cabeça)		Pé de Talude Limite (m ZH)	Manto de Proteção				H <sub>res</sub> (m)
				Tipo Bloco	Peso Bloco (kN)	Densidade (kN/m <sup>3</sup> )	Inclinação (H:V)	
PT A	2040	2150	+ 2	Enrocamento	5 - 10	26	3:2	1.7 - 1.9
PT B	1780	2040	+ 1	Enrocamento	10 - 30	26	3:2	2.3 - 2.5
PT C	1350	1780	- 0.5	Enrocamento	30 - 60	26	3:2	3.1 - 3.3
PT D	1150	1350	- 2	Enrocamento	60 - 90	26	3:2	3.6 - 3.8
PT E	930	1150	- 4	Enrocamento	120 - 150	26	3:2	4.4 - 4.6
PT E'	880	930	- 4	Enrocamento	60 - 90	26	3:2	3.6 - 3.8
PT F	420	880	-6	Dolosse 6.3 m <sup>3</sup>	150	24	3:2	7.0 - 7.5
PT G	0	420	-8	Tetrápodos 12.5 m <sup>3</sup>	300	24	2:1	7.5 - 7.8
PT H	Perfis E a A	0	-8 a -9	Tetrápodos 12.5 m <sup>3</sup>	300	24	2:1	6.9 - 7.2

Após a reconstituição do existente e verificação, procedeu-se à realização de um novo estudo de agitação, com o intuito de determinar a onda de projeto para cada trecho tipo. Este estudo baseou-se nos dados de um ponto ao Largo obtido a partir dos resultados do modelo de reconstituição da agitação ("hindcast") do projeto europeu ERA-Interim (ECMWF), para um período de aproximadamente 38 anos.

O estudo incluiu a propagação da agitação com recurso a modelação matemática através quer de um programa de cálculo de refração espectral, desenvolvido pela CONSULMAR com base no método estudado pela Hydraulics Research Station, bem como através da utilização do modelo SWAN. Procedeu-se igualmente à propagação com o método empírico de Goda até às cotas do pé de talude dos vários trechos.



A determinação das ondas de projeto para cada trecho tipo resultou da conjugação da análise realizada, sintetizada na Tabela 2, deriva da avaliação conjunta dos valores estimados com a resistência teórica estimada e com a avaliação do estado de conservação do molhe realizada com base na inspeção visual realizada durante duas visitas técnicas em 2017, assim como na análise do levantamento topo-hidrográfico 3D da totalidade do molhe e do levantamento aerovideográfico do estado dos taludes exterior e interior emersos (realizado com equipamento UAV).

Tabela 2. Estimativa da onda de projeto nos diferentes trechos tipo do molhe Norte

Perfil Tipo	PK Lev. 2016 (m)		Hres (m)	Hs max (m)		Onda de Projeto (m)
	Perfis E a A			Goda	SWAN	
PT H	Perfis E a A	0	6.9 – 7.2	8.2	6.9	7.0 – 7.5
PT G	0	420	7.5 – 7.8	7.6	6.6	7.0 – 7.5
PT F	420	880	7.0 – 7.5	6.4	5.5	6.0 – 6.5
PT E'	880	930	3.6 – 3.8	5.4	5.0	5.0 – 5.5
PT E	930	1150	4.4 – 4.6	5.4	5.0	5.0 – 5.5
PT D	1150	1350	3.6 – 3.8	4.2	4.5	4.0 – 4.5
PT C	1350	1780	3.1 – 3.3	3.2	3.2	3.0 – 3.2
PT B	1780	2040	2.3 – 2.5	2.2	2.1	2.0 – 2.2
PT A	2040	2150	1.7 – 1.9	1.4	1.6	1.5 – 1.7

### 3. Soluções de reabilitação e reforço do molhe Norte

A fim de permitir programar as várias intervenções de reabilitação e reforço do molhe Norte, distinguiram-se os vários trabalhos projetados para os diferentes trechos tipo em intervenções distintas e realizou-se uma classificação da ordem da prioridade destas intervenções.

Apesar de se prever uma intervenção global de reabilitação, devido à necessidade de programar o investimento, até ao momento só foi realizada parte da Intervenção A, com a colocação no trecho PK 880-1150 de enrocamentos selecionados no extradorso num talude a 1:2.5 (V:H) e com o reforço do talude interior com enrocamentos reaproveitados, assim como a reparação total do passadiço de betão. Apresentam-se as sínteses das prioridades estabelecidas e das intervenções propostas nas tabelas seguintes:

Tabela 3. Classificação dos trechos tipo ao nível da prioridade da necessidade de intervenção

Trecho OSOM	Perfil Tipo (2017)	Lev. 2016 PK (m)		Danos no Extradorso (0-5)	Prioridade de Intervenção no Extradorso do molhe Norte	
					Por grau de danos (Da mais urgente, 1. <sup>a</sup> , para a menos, 4. <sup>a</sup> )	Por natureza do tipo de intervenção (Da mais necessária, A, para a menos, E)
A	PT A PT B	2150	1780	2	4	E
B	PT C	1780	1350	4	2	D
C	PT D	1350	1150	4	2	A
D	PT E	1150	880	5	1	
E1	PT F	880	710	4	2	B
E2		710	630	3	3	
F		630	420	3	3	
G1	PT G	420	210	3	3	C
G2		210	0	4	2	
H	PT H	0	Perfis A a E	3	3	



Tabela 4. Síntese das soluções de intervenção projetadas

Extensão		Intervenção				
		A	B	C	D	
Cabeça				Colocação de Tetrápodos Novos de 12.5 m <sup>3</sup> (350 kN / 28 kN/m <sup>3</sup> )		
Extradorso PK 0 - PK 420						
Extradorso PK 420 - PK 880			Colocação de Tetrápodos Novos de 10 m <sup>3</sup> (240 kN / 24 kN/m <sup>3</sup> )			
T r o n c o	PK 880 - PK 1150	Extradorso	Reforço com Enrocamentos 120-150 kN	Colocação de Dolosse reaproveitados de 150 kN		
		Intradorso	Reforço com Enrocamentos existentes no terraplano			
	PK 1150 - PK 1350	Extradorso	Reforço com enrocamentos 90-120 kN			
		Intradorso	Reforço com Enrocamentos existentes no terraplano			
	PK 1350 - PK 1780	Extradorso				Reforço com Enrocamentos 60-90 kN
	Coroamento PK 900 – PK 1400			Reparação das extensões danificadas do passadiço de Betão		

### Referências Bibliográficas

CONSULMAR - Projetistas e Consultores, Lda (Março 1975). “Porto de Viana do Castelo – Anteprojetos das Obras da 1.<sup>a</sup> Fase do Plano Geral – Molhe Exterior de Abrigo”, realizado para a Direção Geral de Portos.

CPTP, Lda. (Maio 1977). “Obras do Porto de Viana do Castelo (1.<sup>a</sup> Fase) – Projeto Variante do Molhe Exterior”.

LNEC (Maio 1977) “Ensaio em Modelo Reduzido do Porto de Viana do Castelo – Ensaio de estabilidade da cabeça do molhe”, LNEC – Proc. 63/1/5806

LNEC (Janeiro 1981). “Ensaio em Modelo Reduzido do Porto de Viana do Castelo – Ensaio de estabilidade da cabeça do molhe”.

Administração do Porto de Viana do Castelo, S.A (Junho 2011). “Empreitada de “Reparação do Molhe Norte do Porto de Viana do Castelo””.

Administração do Porto de Viana do Castelo, S.A (Fev 2014). “Empreitada de “Reparação do Molhe Norte do Porto de Viana do Castelo””.

Silva, L. et al (2014). “OBSERVAÇÃO SISTEMÁTICA DE OBRAS MARÍTIMAS – Quebra-mares da entrada do Porto de Viana do Castelo – Campanhas de observação visual efetuadas em 2013”. LNEC - Proc. 0603/121/12074. Relatório 220/2014 – DHA/NPE. 110pp

AtlanticLand Consulting (Outubro 2016). “Levantamento Topo-Hidrográfico do Molhe Norte do Porto de Viana do Castelo” (escala 1:500).