



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA

Desmonte e dragagem de rocha: O caso do porto de Leixões

Isabel Fernanda da Silva Arouca



2023

(página propositadamente em branco)



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA

Desmonte e dragagem de rocha: O caso do porto de Leixões

Rock blasting and dredging: the case of the port of Leixões

Isabel Fernanda da Silva Arouca

1170746

*Projeto apresentado ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Geotécnica e Geoambiente**, realizada sob a orientação do Doutor Hugo Guedes Lopes, Professor Adjunto Convidado no Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP e coorientação do Doutor João Paulo Meixedo, Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP.*

(página propositadamente em branco)

Júri

Presidente

Doutor Helder Gil Iglésias de Oliveira Chaminé

Professor Coordenador com Agregação, Departamento de Engenharia Geotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutor João Paulo Meixedo dos Santos Silva

Professor Coordenador, Departamento de Engenharia Geotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutor Hugo Guedes Lopes

*Professor Adjunto Convidado, Departamento de Engenharia Geotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto
Director APDL – Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo SA*

Doutora Ana Cristina Pires de Oliveira

Investigadora, LSA/INESC TEC – Polo do Instituto Superior de Engenharia do Porto

(página propositadamente em branco)

*A dissertação de mestrado em engenharia geotécnica e geoambiente (MEGG) foi apresentada e defendida em prova pública, por Isabel Fernanda da Silva Arouca, em 9 de Outubro de 2023 mediante o júri nomeado, em que foi atribuída, por unanimidade, a classificação final de **12 (doze) valores**, cuja fundamentação se encontra em acta. Todas as correções pontuais determinadas pelo júri, e só essas, foram efectuadas.*

(página propositadamente em branco)

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço, ao Paulo as oportunidades que me proporcionou nestes últimos anos e por acreditar e apostar sempre em mim, tendo sido a pessoa mais importante e imprescindível no meu percurso académico.

Agradeço à minha Mãe pela constante preocupação e me ter proporcionado as condições para que pudesse prosseguir os estudos.

Agradeço, em especial, ao meu orientador, Doutor Hugo Guedes Lopes (APDL e DEG|ISEP), pela disponibilidade na orientação da dissertação e pela sua abertura e facilidade para esclarecimento de dúvidas, ao meu coorientador, Doutor João Paulo Meixedo (DEG|ISEP), pela disponibilidade e pelos conhecimentos partilhados durante o meu percurso académico.

À APDL (Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo, SA) à oportunidade dada de acompanhar este projeto.

Muito Obrigada!

(página propositadamente em branco)

Palavras-chave

Dragagens, desmonte mecânico, geotecnia portuária, subaquático, portos

Resumo

À medida que o tempo passa, as tecnologias vão evoluindo rapidamente e a demanda global por novos serviços, produtos e ofertas tem crescido de forma exponencial, inclusive o movimento de mercadorias a nível mundial, devido a este aumento a dimensão dos navios cresceu, obrigando os portos a adaptar as infraestruturas para receber esses navios. Por essa razão, o Porto de Leixões prontamente reconheceu a necessidade urgente de aprimorar significativamente os seus canais de acesso e bacia de rotação, a fim de acomodar não apenas navios mais modernos, mas também embarcações de maior capacidade de transporte de mercadorias. Foi então desenvolvido um projeto de forma a melhorar as condições de acessibilidade ao porto e esta dissertação pretende estudar as vantagens dos métodos utilizados na realização deste projeto. Durante alguns anos foram havendo melhorias significativas e, por isso mesmo, já se contava com algum histórico de prospeção geotécnica tendo sido complementado com novas pesquisas. O processo de desmonte do substrato rochoso exigiu uma operação de dragagem de grande envergadura, na qual a maior draga de corte e sucção do mundo foi utilizada, eliminando assim a necessidade de recorrer ao método tradicional de desmonte com explosivos. O material removido durante a dragagem foi parcialmente reaproveitado, sendo destinado não apenas ao reforço das praias, mas também a outro projeto, que foi incluído na mesma empreitada, o prolongamento do quebra-mar exterior. Ao longo das fases anteriores, durante e após a conclusão do projeto, foram conduzidas monitorizações rigorosas e abrangentes, com o intuito de avaliar qualquer impacto significativo no meio ambiente circundante.

(página propositadamente em branco)

Keywords

Dredging, mechanical blasting, harbour geotechnics, subaquatic, ports

Abstract

As time passes, technologies evolve rapidly, and the global demand for new services, products, and offers has grown exponentially, including the movement of goods worldwide. As a result of this increase, the size of ships has grown, forcing ports to adapt their infrastructures to receive these ships. For this reason, the Port of Leixões promptly recognized the urgent need to significantly improve its access channels and turning basin to accommodate more modern ships and vessels with greater freight capacity. A project was then developed to improve access conditions to the port, and this dissertation aims to study the advantages of the methods used to realize this project. Significant improvements have been made over the years, so some geotechnical investigations have already been carried out and added to new research. Blasting the bedrock required a large-scale dredging operation, in which the world's most significant cut and suction dredger was used, thus eliminating the need to resort to the traditional blasting method with explosives. The material removed during the dredging was partially reused. It was destined for beach reinforcement, and another project included in the same contract, the extension of the outer breakwater. Throughout the previous phases, during and after the completion of the project, rigorous and comprehensive monitoring was carried out to assess any significant impact on the surrounding environment.

(página propositadamente em branco)

Índice

CAPÍTULO I	1
1. INTRODUÇÃO.....	3
CAPÍTULO II	5
2. ENQUADRAMENTO	7
CAPÍTULO III	9
3. ESTADO DA ARTE	11
3.1. <i>Evolução dos navios</i>	11
3.2. <i>Dragagem</i>	12
3.2.1. Tipos de dragagem	13
3.2.2. Legislação nacional e europeia	14
3.2.3. Impactes ambientais	16
3.2.4. Monitorização	17
3.3. <i>Desmonte mecânico</i>	18
3.3.1. Dragas mecânicas.....	18
3.3.2. Dragagem hidráulica	23
3.4. <i>Desmonte subaquático com explosivos</i>	30
3.4.1. Tipos de explosivos e sistemas de iniciação	31
3.4.2. Tipos de iniciadores	32
3.4.3. Impactes na população, fauna e flora	34
3.4.4. Vantagens	34
3.4.5. Desvantagens.....	34
CAPÍTULO IV	35
4. CASO DE ESTUDO.....	37
4.1. <i>Introdução</i>	37
4.2. <i>Infraestrutura portuária</i>	38
4.3. <i>Molhe Norte, Quebra-mar e Molhe Sul</i>	41
4.4. <i>Entrada do porto e bacia de rotação</i>	41
4.5. <i>Caracterização do substrato rochoso</i>	42
4.5.1. Intervenções anteriores	43
4.5.2. Sondagens.....	43
4.5.3. Zonamento Geotécnico.....	44
4.5.4. Caracterização dos materiais	49
4.6. <i>Trabalhos preparatórios</i>	51
4.7. <i>Operações de dragagem</i>	54
4.7.1. Locais de imersão	54
4.7.2. Equipamentos utilizados	55
4.7.3. Datas chave	58
4.8. <i>Preparação e planeamento da dragagem em Leixões em articulação com a operação portuária</i>	63
4.9. <i>Desmonte com explosivos vs “Spartacus”</i>	65
4.10. <i>Monitorização</i>	67
4.10.1. Geológica e geomorfológica.....	67
4.10.2. Sistemas ecológicos.....	68
4.10.3. Qualidade da água.....	70
4.10.4. Sedimentos.....	70
CAPÍTULO V	75
5. CONCLUSÕES.....	77
CAPÍTULO VI	79
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	83

(página propositadamente em branco)

Índice de figuras

FIGURA 1 - ROTAS DOS NAVIOS DURANTE O ANO DE 2021, RETIRADO DE MARINE TRAFFIC (HTTPS://WWW.MARINETRAFFIC.COM)	8
FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO DAS DIMENSÕES DE UM NAVIO	11
FIGURA 3 - DRAGA ESCAVADORA PERTENCENTE À EMPRESA DEME, SENDO A SUA DESIGNAÇÃO "PETER THE GREAT" (HTTPS://WWW.DEME-GROUP.COM/)	19
FIGURA 4 - DRAGA DE ALCATRUZES PERTENCENTE À EMPRESA RELONG (HTTPS://ES.RELONGDREDGER.COM/)	21
FIGURA 5 - DRAGA DE CAÇAMBA DA EMPRESA KOJIMAGUMI (HTTPS://WWW.KK-KOJIMAGUMI.CO.JP/ENGLISH/)	22
FIGURA 6 - DRAGA DE SUCCÃO EM MARCHA A REALIZAR A BOMBAGEM DO MATERIAL, PERTENCENTE À EMPRESA DEME, SENDO A SUA DESIGNAÇÃO "BREUGHEL" (HTTPS://WWW.DEME-GROUP.COM/)	24
FIGURA 7 - CONSTITUINTES DE UMA DRAGA DE CORTE E SUCCÃO, ADAPTADO DE VLASBLOM (2003)	25
FIGURA 8 - DRAGA DE CORTE E SUCCÃO, PERTENCENTE À EMPRESA DEME DENOMINADA COMO "SPARTACUS" (HTTPS://WWW.DEME-GROUP.COM/)	26
FIGURA 9 - SISTEMA DA MOVIMENTAÇÃO DAS ESTACAS, ADAPTADO DE VLASBLOM (2003)	27
FIGURA 10 - REPRESENTAÇÃO DA MOVIMENTAÇÃO EM LEQUE, ADAPTADO DE VLASBLOM (2003)	27
FIGURA 11 - CABEÇA DE CORTE DE UMA DRAGA DE CORTE E SUCCÃO, <i>DEME</i>	28
FIGURA 12 - TIPOS DE DENTES, ADAPTADO DE VLASBLOM (2003)	29
FIGURA 13 - CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS EXPLOSIVOS, ADAPTADO DE HIPÓLITO TRINDADE, 2009	31
FIGURA 14 - TIPOS DE EXPLOSIVOS, ADAPTADO DE HIPÓLITO TRINDADE, 2009	32
FIGURA 15 - LOCALIZAÇÃO DO PORTO DE LEIXÕES, BASE CARTOGRÁFICA DO <i>GOOGLE EARTH PRO</i>	37
FIGURA 16 - LOCALIZAÇÃO DAS INFRAESTRUTURAS DO PORTO DE LEIXÕES, BASE CARTOGRÁFICA DO <i>GOOGLE EARTH PRO</i>	39
FIGURA 17 - LOCALIZAÇÃO DAS INFRAESTRUTURAS DO PORTO DE LEIXÕES, BASE CARTOGRÁFICA DO <i>GOOGLE EARTH PRO</i>	39
FIGURA 18 - LOCALIZAÇÃO DO MOLHE NORTE E DO MOLHE SUL, BASE CARTOGRÁFICA DO <i>GOOGLE EARTH PRO</i>	41
FIGURA 19 - EXTRATO DA CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL FOLHA 9-C	42
FIGURA 20 - LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS REALIZADAS EM 2019, RETIRADO DAS PEÇAS DESENHADAS DO PROJETO	44
FIGURA 21 - ÁREAS DE IMERSÃO, BASE CARTOGRÁFICA DO <i>GOOGLE EARTH PRO</i>	54
FIGURA 22 - DRAGA A DESCARREGAR O MATERIAL POR EFEITO "RAINBOW", GENTILMENTE CEDIDO POR APDL	55
FIGURA 23 - DRAGA DE SUCCÃO E ARRASTO "MEUSE RIVER", DEME	55
FIGURA 24 - BATELÃO AUTOPROPULSIONADOR "BENGEL", DEME	56
FIGURA 25 - BATELÃO AUTOPROPULSIONADOR "DEUGNIET", DEME	57
FIGURA 26 - LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO DE JULHO DE 2022	57
FIGURA 27 - DRAGA DE SUCCÃO EM MARCHA "NILE RIVER", DEME	58
FIGURA 28 - PERFIL TRANSVERSAL Pk 0+700	59
FIGURA 29 - PERFIL TRANSVERSAL Pk 1+500	60
FIGURA 30 - LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO FINAL AO Pk 0+700	62
FIGURA 31 - LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO FINAL AO Pk 1+500	62
FIGURA 32 - LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS TOPO-HIDROGRÁFICOS	68
FIGURA 33 - LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DA MACROFAUNA BENTÓNICA, BASE CARTOGRÁFICA DO <i>GOOGLE EARTH PRO</i>	69
FIGURA 34- LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA, BASE CARTOGRÁFICA DO <i>GOOGLE EARTH PRO</i>	70
FIGURA 35 - LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DOS SEDIMENTOS DE 2017, BASE CARTOGRÁFICA DO <i>GOOGLE EARTH PRO</i>	71
FIGURA 36 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DOS SEDIMENTOS DE 2020, ADAPTADO DE <i>GOOGLE EARTH PRO</i>	73

(página propositadamente em branco)

Índice de Tabelas

TABELA 1 - GERAÇÕES DOS NAVIOS, ADAPTADO DE BRITO E CASTRO, 2018	12
TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE ACORDO COM O GRAU DE CONTAMINAÇÃO (ADAPTADO DA PORTARIA N.º 1450/2007 DE 12 DE NOVEMBRO).....	16
TABELA 3 - NÚMERO DE ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO A IMPLEMENTAR POR VOLUME DRAGADO (ADAPTADO DE PORTARIA N.º 1450/2007, DE 12 DE NOVEMBRO).....	18
TABELA 4 - ZONAMENTO GEOTÉCNICO.....	45
TABELA 5 - TABELA RESUMO DOS ENSAIOS SPT	45
TABELA 6 - RESUMO DOS ENSAIOS LABORATORIAIS E CLASSIFICAÇÃO ASTM	47
TABELA 7 - RESULTADOS DOS ENSAIOS UCS	48
TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS L0, L1, L2 E L3	50
TABELA 9 - CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS L4, L5, L6, L7 E L8.....	50
TABELA 10 - PRAZOS DE EXECUÇÃO ESTIMADOS PARA CADA ATIVIDADE.....	52
TABELA 11 - DISTRIBUIÇÃO DAS ATIVIDADES PELOS MESES.....	52
TABELA 12 - VOLUMES DE MATERIAL DRAGADO NA 1ª FASE.....	60
TABELA 13 - VOLUME DE MATERIAL DEPOSITADO AFERIDO PELA CARGA DE PORÃO, ADAPTADO DE RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA - DEME	61
TABELA 14 CÁLCULO DO RENDIMENTO DA DRAGA "SPARTACUS"	61
TABELA 15 - VOLUMES DE MATERIAL DRAGADO	63
TABELA 16 - RENDIMENTO DOS BATELÕES E DA DRAGA "NILE RIVER", ADAPTADO DE RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA - DEME	63
TABELA 17 - TEMPOS DE PARAGEM DOS TRABALHOS NA 1ª FASE, ADAPTADO DE RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA - DEME.....	64
TABELA 18 - TEMPOS DE PARAGEM DA DRAGA SPARTACUS, ADAPTADO DE RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA - DEME	64
TABELA 19 - TEMPOS DE PARAGEM DOS BATELÕES DE APOIO, ADAPTADO DE RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA - DEME	65
TABELA 20 - QUADRO COMPARATIVO DO DESMONTE COM EXPLOSIVOS E A DRAGAGEM	67
TABELA 21 - CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS DE ACORDO COM O PLANO DE MONITORIZAÇÃO DE 2017, GEOSUB.....	71
TABELA 22 - CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS DE ACORDO COM O PLANO DE MONITORIZAÇÃO DE 2020.....	73

(página propositadamente em branco)

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 - LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO INICIAL AO PK 1+100	85
ANEXO 2 - CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL, FOLHA 9-C, ESCALA 1:50 000	87
ANEXO 3 - ZONAMENTO GEOTÉCNICO DO PERFIL A - A'	89
ANEXO 4 - ZONAMENTO GEOTÉCNICO DO PERFIL B - B	89
ANEXO 5 - ZONAMENTO GEOTÉCNICO DO PERFIL C - C'	91
ANEXO 6 - ZONAMENTO GEOTÉCNICO DO PERFIL D-D'	91
ANEXO 7 - PRAZO DE EXECUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO AO LONGO DA EMPREITADA OS TRABALHOS	93
ANEXO 8 - LOCALIZAÇÃO DOS PK DOS PERFIS TRANSVERSAIS	95
ANEXO 9 - RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA Nº 67, PÁGINA 1 (CONFIDENCIAL)	97
ANEXO 10 - RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA Nº 67, PÁGINA 2 (CONFIDENCIAL)	99
ANEXO 11 - RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA Nº 67, PÁGINA 3 (CONFIDENCIAL)	101
ANEXO 12 - RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA Nº 315, PÁGINA 1 (CONFIDENCIAL)	103
ANEXO 13 - RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA Nº 315, PÁGINA 2 (CONFIDENCIAL)	105
ANEXO 14 - RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA Nº 315, PÁGINA 3 (CONFIDENCIAL)	107

(página propositadamente em branco)

Índice de acrónimos ou abreviaturas

AI – Detonadores altamente insensíveis
AIA - avaliação de impacte ambiental
APA – Associação Portuguesa do Ambiente
APDL – Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo SA
As - Arsénio
ASTM - American Society for Testing and Materials
Cd - Cádmiio
Cr - Crómio
CSC - Container Safety Convention
Cu - Cobre
DEME - Dredging, Environmental and Marine Engineering NV
DIA – Declaração de Impacte Ambiental
Dmáx – Dimensão máxima
EE – Entidade executante
HCB - Hexaclorobenzeno
Hg - Mercúrio
I – Detonadores insensíveis
LL – Limite de Liquidez
LOA - Length Overall
LP – Limite de plasticidade
LP – Long period
MS – Millisecond
Ni - Níquel
NP – Não plástico
PAH – Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos
Pb - Chumbo
PCB – Bifelinos policlorados
Pf – Posição final
Pi – Posição inicial
PK – Ponto quilométrico
RQD – Designação da qualidade da rocha
S – Detonadores sensíveis
SPT – Standard Penetration Test
TEU - Twenty-foot Equivalent Unit
TUA – Título Único Ambiental
UCS – Resistência à compressão simples
Z.H.L. – Zero hidrográfico de Leixões, está situado a 1,674 m abaixo do nível médio do mar
ZG – Zonamento Geotécnico
Zn - Zinco

(página propositadamente em branco)

Capítulo I

Introdução

(página propositadamente em branco)

1. Introdução

O Porto de Leixões, com sua localização estratégica tem desempenhado historicamente um papel de destaque como um ponto crucial de convergência para o comércio marítimo voltado não apenas para Portugal, mas também para outros destinos europeus. Hoje, o Porto de Leixões permanece enraizado na economia do país, mantendo-se como uma peça fundamental na cadeia de abastecimento internacional.

Melhorar as acessibilidades ao Porto de Leixões, tanto através das vias marítimas quanto terrestres, representa um imperativo absoluto para garantir o contínuo sucesso dessa infraestrutura portuária de grande importância. Ao otimizar as conexões e os meios de acesso ao porto, não somente promovemos uma operação portuária mais eficaz, mas também alargamos as oportunidades para empresas que dependem das suas instalações para realizar suas operações de importação, exportação e distribuição de mercadorias. Tais melhorias nas acessibilidades têm o potencial de gerar um impacto profundo e duradouro na economia local e regional, fomentando o crescimento do comércio e consolidando a posição de Portugal como um centro logístico de excelência na Europa.

Para garantir que o Porto de Leixões continue a atender à crescente demanda global, tornou-se essencial aprimorar as condições de acesso para navios, possibilitando a entrada de embarcações de maior capacidade. Nesse sentido, a extensão do quebra-mar foi uma medida imprescindível para viabilizar esse processo e fortalecer a infraestrutura portuária.

No presente trabalho procurou efetuar-se uma caracterização geotécnica dos materiais a dragar e uma análise detalhada do procedimento de dragagem, que visou o aprofundamento do canal de acesso e da bacia de rotação, para além da gestão da deposição dos materiais removidos. Paralelamente, realizou-se uma avaliação comparativa entre a técnica de dragagem mecânica com recurso a draga de corte e sucção e o método de desmonte com explosivos, a fim de compreender as diferenças, vantagens e desvantagens inerentes a cada abordagem.

(página propositadamente em branco)

Capítulo II
Enquadramento

(página propositadamente em branco)

2. Enquadramento

Na atualidade, o transporte de mercadorias a grandes distâncias é inevitável, em consequência da centralização dos centros produtivos maioritariamente na Ásia. Para esta troca ser rentável e rápida são utilizados navios de mercadorias. Com a evolução dos tempos, há uma crescente demanda por produtos de diferentes partes do mundo, o que torna a logística de transporte cada vez mais importante para a economia global. Uma vez que, a população mundial está com uma tendência crescente, consequentemente o volume de bens e produtos transacionados, globalmente, terá tendência a aumentar fazendo com que seja necessário responder a estas problemáticas através do melhoramento dos navios, quer a nível de eficiência ao nível da sua capacidade, sendo assim, o papel das economias de escala. A economia encontra-se em constante desenvolvimento e o volume de bens transacionados consequentemente vai aumentar sendo assim, quanto maior o navio, o preço por tonelada de carga diminui fazendo com que os navios evoluam e transportem mais carga.

Para que essa troca seja feita de maneira eficiente, é necessário criar rotas mais lucrativas. A rentabilidade irá aumentar caso se diminua a distância das rotas, aumente a capacidade dos navios e a criação de rotas que passam por vários países para a recolha e entrega de mercadorias.

Para alcançar essa eficiência, muitas empresas de transporte estão a investir em tecnologias avançadas, como sistemas de navegação por satélite e inteligência artificial, de forma a otimizar rotas e minimizar os custos. Além disso, é importante considerar a sustentabilidade ambiental ao escolher as rotas de transporte, optando por aquelas que reduzem a emissão de gases poluentes e o impacto no meio ambiente.

É evidente que a logística de transporte é um fator chave para o sucesso da economia global, e é por isso que as empresas continuam à procura de maneiras de melhorar a eficiência e a sustentabilidade de suas operações.

Através da plataforma online *Marine Traffic* (<https://www.marinetraffic.com>) é possível verificar a posição dos navios e obter diversas informações sobre os mesmos. Esta plataforma permite analisar quais são as rotas mais utilizadas no mundo inteiro.

Quanto às rotas mais utilizadas no mundo a rota Ásia – Estados Unidos da América é a mais movimentada. Atualmente, esta rota está bastante otimizada devido à construção do Canal do Panamá, uma vez que, os navios não necessitam de contornar o Cabo Horn reduzindo assim a distância a percorrer.

Outra rota bastante utilizada é a rota Ásia-Europa que também é otimizada devido à existência do Canal do Suez que encurta a distância e o tempo de viagem, uma vez que, não necessitam de contornar o continente africano.

A terceira rota com maior tráfego marítimo é União Europeia – Reino Unido. Na Figura 1 é possível observar as rotas mais utilizadas durante o ano de 2021.

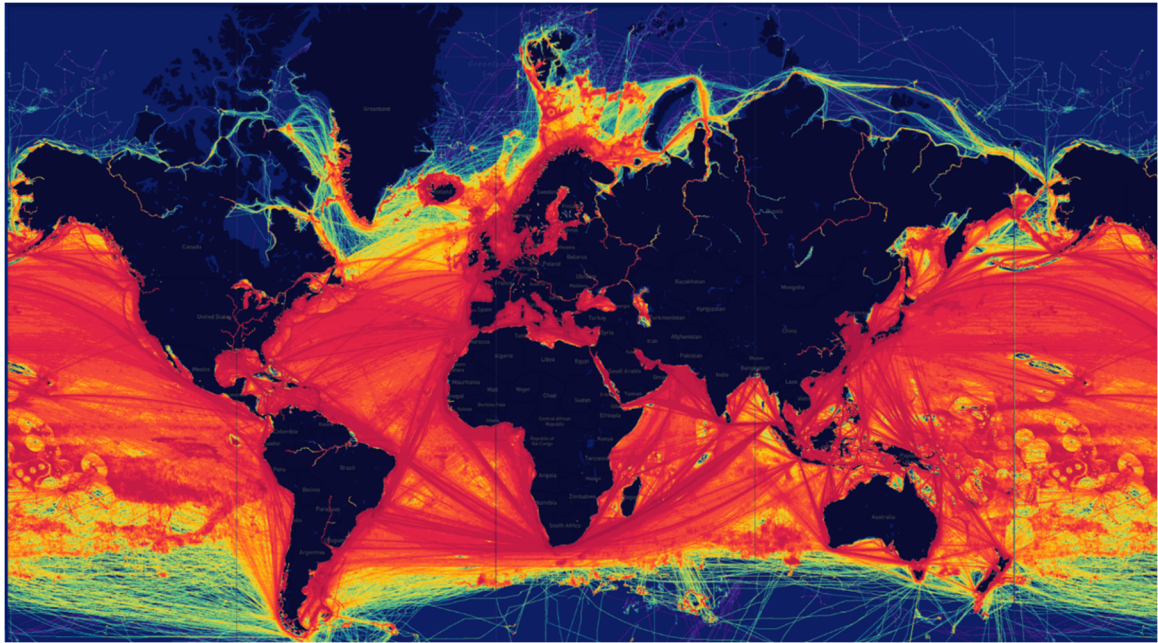


Figura 1 - Rotas dos navios durante o ano de 2021, retirado de Marine Traffic (<https://www.marinetraffic.com>)

Existem diversos tipos de navios com dimensões distintas e capacidades de armazenamento de carga diferentes, cada um projetado para atender às necessidades específicas das diferentes tipologias de carga.

Capítulo III

Estado da arte

(página propositadamente em branco)

3. Estado da arte

3.1. Evolução dos navios

Entre as dimensões mais importantes que definem as características de um navio, destacam-se o comprimento de fora a fora (mais conhecido por LOA, do inglês, *Lenght Overall*) que corresponde ao comprimento total do navio, ou seja, a distância entre os dois pontos mais salientes da proa (parte frontal do navio) e da popa (parte traseira do navio), a boca de um navio, que é a sua maior largura, e o calado do navio, que é a distância do ponto mais baixo da quilha à linha de água do navio, medida na vertical. O calado também pode ser definido como a altura mínima de água necessária para que o navio possa flutuar. Na Figura 2 são apresentadas as características definidas anteriormente.

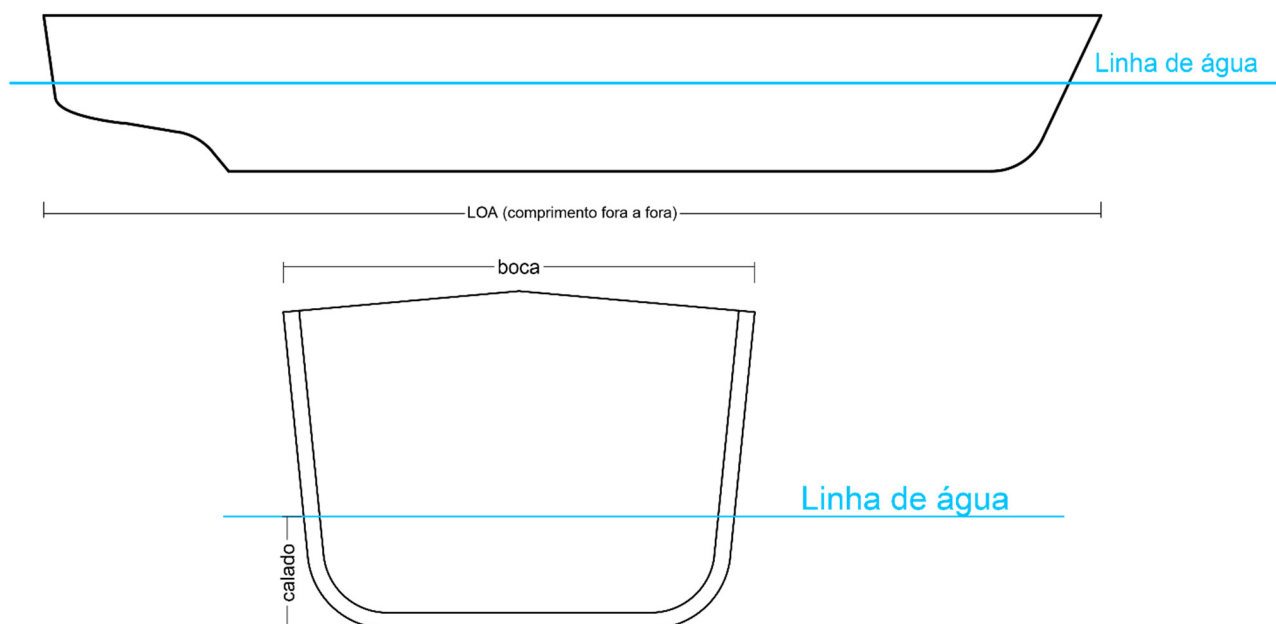


Figura 2 - Representação das dimensões de um navio

Além disso, existem outros fatores importantes a considerar na escolha de um navio, como a sua capacidade de carga, a velocidade máxima e a capacidade de manobra em diferentes condições de mar e vento. Esses fatores podem afetar a eficiência e o custo das operações de transporte, bem como a segurança da tripulação e das cargas transportadas.

Com a evolução dos tempos, o transporte marítimo foi evoluindo e por isso mesmo, foram criados os contentores de forma que a movimentação das cargas fosse realizada de forma eficiente, com a sua criação existiu a necessidade de criar uma padronização dos mesmos para que as atividades de carga, transporte e armazenamento fossem as mais eficientes possíveis, estes são capazes de resistir às diferentes condições atmosféricas, ao seu manuseio por diversos equipamentos e ao seu

empilhamento para que se possa otimizar o seu armazenamento, são rastreáveis através de uma placa que contém as diversas informações acerca do mesmo sendo estas placas chamadas de CSC (Container Safety Convention). A padronização dos contentores trouxe benefícios significativos para a indústria de transporte, promovendo eficiência, segurança, interoperabilidade e redução de custos. Para medir a capacidade de carga de um navio, é comum utilizar a unidade de medida TEU (Twenty-foot Equivalent Unit), que é utilizada para calcular o volume de um contentor de mercadorias de 20 pés. Essa medida é amplamente utilizada na indústria de transporte marítimo, permitindo que as empresas possam comparar e avaliar a capacidade de diferentes navios e contentores de carga.

Com o aumento da utilização dos contentores surgiram novos desafios que levaram ao crescimento da capacidade dos navios e com isto, estes foram evoluindo. Sendo assim, com o avançar tecnológico os navios foram-se modernizando e tornaram-se capazes de transportar mais TEU. Com isso, e embora existam diferentes classificações existentes na bibliografia, podemos considerar 5 gerações de navios que estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1 -Gerações dos navios, adaptado de Brito e Castro, 2018

Gerações	Ano	Designação	Comprimento (m)	Calado (m)	Capacidade (TEU)
1	1956	Converted Cargo Vessel	137	9	500 - 800
	1970	Fully Cellullar	200 - 215	10	1000 - 2500
2	1980	Panamax	250	12,5	3000 - 3400
	1985	Panamax Max	290	12,5	3400 - 4500
3	1988	Post Panamax I	300	13	4000 - 6000
	2000	Post Panamax II	340	14,5	6000 - 8500
4	2014	New Panamax	366	15,2	12500
5	2006	VLCS	397	15,5	11000 - 15000
	2013	ULCS	400	16	18000 - 21000

A melhoria contínua dos navios resultou no aumento progressivo do seu comprimento e, por consequência, do seu calado. Isso permitiu que sua capacidade fosse expandida, tornando-os mais eficazes. Para que essa evolução seja viável, é necessário que os portos de destino dos navios também aumentem sua profundidade e realizem manutenções adequadas nesse sentido.

3.2. Dragagem

Uma dragagem é um processo que envolve a remoção de sedimentos, rochas e outros materiais do fundo fluvial para permitir que navios de maior porte possam aceder com segurança aos portos. Este processo é realizado com equipamentos específicos, como é o caso das dragas, que podem operar em profundidades elevadas. Além de permitir o acesso a navios maiores, a dragagem também é importante para manter a profundidade dos canais de navegação e cais de acostagem

que têm tendência a assorear evitando assim a obstrução das vias marítimas/fluviais. No entanto, é importante realçar que a dragagem pode ter impactos ambientais, como a destruição de habitats naturais e a perturbação da fauna e flora marinha, sendo, portanto, necessário que seja realizada com cuidado e de acordo com as normas e regulamentos ambientais vigentes.

A dragagem é uma técnica fundamental para a manutenção e desenvolvimento dos portos, pois permite a retirada de sedimentos acumulados no fundo marítimo que prejudicam a navegabilidade e segurança das embarcações. Os navios, por sua vez, têm uma capacidade de carga muito maior do que os seus antecessores, o que se traduz em economia de escala em consequência redução dos custos de transporte de mercadorias. Assim, a dragagem é uma atividade essencial para a competitividade dos portos e para a economia em geral.

3.2.1. Tipos de dragagem

Segundo Aragona & Corradi (2018), uma dragagem pode ser realizada para diversos fins, e por isso mesmo, existe 4 tipos dependendo da sua finalidade, sendo eles:

- Dragagem de estabelecimento/aprofundamento
- Dragagem de manutenção
- Dragagem de mineração
- Dragagem de recuperação ambiental

3.2.1.1. Dragagem de estabelecimento/aprofundamento

Habitualmente, as dragagens de estabelecimento são consideradas de maior complexidade pois envolvem projetos de início de exploração ou seja, tanto podem envolver a criação de um porto bem como a melhoria das condições nos mesmos. Tem assim como objetivo principal a remoção de sedimentos, rochas e outros materiais do fundo do mar, a fim de aumentar a profundidade do canal de navegação ou a bacia de manobra dos portos.

De acordo com Conceição (2016), neste tipo de dragagem há uma grande quantidade de material removido e, por norma, é realizado desmonte com explosivos e as atividades de dragagem não são repetitivas. Normalmente, é realizado em solos compactos, camadas de solo não perturbadas, materiais com baixo teor de materiais contaminados e apresentam uma espessura de camadas considerável.

3.2.1.2. Dragagem de manutenção

Este tipo de dragagem é realizado periodicamente para manter a profundidade e a largura dos canais de navegação, cais de acostagem, bacias de rotação, entre outras áreas portuárias, que

podem ser afetados pelo assoreamento natural ou por ações humanas, como o lançamento de sedimentos por descarga de navios ou atividades de construção, que podem comprometer a operacionalidade de infraestruturas portuárias. Essa dragagem pode ser feita com a mesma técnica da dragagem de implantação/aprofundamento, mas com o objetivo de manter as condições já existentes. A frequência da dragagem de manutenção pode variar de acordo com as características do local e do volume de tráfego marítimo.

A dragagem de manutenção, segundo Conceição (2016), envolve quantidades de material variável, solos de resistência variável, possibilidade da presença de contaminantes, camadas de solos pouco espessas e pode ocorrer a sedimentação e erosão durante a operação.

3.2.1.3. Dragagem de mineração

A dragagem de mineração é um processo de extração de minerais valiosos do leito do rio ou do fundo do mar. É importante ressaltar que a dragagem de mineração pode ter impactos ambientais significativos, como a destruição de habitats aquáticos e a poluição da água com resíduos tóxicos.

3.2.1.4. Dragagem de recuperação ambiental

A dragagem de recuperação ambiental visa restaurar áreas afetadas por impactos ambientais negativos, tais como a contaminação de sedimentos ou a degradação do habitat de espécies aquáticas. Este tipo de dragagem pode estar muitas das vezes associada à referida no tópico 3.2.1.2, dragagem de manutenção. Neste tipo de dragagem, é realizada a remoção de sedimentos contaminados e/ou afetados pela poluição e, posteriormente, são realizados os procedimentos necessários para o tratamento desses sedimentos e seu descarte adequado, visando a recuperação da qualidade ambiental da área afetada. Esse tipo de dragagem pode ser realizado em rios, lagos, lagoas, estuários, entre outros corpos d'água, e é importante para a recuperação de ecossistemas aquáticos degradados, podendo muitas das vezes associadas, após tratamento, à reutilização dos materiais.

Segundo Conceição (2016), estes trabalhos estão associados a pequenas quantidades de material, sedimentos com elevada percentagem de contaminantes, solos com diferentes resistências e, caso a fonte de contaminação esteja controlada, as dragagens não necessitam de ser repetitivas.

3.2.2. Legislação nacional e europeia

As dragagens são um tema pouco desenvolvido em questão de normas e/ou leis, tanto a nível nacional como europeu.

No caso de Portugal há uma portaria (Portaria nº 1450/2007 de 12 de novembro, 2007) que regulamenta as dragagens e todos os projetos estão sujeitos a uma avaliação de impacto ambiental

(AIA). No ponto de vista ambiental é necessário analisar a qualidade dos sedimentos dragados, bem como a qualidade da água.

No caso dos sedimentos estes podem ser afetados pelas atividades humanas, como é o caso das dragagens, que podem resultar em alterações significativas na dinâmica natural dos rios, estuários e zonas costeiras. Por isso, é importante que sejam estabelecidos protocolos de avaliação e gestão ambiental adequados para minimizar os impactos negativos dessas atividades. A análise da qualidade dos sedimentos é fundamental para garantir a segurança das espécies e da população que vive próxima a essas áreas, bem como para preservar o meio ambiente e os recursos naturais.

A Portaria nº 1450/2007 de 12 de novembro, 2007, estabelece as normas técnicas relativas à qualidade dos sedimentos a dragar e às características das águas de descarga associadas às operações de dragagem, no âmbito da gestão dos sedimentos dragados em Portugal. Embora não regule diretamente o desmonte de rocha subaquática, a portaria estabelece requisitos de qualidade para os sedimentos dragados, independentemente da sua origem, com o objetivo de minimizar o impacto ambiental das operações de dragagem.

Segundo a Portaria nº 1450/2007 de 12 de novembro, 2007, podemos dividir o material dragado em 5 classes:

- *Classe 1 – Material dragado limpo – pode ser depositado no meio aquático ou reposto em locais sujeitos a erosão ou utilizado para alimentação de praias sem normas restritivas.*
- *Classe 2 – Material dragado com contaminação vestigiária – pode ser imerso no meio aquático tendo em atenção as características do meio recetor e o uso legítimo do mesmo.*
- *Classe 3 - Material dragado ligeiramente contaminado - pode ser utilizado para terraplenos ou no caso de imersão necessita de estudo aprofundado do local de deposição e monitorização posterior do mesmo.*
- *Classe 4 – Material dragado contaminado – deposição em terra, em local impermeabilizado, com a recomendação de posterior cobertura de solos impermeáveis.*
- *Classe 5 – Material muito contaminado – idealmente não deverá ser dragado e em caso imperativo, deverão os dragados ser encaminhados para tratamento prévio e ou deposição em aterro de resíduos devidamente autorizado, sendo proibida a sua imersão.*

Cada classe referida anteriormente tem um valor limite para cada tipo de metais e compostos orgânicos, na Tabela 2 está presente a classificação de materiais de acordo com o grau de contaminação.

Tabela 2 - Classificação dos materiais de acordo com o grau de contaminação (adaptado da *Portaria n.º 1450/2007 de 12 de novembro*)

Parâmetro		Classe				
		1	2	3	4	5
Metais (mg/kg)	Arsénio	<20	20 a 50	50 a 100	100 a 500	> 500
	Cádmio	<1	1 a 3	3 a 5	5 a 10	> 10
	Crómio	<50	50 a 100	100 a 400	400 a 1000	> 1000
	Cobre	<35	35 a 150	150 a 300	300 a 500	> 500
	Mercúrio	<0,5	0,5 a 1,5	1,5 a 3	3 a 10	> 10
	Chumbo	<50	50 a 150	150 a 500	500 a 1000	> 1000
	Níquel	<30	30 a 75	75 a 125	125 a 250	> 250
	Zinco	<100	100 a 600	600 a 1500	1500 a 5000	> 5000
Compostos orgânicos (µg /kg)	PCB (soma)	<5	5 a 25	25 a 100	100 a 300	> 300
	PAH (soma)	<300	300 a 2000	2000 a 6000	6000 a 20000	> 20000
	HCB	<0,5	0,5 a 2,5	2,5 a 10	10 a 50	> 50

Existem diversas normas europeias relacionadas com dragagens, as quais são estabelecidas pela Comissão Europeia e visam assegurar a proteção ambiental e a segurança das operações de dragagem. Algumas das normas mais relevantes incluem:

Diretiva 2000/60/CE Do Parlamento Europeu e Do Conselho de 23 de outubro, 2000, que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água (Diretiva-Quadro da Água).

Diretiva 2013/39/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 12 de agosto, que altera as Diretivas 2000/60/CE e 2008/105/CE no que se refere aos padrões de qualidade ambiental prioritários no domínio da água.

Em Portugal foi publicada a Lei da Água, após a publicação desta lei foi aprovado o Decreto-Lei n.º 226-A/2007 que refere que as dragagens e todo o material dragado estão sujeitos a títulos de utilização definidos pela Portaria nº 1450/2007 de 12 de novembro.

O objetivo principal da legislação é garantir que as atividades de dragagem sejam realizadas de forma sustentável, minimizando os impactos ambientais e protegendo a saúde humana. É importante lembrar que as dragagens devem ser realizadas por empresas especializadas e com autorização das autoridades competentes, a fim de evitar danos ambientais e garantir a segurança das pessoas envolvidas no processo.

3.2.3. Impactes ambientais

De acordo com o artigo nº2 do Decreto-Lei nº 151-B/2013, de 31 de outubro do Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território, um impacto ambiental é *um conjunto das alterações favoráveis e desfavoráveis produzidas no ambiente, sobre determinados*

fatores, num determinado período de tempo e numa determinada área, resultantes da realização de um projeto, comparadas com a situação que ocorreria, nesse período de tempo e nessa área, se esse projeto não viesse a ter lugar.

O Decreto-Lei nº 152-B/2017, de 11 de dezembro, 2017, atualizou o regime jurídico de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) e estabeleceu novas regras para a classificação dos impactes ambientais. Esses impactes podem ser classificados de acordo com vários critérios, como a sua natureza, a sua gravidade, a sua duração, a sua reversibilidade e a sua extensão. A classificação dos impactes ambientais também auxilia na tomada de decisões e na seleção de alternativas para um projeto, com base nos seus potenciais impactes. A avaliação dos impactes ambientais deve ser realizada em todas as fases do projeto, desde o planeamento até à sua conclusão e operação. Além disso, a legislação ambiental prevê a obrigatoriedade da consulta pública para a AIA, de forma a envolver a comunidade e recolher contribuições e opiniões. Isso torna o processo de AIA mais transparente e participativo, garantindo que os interesses da sociedade e do meio ambiente sejam considerados na tomada de decisões.

De acordo com a Diretiva 2014/52/UE do Parlamento Europeu, relativa à avaliação dos efeitos de determinados projetos públicos e privados no ambiente, podemos definir o tipo e características de um potencial impacto tendo em conta o seguinte:

- A magnitude e extensão espacial do impacto.
- A natureza do impacto.
- A natureza transfronteiriça do impacto.
- A intensidade e complexidade do impacto.
- A probabilidade do impacto.
- A ocorrência esperada, duração, frequência e reversibilidade do impacto.
- A acumulação dos impactos com os de outros projetos existentes e/ou aprovados.
- A possibilidade de redução do impacto de maneira eficaz.

3.2.4. Monitorização

A monitorização do material dragado está definida pela Portaria nº 1450/2007 de 12 de novembro,. No ponto nº 8 desta portaria pode ser lido “A determinação das características e composição dos materiais dragados, para efeitos de dragagem e eliminação, integrando a imersão referida no artigo

60.º do Decreto-Lei no 226-A/2007 de 31 de maio do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do desenvolvimento Regional, é realizada de acordo com o anexo III à presente portaria, que dela faz parte integrante”.

Sendo assim, consultando o anexo III da portaria referida anteriormente, podemos ter em conta método de amostragem definido na Tabela 3.

Tabela 3 - Número de estações de monitorização a implementar por volume dragado (adaptado de *Portaria n.º 1450/2007, de 12 de novembro*)

Volume dragado (m3)	Nº de estações
Até 25 000	3
25 000 a 100 000	4 a 6
100 000 a 500 000	7 a 15
500 000 a 2 000 000	16 a 30
Mais de 2 000 000	Mais 10 por cada 1 000 000 de m3

Relativamente à frequência de amostragem estas devem de ser:

- Anuais – Caso a amostragem inicial indique uma contaminação importante
- 3 em 3 anos – Caso o material seja considerado limpo

As amostras devem de ser recolhidas desde a superfície até à cota a dragar e estas devem de ser representativas da coluna de sedimentos a dragar. Para pudermos considerar que a amostra é um sedimento, o material dragado não pode ter granulometria superior a 2 mm, caso isso aconteça a amostra deve de ser excluída.

3.3. Desmorte mecânico

Segundo Alfaia Conceição, 2016, desmorte manual é mais conhecido como dragagem e é realizada por dragas que podem ser de dois tipos: mecânica e hidráulica. No mercado, há uma variedade de equipamentos de dragagem disponíveis, cada um projetado para atender a diferentes condições e tipos de dragagem. Isso permite que escolhamos o equipamento mais adequado para a tarefa que desejamos realizar, visando a maximização da sua eficiência de utilização.

3.3.1. Dragas mecânicas

As dragas mecânicas são utilizadas essencialmente em solos coesivos como é o caso da argila, cascalho e siltes. Estes equipamentos são semelhantes aos utilizados nos trabalhos de terraplanagem. Uma vez que estes equipamentos realizam a escavação do material através de diversos tipos de baldes significa que nem todos os materiais podem ser ripados e removidos.

As dragas mecânicas podem ser de 3 tipos:

-
- Draga escavadora
 - Draga de alcatruzes
 - Draga de caçamba

3.3.1.1. Draga escavadora

Uma draga escavadora (Figura 3) é uma embarcação equipada com uma retroescavadora para fins de construção e escavação. Ao longo do tempo, esses equipamentos foram aprimorados, permitindo que tenham maior alcance e apresentem recursos como *spuds*, que servem para fixar a draga no local onde o trabalho será realizado e aumentar a absorção de esforços durante o processo de escavação.



Figura 3 - Draga escavadora pertencente à empresa DEME, sendo a sua designação “Peter the great” (<https://www.deme-group.com/>)

3.3.1.2. Vantagens

As dragas escavadoras são bastantes versáteis no que diz respeito às formas de trabalho, sendo assim algumas das suas vantagens são:

- Flexibilidade – a sua facilidade em ser movidas para diferentes locais de trabalho confere-lhes grande flexibilidade na realização de trabalhos de escavação.
- Velocidade – A sua capacidade de escavar grandes quantidades de sedimentos e materiais num local e num curto espaço de tempo faz com que seja uma opção rápida e eficiente.
- Facilidade de operação – Este tipo de dragas são um equipamento de fácil operação.
- Custo – uma draga escavadora tem um custo menor em comparação com outras dragas e exigem menos manutenção, tornando-se assim uma opção acessível.

-
- Capacidade de trabalho em águas rasas – ideal para projetos que requeiram trabalhos a baixas profundidades.
 - Versatilidade – as diversas tarefas para as quais estas dragas podem servir são variadas como é o caso a escavação, nivelamento da superfície, limpeza dos canais e desassoreamento.

3.3.1.3. *Desvantagens*

Este equipamento apresenta algumas desvantagens entre as quais:

- Limitação de profundidade – apesar desta ser uma vantagem deste tipo de equipamento também podemos considerar que seja uma parte má deste equipamento.
- Necessidade de um navio auxiliar – precisam de equipamentos auxiliar para realizar o seu transporte até ao local para realizar o seu trabalho, mas também, necessita de batelões para retirar o material escavado do local e levar para o seu destino final, uma vez que não conseguem armazenar grandes quantidades de material.
- Dificuldade em solos duros – quando está na presença de um material mais competente este tipo de equipamento não consegue realizar o trabalho com eficácia.
- Impacto ambiental – este equipamento produz impactos ambientais, mas isso pode ser causado por qualquer equipamento que realize dragagens.

3.3.1.4. *Draga de alcatruzes*

A draga de alcatruzes (Figura 4) é uma draga estacionária que possui uma cadeia de diversos baldes acoplados fazendo com que o material ascenda através do mesmo e crie um sistema que funciona de forma idêntica a uma escada. Quando os baldes atingem o ponto superior os mesmos rodam para poderem efetuar a descida e nesse momento o balde é despejado numa caçamba que posteriormente transporte o material através de tapetes para outro meio de transporte até a sua

deposição. O uso dessa draga tem sido frequente em portos e canais, devido à sua capacidade de remover grandes quantidades de material, como areia, lodo e sedimentos.



Figura 4 - Dragagem de alcatruzes pertencente à empresa Relong (<https://es.relongdredger.com/>)

3.3.1.5. *Vantagens*

Um dos principais tipos de vantagens deste método é que, segundo Vlasblom (2003), estes tipos de dragas podem ser usados em quase todo o tipo de solos, desde siltes macios a argilas e até rochas dependendo da força do equipamento, também podem ser utilizadas para remover o material após ter sido usado desmonte com explosivos. Outras vantagens deste equipamento são:

- Versatilidade – pode ser utilizado em diferentes materiais.
- Eficiência – é capaz de extrair grandes volumes de materiais de forma rápida e eficiente
- Manutenção – é um equipamento com baixo custo de manutenção, uma vez que é uma draga mecanicamente simples.
- Flexibilidade - pode operar em diferentes profundidades e posições.
- Impacte ambiental – em comparação a outras dragas este equipamento tem reduzida vibração e ruído o que torna os impactos ambientais reduzidos.

3.3.1.6. *Desvantagens*

Relativamente a esta draga há desvantagens que se destacam que é o caso:

- Baixa produtividade – se comparada à draga de sucção esta draga apresenta menor produtividade.

-
- Limitações de profundidade – como este equipamento é projetado para trabalhar em águas rasas o seu alcance em termos de profundidade é baixo.
 - Manutenção – Apesar da sua manutenção ter um baixo custo esta tem de ser realizada com maior frequência pois tem peças de desgaste rápido, que é o caso dos baldes.
 - Dificuldades de manobrar – o tráfego marítimo no local das manobras poderá ter de ficar condicionado uma vez que esta draga necessita de algum espaço para realizar as manobras.
 - Necessidade de um navio auxiliar – igualmente ao caso das dragas escavadoras este equipamento necessita de auxílio de batelões para o transporte do material para o local de deposição final.

3.3.1.7. *Draga de caçamba*

As dragas com caçambas (Figura 5) são equipamentos utilizados para a remoção de sedimentos e materiais de fundo, consistindo na colocação de caçambas com mandíbulas presas a guias. Essas guias podem ser de diversos tipos e uma embarcação pode ter mais de uma grua, aumentando assim o rendimento. Esses tipos de dragas podem ter um depósito próprio ou então precisar de suporte de batelões para a remoção do material dragado.



Figura 5 - Draga de caçamba da empresa Kojimagumi (<https://www.kk-kojimagumi.co.jp/english/>)

3.3.1.8. *Vantagens*

As vantagens deste tipo de equipamento são::

- Flexibilidade – podem realizar a remoção de vários tipos de materiais sendo apenas necessário alterar a caçamba utilizada.

-
- Rapidez – Como este equipamento pode possuir várias gruas em simultâneo pode remover mais quantidade de material num intervalo de tempo menor.
 - Versatilidade – podem ser utilizadas em diferentes trabalhos como é o caso da dragagem portuária, dragagem de rios e lagos.
 - Material dragado – o controle do material dragado é superior uma vez que, as caçambas fazem com que seja evitado a dispersão dos sedimentos a água minimizando assim possíveis impactos ambientais.
 - Alcance – esta draga pode ter diversos alcances dependendo da grua que está instalada e os cabos que a grua consegue aguentar.

3.3.1.9. Desvantagens

Algumas das desvantagens que podemos referir são:

- Precisão – apresenta baixa precisão quando comparada a outras dragas, deixando assim um fundo irregular.
- Profundidade – a profundidade está limitada ao alcance das gruas, mas quanto maior a profundidade superior é o seu tempo de ciclo.
- Suporte – algumas destas dragas podem necessitar suporte de batelões para realizar o transporte do material escavado para o local de deposição.
- Rentabilidade – podemos considerar que esta draga apenas tem boa rentabilidade quando utilizada com o balde correto para o material que está a escavar.

3.3.2. Dragagem hidráulica

O principal objetivo deste tipo de dragagem é desagregar o material no fundo oceânico e realizar a bombagem do material dragado para um local escolhido previamente. O local da deposição do material dragado pode ser no fundo oceânico ou ser transferido para terra de forma a ter outra finalidade, sendo que a sua deposição depende sempre da classe dos sedimentos.

Os tipos de dragas hidráulicas utilizadas atualmente são:

- Dragas de sucção em arrasto
- Dragas de corte e sucção

3.3.2.1. *Dragas de sucção em marcha*

Este equipamento pode trabalhar de duas formas diferentes no que concerne à descarga/armazenamento do material. Estas dragas têm a capacidade de armazenar em porão, os materiais incoerentes que está a dragar, pode efetuar as descargas dos materiais a partir de umas comportas instaladas no fundo da draga ou então efetuar a descarga através de canhões, em que o material é transportado através de tubos e bombeado para o local de deposição.

O que difere este equipamento dos referidos anteriormente é a sua capacidade de armazenar o material recolhido, existem diversos tipos de dragas com capacidades diferentes e armazenamento dependendo dos rendimentos que se pretendem obter assim como do espaço disponível na obra para a mesma poder operar.

Como o nome deste tipo de draga indica, draga de corte e sucção (Figura 6), a mesma faz a remoção do material enquanto a draga se encontra em movimento, apesar do mesmo ser a uma velocidade inferior à velocidade de cruzeiro.



Figura 6 - Draga de sucção em marcha a realizar a bombagem do material, pertencente à empresa DEME, sendo a sua designação "Breughel" (<https://www.deme-group.com/>)

3.3.2.2. *Vantagens*

As dragas de sucção em marcha têm diversas vantagens como é o caso:

- Alta produtividade – grandes quantidades de materiais possam ser dragadas e, um curto espaço de tempo.

- Flexibilidade – esta draga pode trabalhar em diversos tipos de materiais e solos.
- Impactos ambientais – uma vez que é realizada a sucção em marcha a turbidez e a dispersão de sedimentos durante a operação.
- Manobras – facilidade em manobrar enquanto está em operação.
- Profundidade – Podem trabalhar em diversas profundidades.

3.3.2.3. Desvantagens

Em relação às desvantagens deste equipamento é de referir:

- Condições climáticas – é necessário haver boas condições climáticas, como é o caso de mar calmo e vento fraco.
- Manobras – é uma embarcação grande e pesada e pode dificultar as suas manobras em áreas com pouco espaço.
- Impactos ambientais – com a sucção dos sedimentos pode causar danos ao ecossistema marinho, como a remoção de habitats naturais e perturbação da fauna e flora.

3.3.2.4. Dragas de corte e sucção

Uma draga de corte e sucção é um equipamento estacionário e é composto por uma cabeça de corte que desagrega o material que posteriormente será bombeado pelas bombas presentes na draga. Na Figura 7 é possível verificar um esquema de um equipamento deste tipo.

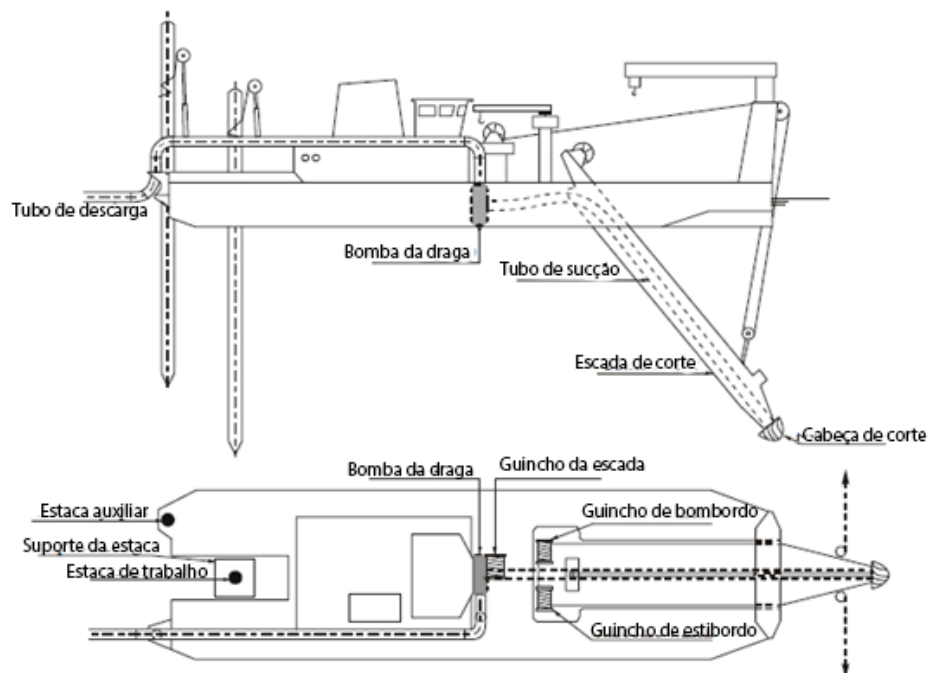


Figura 7 - Constituintes de uma draga de corte e sucção, adaptado de Vlasblom (2003)

Esta draga é capaz de remover quase todo o tipo de material, uma vez que é possível equipar as suas cabeças de corte com diferentes tipos de dentes para se adaptar ao material com que está a trabalhar, apesar de cada equipamento ter um valor limite de resistência à compressão simples da rocha que consegue remover. Para a draga ser capaz de se movimentar e ter um ângulo de trabalho elevado este equipamento é equipado com 2 estacas que auxiliam o avanço da draga em obra.

Na Figura 8 é possível se ver uma representação da draga de corte e sucção denominada como "Spartacus" pertencente à empresa DEME, este equipamento será posteriormente mais aprofundado.



Figura 8 - Dragagem de corte e sucção, pertencente à empresa DEME denominada como "Spartacus" (<https://www.deme-group.com/>)

3.3.2.5. Princípios de funcionamento

Uma draga de corte e sucção tem quatro componentes essenciais para o seu funcionamento, sendo eles, a cabeça de corte, as estacas, as âncoras e a bomba de dragagem. Sendo assim, podemos considerar que a cabeça de corte desagrega o material e posteriormente este vai ser bombeado através de um tubo, uma vez que o necessita de chegar à superfície é necessário escolher uma bomba que tenha potência suficiente.

Como é possível verificar no esquema Figura 7, as dragas de corte e sucção têm 2 estacas, estas estacas fazem com que a draga se movimente. A função da estaca de trabalho é fazer com que o navio se consiga movimentar para a frente alterando a posição do leque de trabalho enquanto a

estaca auxiliar apenas faz com que o equipamento mantenha na sua posição enquanto o sistema de movimentação passa da posição final (Pf) à posição inicial (Pi).

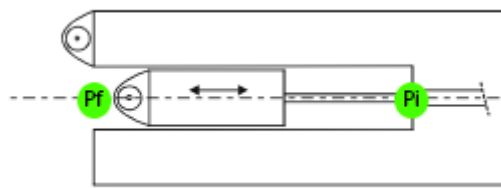


Figura 9 - Sistema da movimentação das estacas, adaptado de Vlasblom (2003)

Com o sistema de movimentação, representado na Figura 9, a estaca de trabalho poderá ser movimentada vários metros na direção longitudinal da draga através de um guincho hidráulico.

A dragagem avança quando a estaca de trabalho se move para a posição inicial, após essa movimentação, a cabeça de corte realiza círculos concêntricos até que a estaca de trabalho chegue novamente à posição final do sistema de movimentação, durante este processo a estaca auxiliar não se encontra a ser utilizada.

Além da movimentação do navio através das estacas, a cabeça de corte pode ser movimentada lateralmente através de duas âncoras lateralmente na cabeça de corte. Estas ancoras estão ligadas à cabeça de corte através de guinchos que fazem com que a cabeça de corte se movimente num padrão de oscilação vertical como é possível verificar na Figura 10.

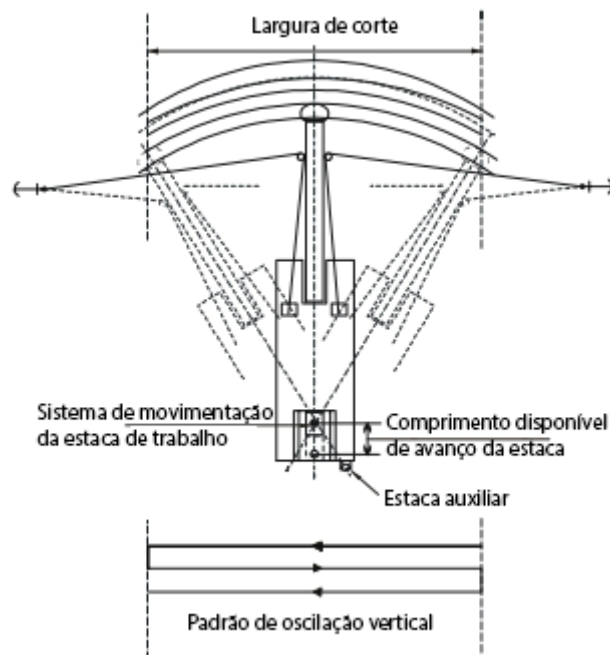


Figura 10 - Representação da movimentação em leque, adaptado de Vlasblom (2003)

Estas operações são sempre contínuas e apenas é necessário parar quando é preciso realizar uma manutenção no equipamento, mudar os dentes da cabeça de corte ou alguma falha no equipamento. Apesar de ser um processo contínuo por vezes a bombagem de material não é realizada e apenas é bombeada água, isso acontece principalmente quando a grua se está a movimentar.

3.3.2.6. Cabeças de corte

As dragas de corte e sucção necessitam de uma cabeça de corte, Figura 11, acoplada no seu extremo para realizar a desagregação do material no fundo oceânico. Estas cabeças de corte podem ser de diversos tipos e cada uma tem a sua função de acordo com o material que estamos a dragar.



Figura 11 - Cabeça de corte de uma draga de corte e sucção, *DEME*

As cabeças de corte são constituídas por diversos dentes, o objetivo principal da utilização deste método é a possibilidade de se substituir apenas o/os dentes danificados, fazendo com que apenas seja necessário a substituição da peça que se encontra desgastada ou com defeito. A vantagem principal da substituição dos dentes é a diminuição do tempo e custos associados à substituição de uma cabeça de corte inteira.

Segundo Vlasblom (2003), os dentes (Figura 12) podem ser de 6 tipos e específicas do material a dragar:

- Pick Points short – Rocha dura
- Pick Points Long - Rocha
- Pick Points Trapezoid – Rocha macia
- Chisels narrow – Areia cimentada
- Chisels wide – areia e solo desagregado
- Chisels flared - Argila

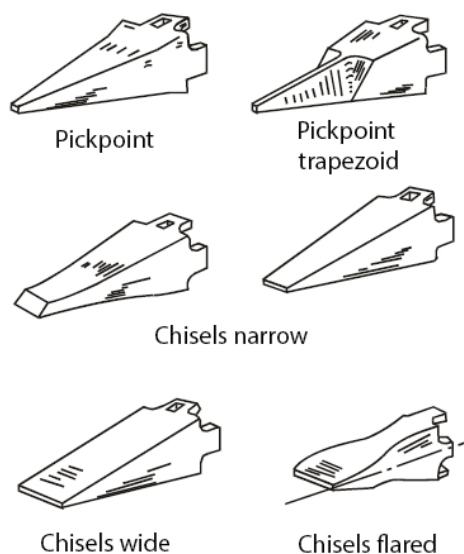


Figura 12 - Tipos de dentes, adaptado de Vlasblom (2003)

3.3.2.7. *Vantagens*

O resultado do trabalho desta draga é uma superfície nivelada e contínua e tem grandes rendimentos operacionais. Podem trabalhar com todo o tipo de materiais (com limite de resistência à compressão simples de 60 MPa) apenas necessitando de alterar a cabeça de corte e trabalham tanto em baixas como em altas profundidades, para grandes profundidades está limitada aos 45 m de profundidade uma vez a maior draga de corte e sucção conhecida no momento pode atingir esta profundidade.

As dragas de corte e sucção têm diversas vantagens como é o caso:

- Flexibilidade – podem ser utilizadas em diversos tipos de solos e materiais rochosos.
- Eficiência – Uma vez que este equipamento combina o corte e sucção em simultâneo o seu rendimento aumenta.
- Armazenamento – a draga permite armazenar o material recolhido numa cisterna permitindo um armazenamento de grandes de quantidades de material escavado.
- Descarga - o uso de canhões para descarga do material dragado permite atingir grandes distâncias de deposição.
- Impacto ambiental – como a capacidade de controlar o material que está a ser dragado é grande e a localização do material a depositar é estudado e é possível realizar num local específico, os impactos ambientais são reduzidos.

3.3.2.8. *Desvantagens*

Apesar de uma das principais vantagens deste equipamento ser a possibilidade da utilização nos diversos tipos de material apenas mudando a cabeça de corte isso poderá trazer problemas no que toca à rentabilidade do projeto. Um dos problemas que pode ocorrer neste tipo de draga é os entupimentos das tubagens.

Em relação às desvantagens deste equipamento é de referir:

- Custo – elevado investimento inicial na aquisição do equipamento e o elevado consumo de combustível leva a grandes custos com o mesmo.
- Mão de obra qualificada – Necessita de tripulação qualificada para operar a draga.
- Impactos ambientais – nenhum equipamento está livre dos impactos ambientais porque podem causar perturbações na vida marinha e com este equipamento passa-se o mesmo.

3.3.2.9. *Embarcações auxiliares*

Durante as operações de dragagens, é indispensável o auxílio de batelões e lanchas de apoio às tripulações e pilotos. Os batelões são equipados com uma abertura no fundo, permitindo que, após serem preenchidos pela draga, possam descarregar posteriormente em um vazadouro ou no local designado para esse fim. Quanto às lanchas de apoio, a sua função é transportar a tripulação até à draga, a qual permanece fixa no mesmo local ao longo da obra, movendo-se somente para realizar as deslocações necessárias para a dragagem.

3.4. *Desmorte subaquático com explosivos*

As operações de desmorte com explosivos são muito mais complexas do que a realização de desmorte mecânico, que seriam as dragas a efetuar. Uma vez que existe uma alternativa que tem as suas vantagens quer do ponto de vista económico como também na simplificação de trabalhos, a utilização de explosivos neste tipo de desmontes apenas é utilizada quando se está na presença de um maciço rochoso competente e que não é suscetível de ser removido com recurso a um desmorte mecânico.

Segundo Bender (1999), o conhecimento do maciço rochoso que vamos desmontar é muito importante uma vez que o tipo de material pode influenciar a forma como desmorte é realizado e o produto final. Por isso mesmo, o autor enumerou por ordem de importância as propriedades do material que influenciam o desmorte com explosivos sendo elas, a estrutura, resiliência, tensões, densidade e velocidade de transmissão de propagação.

3.4.1. Tipos de explosivos e sistemas de iniciação

Um desmonte com explosivos como em qualquer outro tipo de trabalho requer um estudo pormenorizado do local onde se vai trabalhar, ou seja, é necessário perceber todas as condicionantes do local e assim, preparar um plano de fogo específico para o trabalho a efetuar. Neste caso, como o trabalho é desenvolvido quase que na sua totalidade no mar as variantes que se tem de ter em conta são diversas. Existem diversas características dos explosivos que se devem de ter em conta na altura da sua escolha. Os explosivos podem ser classificados e caracterizados quanto à sua velocidade de combustão, aos seus efeitos e à sua sensibilidade (Figura 13).

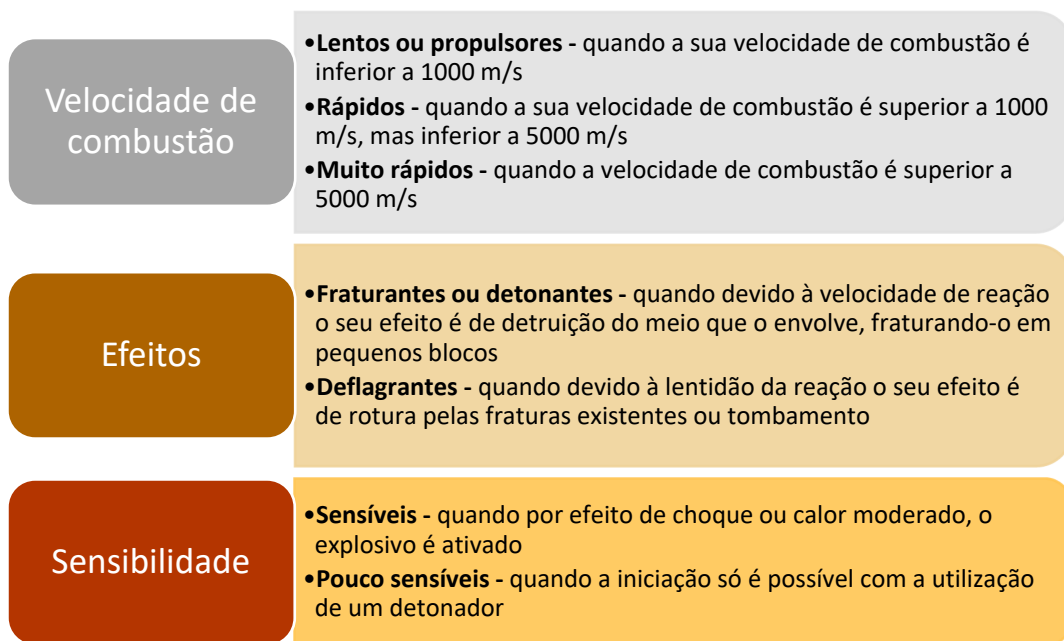


Figura 13 - Classificação e caracterização dos explosivos, adaptado de Hipólito Trindade, 2009

De acordo com Trindade (2009), no que concerne à segurança estes podem ser:

- Resistentes à água
- Sensíveis ao choque
- Quimicamente estáveis
- Toxicidade dos fumos após deflagração
- Sensibilidade do detonador
- Densidade do cartucho

Em relação ao tipo de explosivo este podem ser de 4 tipos: gelatinosos, pulvurentos, granulosos e emulsões (Figura 14).

<p>Gelatinosos (Nitroglicol ou Nitroglicerina)</p> <ul style="list-style-type: none"> •Elevada densidade •Elevada velocidade de detonação •Elevada pressão •Menor volume de gases gerados
<p>Pulvulentos (Nitrato de amónio sensibilizado)</p> <ul style="list-style-type: none"> •Elevada densidade •Elevada velocidade de detonação •Elevada potência •Baixo volume de gases
<p>Granulosos (Nitrato de amónio e gasóleo)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mais sensíveis • Pouca resistência à humidade • Vantajoso em furos secos
<p>Emulsões (Solução de Nitrato de amónio, óleos e emulsionantes)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formados por produtos que não são substâncias explosivas mas quando adequadamente misturadas reagem como tal • Seguras • Economia e rentabilização do tempo e mão-de-obra quando usadas em furos de grande diâmetro

Figura 14 - Tipos de explosivos, adaptado de Hipólito Trindade, 2009

3.4.2. Tipos de iniciadores

Para que um desmonte de um maciço rochoso aconteça há a necessidade de existir uma detonação. Para isso, existem os sistemas de iniciação que fazem com que haja uma estimulação térmica ou então, uma onda de choque que é produzida criando uma detonação com energia suficiente para a iniciação do explosivo. Os sistemas de iniciação podem ser detonadores e cordão detonante.

3.4.2.1. Detonadores

Atualmente podemos utilizar três tipos de detonadores: elétricos, não-elétricos e eletrônicos.

3.4.2.2. Detonadores elétricos

Estes tipos de detonadores apenas podem ser usados a céu aberto e subterrâneo e na ausência de trovoadas e correntes erráticas. De acordo com Stockler (2002), os detonadores elétricos podem ter maior ou menor insensibilidade à corrente elétrica, ou seja, estes podem ser detonados em três tipos: sensíveis, insensíveis e altamente insensíveis.

- Os detonadores sensíveis, denominados por S, foram concebidos para serem utilizados em locais onde não exista perigo de haver correntes estáticas, induzidas ou de radiofrequência. Para estes detonadores a intensidade mínima de disparo é de 1,2 A.
- Os detonadores insensíveis, denominados por I, são mais seguros em relação aos S no que diz respeito às correntes estranhas. São utilizados quando não há a certeza se existe ou não

correntes estáticas, induzidas ou de radiofrequência e por isso mesmo dá uma margem de segurança superior aos mencionados no ponto anterior. Para estes detonadores a intensidade mínima de disparo é de 2,5 A.

- Os detonadores altamente insensíveis, denominados por AI, não há o risco de detonação na presença de linhas elétricas, radiofrequências, eletricidade estática entre outros. São utilizados quando existe riscos de explosões acidentais. Para estes detonadores a intensidade mínima de disparo é de 25 A.

Segundo Santos Reis, 2016, dentro da gama de detonadores elétricos estes podem ser de 3 tipos: instantâneos, de retardo longo ou de retardo curto.

- Os detonadores instantâneos não possuem parte retardadora, sendo assim, a detonação é instantânea quando ocorre a combustão do filamento.
- Os detonadores de retardo longo possuem intervalos de retardo de 500 milissegundos.
- Os detonadores de retardo curto têm intervalos de retardo de 20 milissegundos.

3.4.2.3. Detonadores não elétricos

Os detonadores elétricos diferenciam-se dos demais por não apresentarem o risco de detonar na presença de fontes elétricas e de radiofrequência, estes tipos de detonadores podem ser utilizados em locais com humidade. Neste tipo de detonadores podemos ter diversos tempos de detonação, para isso existem 3 tipos de detonadores não elétricos:

- Milisecund, MS – Temporizados com intervalos de tempo de 25 ms.
- Long period, LP – Temporizados com intervalos de tempo superiores aos MS sendo frequentemente utilizados em desmontes subterrâneos.
- Unidet – são semelhantes ao MS mas apenas são fabricados com uma temporização e são utilizados à superfície.

3.4.2.4. Detonadores eletrónicos

O que distingue os detonadores eletrónicos dos demais é que cada detonador pode ser programado individualmente podendo ter tempos de detonação diferentes entre eles. Estes detonadores possuem medidas de segurança que impedem que o furo seguinte detonado caso o anterior não detone, é possível saber também que furos não detonaram no final de uma pega. Sendo assim, estes tipos de detonadores ajudam a otimizar uma pega de fogo.

O nível de segurança destes detonadores é superior aos outros modelos, uma vez que só detonam a partir de um tipo de sinal elétrico que é codificado pelo detonador.

3.4.2.5. Cordão detonante

O cordão detonante consiste num explosivo revestido por uma bainha têxtil e a sua intensidade é medida pelas quantidades de explosivo por metro linear, sendo assim, podem existir diversos cordões detonantes com quantidades de explosivo por metro linear distintas. Este tipo de iniciadores é utilizado na iniciação dos detonadores não-elétricos.

3.4.3. Impactes na população, fauna e flora

Mesmo que haja um planeamento dos trabalhos haverá sempre consequências, principalmente no que diz respeito à fauna do local.

O desmante com explosivos subaquáticos pode causar danos ao ecossistema marinho, como a destruição de habitats, a perturbação de espécies marinhas e a criação de sedimentos que podem afetar a qualidade da água.

No que concerne à população, pode afetar comunidades locais, especialmente aquelas que dependem da pesca ou do turismo. As explosões podem afugentar a vida marinha, prejudicando a pesca e a economia local, além de causar desconforto e preocupação entre os habitantes.

3.4.4. Vantagens

O que concerne às vantagens, segundo Caldeira (2016), a presença de água aumenta a velocidade de propagação de ondas elásticas em terrenos porosos e reduz a resistência das rochas à compressão e à tração.

3.4.5. Desvantagens

Um desmante com explosivos mesmo que seja cuidado acarreta diversos efeitos indesejados principalmente vibrações no solo e ondas de choque subaquáticas. Uma das situações a ter em conta quando se vai realizar este tipo de desmante é a circulação de outros equipamentos no local em que se vai realizar o trabalho, uma vez que durante as operações de carregamento e desmante o acesso à frente de trabalho estará condicionada à navegação.

Segundo Neves Caldeira, 2016, as principais desvantagens de desmante ser realizado em meio subaquático obriga à escolha de explosivos resistentes à água, como já referido anteriormente, dificulta a perfuração inclinada e dificulta o carregamento dos furos com explosivos.

Capítulo IV

Caso de estudio

(página propositadamente em branco)

4. Caso de estudo

4.1. Introdução

O Porto de Leixões localiza-se no distrito do Porto, concelho de Matosinhos e situa-se na foz do Rio Leça e a cerca de 4 km da foz do Rio Douro. Na Figura 15 está a imagem satélite da localização do porto de Leixões, as suas coordenadas geográficas são 41°11'N (latitude) e 8°43'W (longitude).



Figura 15 - Localização do porto de Leixões, base cartográfica do *Google Earth Pro*

No caso do Porto de Leixões, foi fundamental melhorar as condições de segurança e a navegabilidade não só no acesso ao porto, mas também na zona de manobra dos navios no anteporto. De acordo com a APDL, anteriormente à realização da obra, as limitações do porto restringiam a sua capacidade de receber navios maiores e mais modernos, sendo que apenas navios com 215 metros de comprimento, 30,4 metros de boca e 11,4 metros de calado podiam atracar no porto. Este apenas tinha a capacidade de receber navios de 1ª geração, o que reduzia a sua eficiência e competitividade no mercado global.

Para superar essas limitações, encontra-se em curso o projeto de prolongamento do quebra-mar e rebaixamento dos fundos o que fez com que o porto de Leixões receba navios Pós-Panamax com 300 metros de comprimento, 40,2 metros de boca e 13,7 metros de calado, com capacidades que poderão chegar aos 6 000 TEU. Após a conclusão desse projeto, pretende-se construir um novo terminal de contentores de forma a receber estes novos navios significando assim, que o porto poderá receber navios até à 3ª geração, que são maiores, mais modernos e mais eficientes em termos de capacidade de carga e consumo de combustível.

Com essa melhoria significativa na capacidade do porto, Leixões poderá se tornar uma rota mais utilizada no futuro, atraindo mais tráfego e aumentando a sua importância estratégica como ponto de entrada e saída de mercadorias em Portugal. Além disso, a expansão do porto contribuirá para o desenvolvimento econômico da região e para a melhoria da infraestrutura portuária em todo o país.

O tráfego marítimo foi uma das principais condicionantes deste projeto uma vez que, o porto, durante todos os trabalhos continuou a operar. Por outro lado, as condições de maré, vento e agitação condicionaram também a execução dos trabalhos.

Este projeto prevê também a demolição do trecho final e cabeça do molhe Norte bem como a remoção de destroços e infraestruturas que estejam desativados, desmonte e dragagem de rochas, incluindo afloramentos adjacentes ao canal exterior e o transporte e imersão dos materiais dragados em meio aquático.

De acordo com o Título Único Ambiental da APA, a estimativa de volume de materiais a dragar era de 3 000 000 m³, sendo que se prevê que 40% do material, cerca de 1 186 000 m³, seja sedimentos e o restante 1 809 000 m³ (60%) material rochoso.

Em relação ao material de fração fina, como é o caso dos siltes e argilas, previa-se a sua imersão em vazadouro marítimo e, no caso do material granular com granulometria adequada, pretendia-se utilizar para alimentar as praias (cerca de 158 000 m³) a norte e a sul do Castelo do Queijo, por imersão.

Tanto a obra de dragagem como a do prolongamento do quebra-mar realizaram-se em simultâneo uma vez que parte do material do maciço rochoso dragado foi utilizado para preencher o núcleo do quebra-mar exterior.

4.2. Infraestrutura portuária

Na Figura 16 e Figura 17, estão representadas algumas das infraestruturas portuárias do porto de Leixões.



Figura 16 - Localização das infraestruturas do porto de Leixões, base cartográfica do *Google Earth Pro*



Figura 17 - Localização das infraestruturas do porto de Leixões, base cartográfica do *Google Earth Pro*

Cais convencional de carga geral e granéis sólidos (H) – este cais compreende a Doca nº1, Doca nº2 e a Doca nº4 norte, conhecida também por terminal de granéis agroalimentares, concessionado pela empresa TCGL – Terminal de Carga geral e Granéis de Leixões, S.A.

-
- Terminal de petroleiros (A, B, C) – este terminal está concessionado à Petrogal – Petróleos de Portugal, S.A. onde contêm pipelines ligados à refinaria, este terminal é composto por 3 postos e está localizado no molhe Norte. O posto A tem uma profundidade de -15.00 (ZHL) e pode receber navios de até 250 m de comprimento e 13.20 m de calado. No posto A não é possível manter o nível hidrográfico contante, uma vez que é condicionado pela agitação marítima e fica constantemente assoreada, por isso mesmo, é condicionado pelas marés. O posto B tem um fundo de -10.00 m (ZHL) e pode atracar navios de 200 m de comprimento e 8.50 m de calado. O posto C é o mais limitado dos três pois possui uma profundidade de -6.00 m (ZHL) e os navios estão condicionados a 100 m de comprimento 5.30 m de calado.
 - Terminais de contentores (O, K) – O porto de Leixões possui dois terminais de contentores, o norte e o sul. O terminal de contentores norte possui capacidade de armazenamento de 4000 TEU enquanto o terminal de contentores Sul possui capacidade para armazenar 15 000 TEU. Ambos os terminais encontram-se concessionados à empresa TCL – Terminal de Contentores de Leixões, S.A./ agora Yilport Leixões.
 - Terminal Ro-Ro (M) – a sigla Ro-Ro significa *Roll-on Roll-off* e está localizado na Doca nº1 norte e a capacidade de carga máxima é de 80 t e 24 t por eixo.
 - Terminal multiusos (E) – este terminal localiza-se no molhe Sul e destina-se essencialmente a transportes marítimos de curta distância e é utilizado essencialmente para embarcações do tipo Ro-Ro, sendo um terminal de apoio e tem cerca de 8 hectares.
 - Terminal de cruzeiros (D)– há dois terminais de cruzeiros, sendo divididos em norte e sul, o terminal Norte tem um cais acostável de 250 m e o terminal de cruzeiros é composto por um cais disponível para receber cruzeiros com um comprimento máximo de 300 m, possui uma estação de passageiros, um cais fluvio-marítimo, um porto de recreio náutico e estacionamento para autocarros e viaturas ligeiras.
 - Doca de recreio (P) – localiza-se no molhe Norte e tem capacidade para 248 lugares de amarração permanente e amarração temporária para 4 a 5 iates. A doca de recreio está concessionada à associação de clubes Marina de Leixões – Associação de Clubes, desde 1985.
 - Porto de pesca (F) – possui 3 pontes-cais com 1890 m de comprimento e onde podem acostar simultaneamente, 46 traineiras e 20 arrastões (barcos utilizados na pesca por arrastão). O porto de pesca encontra-se concessionado à DOCAPESCA – Portos e Lotas, S.A..

4.3. Molhe Norte, Quebra-mar e Molhe Sul

Este porto é do tipo artificial e ao longo dos anos tem sido alvo de melhorias. Atualmente é constituído por 2 molhes, identificado na Figura 18, com a letra A o quebra-mar e com a letra B o Molhe Sul. Com a construção do Terminal petrolífero no final da década de 60 do século passado, o molhe Norte foi prolongado para sul através de um quebra-mar com cerca de 700m de comprimento, que irá agora ser prolongado em 300m.



Figura 18 - Localização do molhe Norte e do molhe Sul, base cartográfica do *Google Earth Pro*

O quebra-mar/molhe norte irá ser prolongado, mas atualmente conta com 1800 m de comprimento enquanto o molhe sul tem apenas 950 m. A entrada para o porto faz-se entre os dois molhes sendo que a largura do canal de entrada é de 220 m.

4.4. Entrada do porto e bacia de rotação

Conforme referido anteriormente, o canal de entrada do porto possui 220 m de largura, evoluindo posteriormente para uma bacia de rotação de 500 m de diâmetro.

Segundo levantamentos batimétricos realizados na fase de estudo do projeto o canal de entrada possui uma profundidade média de - 12.0 m (Z.H.L.), sendo que o ponto mais baixo tem uma profundidade de -13.47 m (Z.H.L.). No Anexo 1 é possível verificar o levantamento batimétrico realizado inicialmente ao Pk 1+100 que corresponde ao canal de entrada do porto, através deste levantamento é possível verificar também a largura do canal de acesso e encontra-se representado

no perfil transversal a previsão de como este acesso ficará após a conclusão do projeto. Posteriormente espera-se que a profundidade da bacia de rotação atinja no mínimo -15.5 m (Z.H.L.) e 600 m de diâmetro enquanto o canal de acesso atinja uma profundidade de -16,85 m (Z.H.L.).

4.5. Caracterização do substrato rochoso

A Carta Geológica de Portugal à escala 1: 500 000, Folha 9-C representa o substrato rochoso presente na zona do porto de Leixões, na Figura 19 está representado um extrato dessa mesma carta.

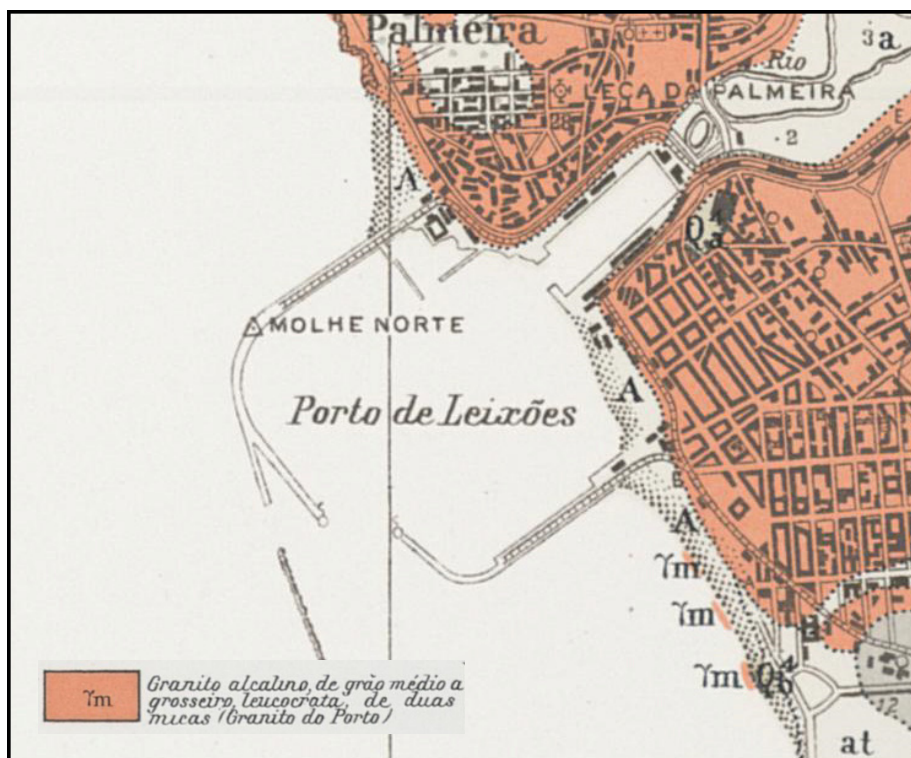


Figura 19 - Extrato da Carta Geológica de Portugal Folha 9-C

Como se pode observar na figura anterior, o porto de Leixões é constituído essencialmente pelo conhecido *Granito do Porto*, o que significa que é um granito alcalino de grão médio a grosseiro, leucocrata de duas micas. Na notícia explicativa da Folha 9-C da carta geológica de Portugal pode ler-se: *Merecem referência particular os depósitos acumulados, sobretudo, na parte terminal dos rios, formados por areias e argilas que, no Leça, estão a ser parcialmente removidos para a instalação das novas docas. A sua origem explica-se do modo seguinte: Em relação com a regressão do Wurm, deu-se o escavamento profundo do leito dos rios na região da foz. Durante a transgressão que se lhe seguiu os vales referidos foram preenchidos por sedimentos que, por vezes, atingem considerável espessura. Na foz do Leça, as sondagens e os trabalhos para as instalações do porto de Leixões mostraram que o fundo rochoso se encontra a cerca de 27m abaixo do zero hidrográfico.*

Os depósitos referidos compreendem, de baixo para cima, lodos compactos, com lentículas de areia interestratificada, a que se seguem depósitos arenosos, com conchas e intercalações de leitos de cascalhos.

4.5.1. Intervenções anteriores

Anteriormente, já foram realizadas outras intervenções no porto de Leixões. Segundo Silva (2018) a primeira grande intervenção ocorreu em 2007 com a melhoria das condições de acesso, estabelecendo a cota de -12 m (Z.H.L.) à doca nº4. Nesse momento foi realizada uma dragagem de sedimentos inicial, tendo sido aproveitados para alimentação de praias, seguindo-se de um desmonte com explosivos onde o maciço foi caracterizado como tendo um grau de alteração de W3 (alterado) e um grau de fraturação de F4 (fraturas próximas).

4.5.2. Sondagens

Como referido anteriormente, no tópico 4.5.1, ocorreu um projeto em 2007 onde foi utilizado desmonte com explosivos, por isso mesmo, antes desse projeto ocorreu a caracterização do substrato rochoso através de uma prospeção. Esta prospeção ocorreu em 2004 e foi realizada pela empresa Tecnasol. As sondagens realizadas na época não atingiram uma profundidade elevada, uma vez que apenas iam estabelecer a cota de -12 m (Z.H.L.).

De acordo com Silva (2018), no decorrer das sondagens *“as rochas identificadas são o granito do Porto e o xisto luzente, em relação às aluviões são caracterizadas por lodos depositados no interior do porto de cor cinzenta a negra, por vezes ligeiramente arenosos e localmente com seixos subrolados ($D_{máx}=2cm$), com espessuras entre 0,1m e 4m. Também existem pontualmente (Terminal de Cruzeiros) areias de grão fino, localmente lodosas”*.

O granito do Porto foi identificado no interior do canal e caracteriza-se como tem um grau de decomposição W5 (granito decomposto), uma vez que estas sondagens foram realizadas em 2004 e em 2007 houve um desmonte com explosivos, parte deste material já foi removido.

Durante a fase de estudo/elaboração do projeto foram realizadas 16 sondagens que foram realizadas durante o mês de janeiro de 2019, pela empresa Argonvia. Na Figura 20 é possível verificar a localização das sondagens realizadas, esta campanha de prospeção realizou sondagens todas dentro de água e compreendeu toda a bacia portuária e o canal de acesso ao porto.



Figura 20 - Localização das sondagens realizadas em 2019, retirado das peças desenhadas do projeto

Para a realização das sondagens foi utilizado um equipamento de perfuração à rotação por transmissão hidráulica, tendo sido posicionado numa plataforma flutuante.

Aquando da realização da sondagem, sempre que eram atravessados solos e rocha branda foram também realizados ensaios de penetração dinâmica, SPT, cumprindo todas as recomendações da *International Reference Test Procedure for the Standart Penetration Test* (ISSMFE, 1989). Quanto ao maciço rochoso este foi caracterizado através dos parâmetros geomecânicos recomendados pela *Sociedade Internacional de Mecânicas das Rochas* (ISMR).

4.5.3. Zonamento Geotécnico

Durante a elaboração do projeto foram realizadas sondagens e o respetivo zonamento geotécnico, sendo assim, de seguida está apresentado a proposta deste zonamento apresentado na fase de projeto.

Foram definidos 6 horizontes geotécnicos (zonamento geotécnico), Tabela 4, tendo em conta as litogias encontradas, os resultados dos ensaios SPT, a resistência à compressão e os parâmetros de caracterização do maciço rochoso.

Tabela 4 - Zonamento geotécnico

	1 - Aluviões silto-argilosas e lodosa, de consistência muito mole a média (NSPT≤6)
	2 - Aluviões silto-arenosas, soltas a medianamente compactas (4≤NSPT≤17)
	3 - Areias grossas, cascalhos e fragmentos rochosos
	4 - Solo residual compacto a muito compacto NSPT≥30 e maciço decomposto a muito alterado (W4-5, com RQD<10%)
	5 - Maciço xistento, gnaíssico ou migmatítico medianamente a muito alterado (W3-4) e fraturado (F3-4 e F5-4), com RQD≤80% e 11≤UCS≤21 MPa
	6 - Maciço xistento, gnaíssico ou migmatítico pouco a medianamente alterado (W2-3), medianamente a muito fraturado (F3-4), com RQD≥50% e 14≤UCS≤46 MPa

Na tabela seguinte (Tabela 5) estão presentes os resultados obtidos nas sondagens realizadas, na tabela estão presentes dados como o nº da sondagem, dentro da sondagem os horizontes geotécnicos que foram definidos, bem como a profundidade de cada horizonte, cota e os resultados dos ensaios SPT.

Tabela 5 - Tabela Resumo dos ensaios SPT

Sondagem	Zonamento Geotécnico	Profundidade (m)	Cota (Z.H.L.)	N SPT
S1	3	0,3	-5,8	60 (7)
	5	3,5	-9,0	60'(5)
S2	4	0,3	-7,7	60'(9)
	4	1,6	-9,0	60'(1)
	5	7,7	-15,1	60'(2)
S3	1	0,7	-11,4	3
	2	1,9	-12,6	17
	4	3,3	-14,0	60 (10)
S4	1	0,5	-13,4	4
	2	2,1	-15,0	5
	2	3,7	-16,6	4
	2	5,1	-18,0	4
S5	3	0,4	-10,6	21
	4	2	-12,2	60' (14)

Sondagem	Zonamento Geotécnico	Profundidade (m)	Cota (Z.H.L.)	N SPT
	5	3,6	-13,8	60' (30)
S6	3	0,3	-10,9	34
S7	1	0,7	-13,4	1
	2	1,8	-14,5	7
	2	2,8	-15,5	15
	2	4,3	-17,0	14
	2	5,1	-17,8	16
S8	3	0,4	-12,5	34
	3	1,9	-14,0	60 (13)
	4	3,4	-15,5	60 (12)
	4	4,4	-16,5	60' (13)
S9	1	0,3	-10,7	4
	4	1,0	-11,4	31
	4	2,5	-12,9	33
	5	3,8	-14,0	60' (14)
	5	6,6	-17,0	60' (12)
	5	7,6	-18,0	60' (10)
S10	3	0,5	-12,5	35
	4	1,2	-13,2	60' (2)
S11	1	0,4	-13,2	1
	1	1,8	-14,6	1
	1	3,2	-16,0	2
	2	4,7	-17,5	3
	2	6,2	-19,0	6
	3	0,5	-12,6	60 (44)
S12	3	1,9	-14,0	60 (26)
	4	3,5	-15,6	60 (13)
	4	4,8	-16,9	60' (8)
	5	5,9	-18,0	60' (2)
	4	0,3	-11,2	37
S14	1	0,4	-13,9	6
	3	2,4	-15,9	27
	4	3,3	-16,8	60' (6)
S15	2	0,5	-13,5	15
	2	2,1	-15,1	13
	2	3,5	-16,5	14
	3	5,0	-18,5	52

Sondagem	Zonamento Geotécnico	Profundidade (m)	Cota (Z.H.L.)	N SPT
S16	1	0,8	-16,5	0
	1	1,9	-17,6	1
	3	3,3	-19,0	57

Durante a realização dos ensaios de SPT foram recolhidas diversas amostras remexidas, estas amostras foram posteriormente analisadas em laboratório tendo sido realizadas análises granulométricas, determinação do teor em água natural e determinação de limites de consistência. Na Tabela 6 estão representados os resultados desses ensaios sendo que estão todos classificados pelo sistema ASTM, mais conhecido como classificação unificada.

Tabela 6 - Resumo dos ensaios laboratoriais e classificação ASTM

Ref.ª Amostra (prof.)	ZG	Dmáx (mm)	Análise granulométrica (% que passa no peneiro)				Limites de Atterberg (%)				Teor em água (%)	Classificação ASTM
			4,75 mm (#4)	2,00 mm (#10)	0,42 mm (#40)	0,074 mm (#200)	LL natural	LL secagem	LP natural	LP secagem		
S3 (0,7m)	1	0,84	100	100	84	67	58	49	15	11	78	MH
S3 (1,9 m)	2	9,51	99	98	89	57	17		4		11,8	CL - ML
S4 (1,1 a 1,7 m)	1	0,42	100	100	98	66	42	32	10	6	43,2	ML
S7 (0,7 m)	1	0,84	100	100	90	70	65	43	17	16	78,4	OH
S7 (1,8 m)	2	0,84	100	99	94	73	29		6		33,7	ML
S8 (0,4 m)	3	4,76	98	75	17	4	NP		NP		10,1	SP
S8 (1,9 m)	3	9,51	93	84	21	4	NP		NP		15,8	SP
S9 (1,0 m)	4	9,51	97	96	86	65	44		11		67,5	ML
S11 (1,2 - 1,8 m)	1	0,42	100	100	97	85	66	52	19	20	76,4	MH
S12 (2 m)	3	25,4	62	54	35	16	NP		NP		9,3	SM

S14 (0,4 m)	2	4,76	97	95	82	17	NP		NP		38	SM
S14 (2,4 m)	3	19	68	56	37	14	NP		NP		11,3	SM
S15 (2,1 m)	2	0,84	100	100	96	61	NP		NP		45,5	ML
S16 (1,3 - 1,9 m)	1	0,42	100	100	98	78	60	41	20	13	74	OH

O relatório do reconhecimento geotécnico realizado em 2019, concluiu que:

Com percentagens de finos da ordem de 70% ou mais, nos materiais do HG1 (5 amostras) é notória a diferença entre os limites de consistência para os solos no estado natural e seco em estufa, relacionada com a presença de matéria orgânica – limites de liquidez entre 42 e 66% (estado natural), passando a 32-52% após secagem. Os teores em água (43 a 78%) são superiores ao limite de liquidez, pelo que assumem comportamento de líquido. Estes solos integram as classes ML (silte arenoso), OH (silte orgânico arenoso) e MH (silte elástico arenoso).

Os materiais que integram o horizonte HG2, com base nas 4 amostras ensaiadas, apresentam percentagem de finos variável, entre 17 e 73%, e são pouco plásticos ou sem plasticidade; classificam-se em ML (silte arenoso), SM (areia siltosa) e CL-ML (argila silto-arenosa).

Os materiais granulares da camada HG3, representados por 4 amostras, têm poucos finos - 4 a 16% - e, por vezes, significativa percentagem de cascalho - até 38%. Inserem-se nas classes SM (areia siltosa com cascalho) e SP (areia mal graduada).

A única amostra de solo residual ensaiada possui 65% de finos, limite de liquidez de 44% e índice de plasticidade de 11%, sendo mais uma para a classe ML (silte arenoso).

Ainda em relação às sondagens, foram analisados os tarolos de maciço rochoso tendo sido realizados a ensaios de determinação da resistência à compressão (UCS), na Tabela 7 é possível verificar em que sondagens foram realizados estes ensaios, bem como a qual zonamento geotécnico correspondem.

Tabela 7 - Resultados dos ensaios UCS

Sondagem	Cota amostra Z.H.L. (m)	ZG	UCS (Mpa)
S1	-9 a -10,5	5	17,7
	-11,5 a -13,5	6	15,1
	-13,5 a -15	6	13,9
S5	-14,2 a -15,2	6	43,4
S6	-11,6 a -12,6	5	19,2
	-14 a -14,7	5	18,8

	-14,7 a .15,8	6	46,1
S9	-14,8 a -15,8	5	17,0
S10	-13,5 a - 14	5	12,4
	-14 a -14,5	5	11,1
	-14,5 a -15,5	5	13,3
S13	-14,6 a -15	5	10,8
	-15 a -16	5	21,0

A partir da junção dos ensaios de campo e a realização do zonamento geotécnico, por parte do projetista, foi possível obter perfis com os zonamentos geotécnicos.

Foram realizados 4 perfis com o respetivo zonamento geotécnico:

- Perfil A-A' – Compreende as sondagens S1, S2, S3 e S4 - Anexo 3
- Perfil B-B' – Compreende as sondagens S5, S6, S7 e S8 - Anexo 4
- Perfil C-C' – Compreende as sondagens S9, S10, S11, S12 e S13 - Anexo 5
- Perfil D-D' – Compreende as sondagens S13, S14 e S15 - Anexo 6

4.5.4. Caracterização dos materiais

Aquando da entrega da proposta do consórcio foram realizados estudos geotécnicos suplementares aos estudos realizados no projeto. A EE realizou uma campanha de estudos de refração sísmica e recolheu 8 amostras com recuperação para a realização de ensaios laboratoriais.

As conclusões retiradas destes ensaios foram: *A sísmica de refração mostrou velocidades sísmicas muito altas, até além de 4.500 m/s. Portanto, esperávamos encontrar alto valores dos testes de compressão uniaxial simples (UCS) das amostras das perfurações. Embora os resultados dos testes UCS ainda fossem altos, eles eram mais baixos, como esperávamos das velocidades sísmicas. Nas amostras localizadas dentro da área de dragagem, encontrámos vários tipos de rocha de tipo xisto, gneis e orthogneiss, não tendo sido encontrado granito. Com base nesses resultados, o Agrupamento Concorrente concluiu que a rocha poderia ser dragada por uma draga de sucção e corte de alta potência, sem recorrer a uso de explosivos. (APDL, 2019)*

Uma vez que, não foram encontrados valores de UCS superiores a 46 MPa, a EE concluí que a rocha poderá ser dragada com a draga *Spartacus* que é considerada, no momento, a draga mais potente que existe. Caso durante o período de dragagem se observem que os valores obtidos em UCS não sejam fidedignos terá de se recorrer ao desmonte de rocha com explosivos pois não seria economicamente rentável continuar a operar com a draga de corte e sucção.

Com a junção dos dados obtidos durante a fase de projeto e a investigação levada a cabo pela EE elaboraram-se novas tabelas e novas caracterização dos solos (zonamento geotécnico), na Tabela 8 e Tabela 9 encontram-se as características dos materiais encontrados.

Tabela 8 - Características dos solos L0, L1, L2 e L3

Descrição do solo	L0	L1	L2	L3
	Lodo macio	Areia	Areia siltosa	Lodo arenoso
Teor de cascalho	2%	1%	5%	2%
Teor de areia	24%	97%	57%	45%
Teor de finos	68%	3%	37%	48%
Teor de argila	6%	0%	1%	5%
SPT	6	33	33	6

Tabela 9 - Características dos solos L4, L5, L6, L7 e L8

Descrição do solo	L4	L5	L6+L8	L7
	Solo residual	Ortognaisse	Xisto	Gnaisse migmatítico
RQD Média	50%	54%	31%	34%
UCS Média	30 MPa	35 MPa	16 MPa	20 MPa

- L0 - Lodo orgânico macio – Camada predominante e está presente em quase todas as perfurações realizadas, é composta por um lodo orgânico preto muito macio, recentemente depositado
- L1 – Areia – Camada composta por 97% de areia e foi encontrada principalmente no canal de acesso.
- L2 – Areia siltosa – Esta camada apenas é representada em 1 amostra, mas poderá aparecer em mais locais em que não foram realizadas sondagens.
- L3 – Lodo arenoso – Inicialmente (Fase de projeto) esta camada era considerada L0, mas após a realização das novas sondagens percebeu-se que o lodo não se encontrava só no topo mas também em outras camadas, por isso foi considerada uma camada separada.
- L4 – Cascalho siltosos arenoso/ rocha decomposta / solo residual – Esta camada inicialmente foi considerada como sendo cascalho, mas foi também correlacionada como rocha completamente destruída ou decomposta em outros furos. Os valores de RQD variam entre 0% e 82% sendo a média de apenas 6%.
- L5 – Ortognaisse – A rocha desta camada aparentemente não se encontra com uma fraturação elevada e a foliação desta rocha é impercetível e tem uma presença de cristais de plagioclásio muito elevado. De acordo com os ensaios realizados o valor de UCS é elevado comparado com outras litologias e a média ronda os 35 MPa, mas como a média

contemplou amostras com UCS baixos deverá ser considerado um valor de cerca de 40 MPa para esta camada.

- L6 e L8 – Xisto – A camada L6 e L8 podem ser consideradas a mesma, apesar de ser encontrada em locais diferentes nas sucessões de camadas. Nestas camadas a velocidade sísmica baixou sempre dos 4500 m/s, por isso mesmo podemos considerar estas camadas com rocha mais fraca e mais rápida a sofrer desgaste/fratura. Os valores de UCS nestas duas camadas variam entre 12 e 20 MPa.
- L7 – Gnaiss Migmatítico – Esta camada espera-se que seja mais resistente que o xisto, mas em termos de ensaios os valores de UCS não superaram a camada L6 e L8, uma vez que a média desta camada foi apenas 20 MPa.

4.6. Trabalhos preparatórios

O aprofundamento do canal de acesso e bacia de rotação possuem diversas condicionantes, sendo a principal as condicionantes meteorológicas, além do mais devemos de ter em conta que é um trabalho que requer tempo e o porto tem de continuar operacional com o menor impacto possível.

O projeto de execução prevê para a fase de dragagem/ escavação um prazo máximo, dependendo naturalmente dos meios utilizados, de 500 dias, cerca de 17 meses.

Todos os trabalhos previstos nesta empreitada, desde a montagem do estaleiro até à conclusão de todos os trabalhos está contabilizado para 24 meses, 2 anos.

A operação de dragagem estava prevista iniciar-se ao 6º mês e prolongar-se-á até ao 23º, sendo que o empreiteiro trabalhará 24 horas por dia, 7 dias por semana. No que se refere às restantes atividades a serem desenvolvidas, contar-se-á com um horário de trabalho de 10 horas, em horário diurno, durante 6 dias por semana, segunda-feira a sábado. Na Tabela 10 estão presentes os prazos de execução estimados para cada atividade e na Tabela 11 apresenta-se a distribuição das atividades pelos meses de obra.

Tabela 10 - Prazos de execução estimados para cada atividade

Descrição da atividade		Prazo de execução
Execução das Acessibilidades Marítimas ao Porto de Leixões		24 meses
1	Montagem do estaleiro e mobilização de equipamentos	3 meses
2	Demolição da extensão final do quebra-mar interior	2 meses
3	Construção de retenção marginal e para proteção e remate do quebra-mar interior exposto	1 meses
4	Remoção de condutas desativadas de transporte de combustíveis	1 meses
5	Deteção e remoção prévia de destroços de qualquer tipo	1 meses
6	Dragagem da fração grosseira (areias e seixos) dos materiais incoerentes	1 meses
7	Dragagem da fração predominantemente fina (argila e siltes) dos materiais incoerentes	2 meses
8	Desmonte e dragagem/escavação do fundo rochoso da bacia e canal de acesso	17 meses
9	Desmobilização e desmontagem de estaleiro	2 meses

Tabela 11 - Distribuição das atividades pelos meses

	Meses																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									

No Anexo 7 é possível verificar a junção da Tabela 10 e Tabela 11.

Do ponto de vista da maquinaria necessário para a realização dos processos, estima-se ser necessário:

- Escavadora hidráulica
- Martelo demolidor
- Grua de rastos
- Dumpers
- Camiões
- Torres de perfuração
- Plataformas flutuantes
- Batelões de descarga pelo fundo
- Rebocadores
- Lanchas de apoio
- Draga de sucção em marcha
- Draga de corte e sucção
- Grua sobre rastos de lança treliçada

Em relação aos meios humanos necessários na empreitada, a tripulação é o pessoal que será mais necessário, uma vez que maior parte dos equipamentos serão flutuantes, como é o caso das plataformas flutuantes, dragas e batelões. Prevê-se que estejam em obra no mínimo de 25 e no máximo 88 pessoas, variando de acordo com o mês de trabalho, sendo que em média previa uma média de 73 pessoas por mês.

Durante os levantamentos realizados na fase de projeto foram encontrados diversos destroços no fundo oceânico. Para o início das operações de dragagem é necessário realizar a remoção e transporte destes materiais para um vazadouro licenciado.

Os destroços foram identificados como sendo destroços metálicos de embarcações afundadas, elementos de betão, enrocamento, destroços de natureza metálica ou acessórios de pesca, correntes, cabos, etc..

Os destroços serão removidos por uma embarcação multiusos de apoio, equipado com uma grua ou com o apoio de uma draga de caçamba, os elementos removidos serão colocados no porão da

draga ou colocados no convés da embarcação multiusos sendo posteriormente levados para um cais no porto para depois seguir para vazadouro licenciado.

4.7. Operações de dragagem

4.7.1. Locais de imersão

No projeto de execução foram definidas 3 áreas de imersão, representadas na Figura 21, para onde o material dragado deveria ser enviado, parte da rocha dragada será utilizado no núcleo do prolongamento do quebra-mar. Como referido anteriormente, no tópico 4.1, os materiais de fração fina, como é o caso das argilas e siltes serão descarregados no local definido por 1 que dista cerca de 2,26 milhas náuticas (4,19 km) do porto de Leixões.



Figura 21 - Áreas de imersão, base cartográfica do *Google Earth Pro*

Os materiais incoerentes, como é o caso dos materiais de fração grosseira (areias e seixos) serão transportados e depositados nos locais de imersão 2 e 3. Em relação a estes dois locais de imersão, são nas imediações do Castelo do Queijo que serão depositado com a draga que realizará o trabalho, a draga possui comportas no seu fundo as quais serão abertas no momento da descarga ou então serão descarregados pela draga através de “rainbow” quando as cotas não permitirem a circulação da draga no local. Na Figura 22 pode-se ver a descarga do material por “rainbow”.



Figura 22 - Dragagem a descarregar o material por efeito "Rainbow", gentilmente cedido por APDL

O material rochoso dragado será utilizado no núcleo do quebra-mar e caso se drague mais material do que aquele que é necessário no núcleo será depositado na área de imersão 1.

4.7.2. Equipamentos utilizados

Depois de toda a caracterização dos materiais ter sido realizada foi necessário definir que equipamentos eram mais rentáveis utilizar neste projeto.

Em termos de dragas foi utilizada uma draga de sucção e arrasto que é o caso da *Meuse River* (Figura 23), pertencente à empresa DEME, empresa integrante do consórcio.



Figura 23 - Dragagem de sucção e arrasto "Meuse River", DEME

Esta draga tem uma capacidade de 8 290 m³ e a profundidade máxima de dragagem é de 31 m podendo ser estendida até 43 m de profundidade. Neste caso não será necessário dragar a profundidades tão elevadas.

As camadas L1 e L2 foram dragadas por este equipamento que fez a remoção da fração grosseira dos materiais inconsistentes que estavam maioritariamente no canal de acesso, junto ao Posto A. A descarga foi efetuada por “Rainbow” e também descarregada pelas suas comportas, mas o tipo de descarga dependeu das condições da maré, o material removido deste local foi depositado no local de imersão 3.

Esta draga também irá ser utilizada em zonas menos profundas da bacia de rotação e irá ser depositado na zona de imersão 1.

Na zona de fração fina (argila e silte) também foi usada esta draga uma vez que tem grande capacidade de armazenamento e os materiais foram depositados no local de imersão 1.

Para a realização deste projeto de dragagem foi também selecionada uma draga de corte e sucção tendo sido a 1ª vez que um equipamento deste tipo operou no porto de Leixões. A draga em questão é conhecida como “Spartacus” pertencente à empresa DEME. O princípio de funcionamento deste equipamento encontra-se detalhado no ponto 3.3.2.4 deste trabalho.

Esta draga realizou a dragagem da camada L4, solo residual/rocha decomposta e também a dragagem das camadas L5, L6, L7 e L8 que correspondem a uma rocha mais sã. Esta draga necessitou do apoio de batelões autopropulsionados como é o caso do “Bengel” e/ou “Deugniet” presentes na Figura 24 e Figura 25, o material por eles transportado foi depositado no núcleo do quebra-mar ou então na área de imersão 1..



Figura 24 - Batelão autopropulsionador "Bengel", DEME



Figura 25 - Batelão autopropulsionador "Deugniet", DEME

A draga “Spartacus” foi uma das selecionadas para realizar o trabalho de dragagem de rocha neste projeto uma vez que tem uma elevada potência o que permitiu a dragagem de toda a rocha não recorrendo a explosivos, sendo isso uma mais-valia visto que não houve problemas relativo às vibrações, não foi necessária uma empresa especializada em explosivos e não foram criados danos nas estruturas próximas que poderiam ser causados pelos explosivos.

Como referido anteriormente esta draga realiza um movimento de corte em leque, na Figura 26 é possível visualizar este movimento no levantamento batimétrico realizado no mês de julho de 2022, à bacia de rotação.

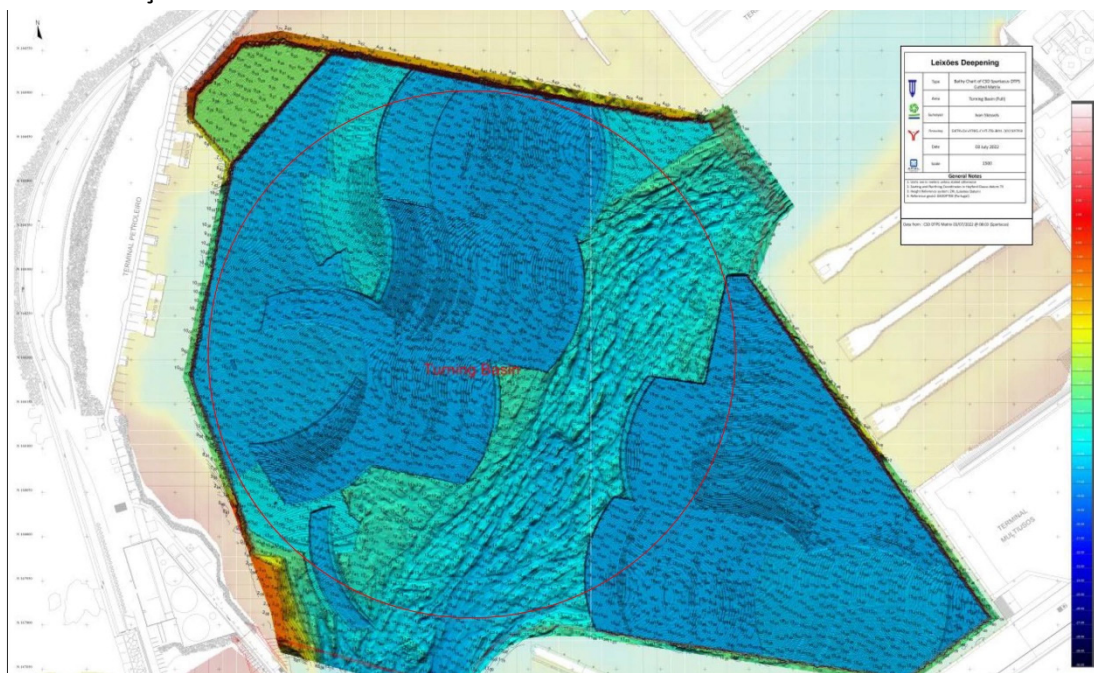


Figura 26 - Levantamento batimétrico de julho de 2022



Figura 27 - Dragagem de sucção em marcha "Nile River", DEME

Após a draga “Spartacus” realizar a fraturação é necessário o apoio de uma draga de sucção em marcha. Essa necessidade prende-se ao facto de a draga de corte e sucção ao realizar o seu desmonte em leque acaba por arrastar material para as bordas desse leque não conseguido remover o material. A draga “Nile River” (Figura 27) foi a escolhida para realizar a remoção desse material já fraturado e transportá-lo para os locais de deposição.

Além do equipamento necessário para realizar a dragagem e o transporte do material foram necessários outros equipamentos para auxiliar o trabalho, como é o caso:

- Lancha para transportar os trabalhadores e para a realização das batimetrias
- Embarcação multiusos
- Embarcação auxiliar para transportar todas as peças necessárias para a manutenção/reparação da draga “Spartacus” nesta balsa também foi possível realizar trabalhos de reparação.
- Rebocador

4.7.3. *Datas chave*

Os trabalhos de dragagem ocorridos no porto de Leixões foram divididos em 2 fases.

A 1ª fase dos trabalhos compreendeu:

- Montagem do estaleiro
- Realização de sondagens adicionais para caracterização do maciço rochoso

- Levantamento batimétrico inicial
- Remoção de detritos
- Dragagem do material incoerente
- Levantamento batimétrico antes do início da 2ª fase de trabalhos.

A 1ª fase de trabalhos iniciou-se a 01/09/2021 e deu-se por concluída no dia 06/03/2022, totalizando um total de 186 dias. Durante a 1ª fase de trabalhos ocorreu a dragagem do material incoerente iniciado a 27/10/2021, pela draga “Meuse River”. A remoção dos sedimentos ocorreu por 29 dias, tendo assim, sido concluída no dia 25/11/2021 após esta data até à conclusão da 1ª fase estiveram a ser realizados diversos levantamentos batimétricos. Na Figura 28 e Figura 29 estão presentes os levantamentos batimétricos iniciais realizadas aos Pk 0+700 e Pk 1+500, respetivamente, a linha representada a azul é o levantamento batimétrico realizado e a linha identificada a roxo é a identificação da cota a que se pretende atingir no local. No Anexo 8, encontram-se a vista em planta do canal de acesso e bacia de rotação com os perfis transversais identificados com o Pk.

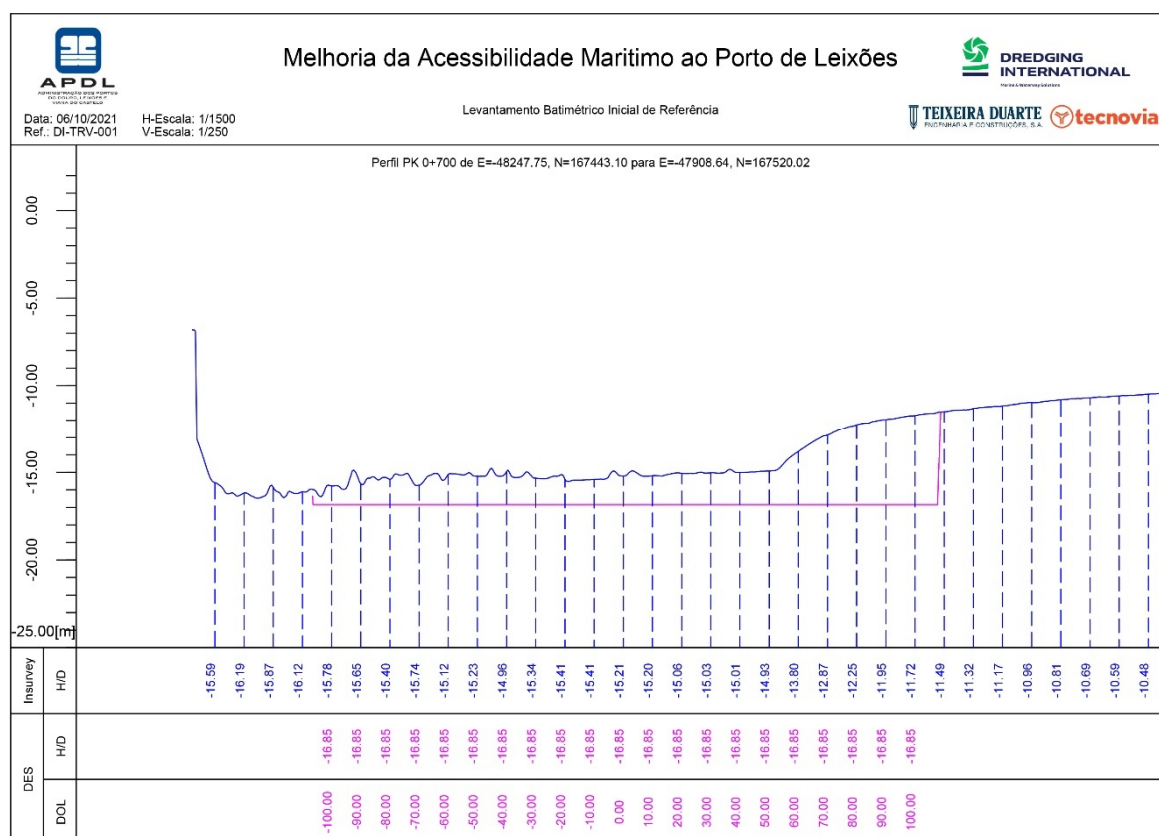


Figura 28 - Perfil transversal Pk 0+700

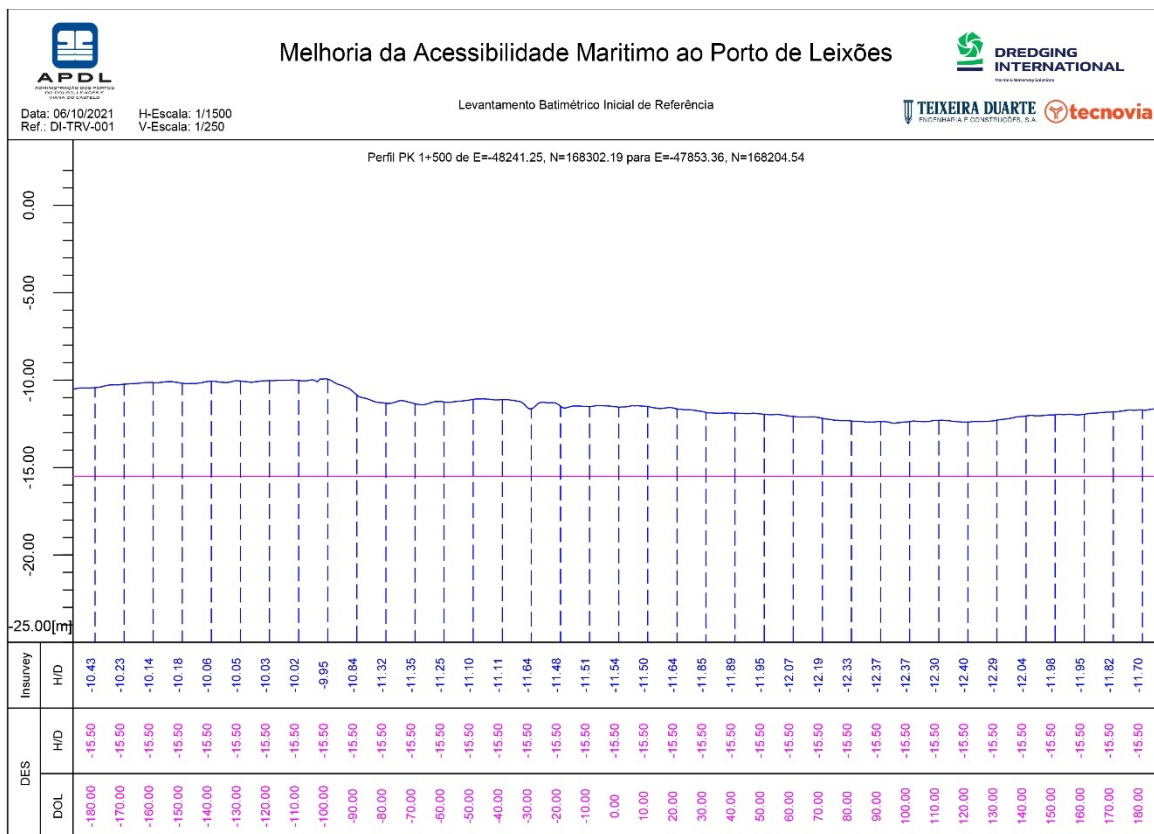


Figura 29 - Perfil transversal Pk 1+500

No Anexo 9, Anexo 10 e Anexo 11 está presente o relatório de obra diário nº 67, do dia 07/11/2023, neste dia a draga “Meuse River” esteve a dragar e enfrentou alguns problemas em relação aos detritos encontrados no fundo marítimo o que fez com que o seu trabalho fosse dificultado tendo até causado alguns danos à própria draga.

Os sedimentos removidos desta 1ª fase foram lodos e areias onde depositados nas áreas de imersão 1 e 3 e totalizaram um volume total de 968 720 m³ de material. A draga “Meuse River” durante esta fase operou 779 h, sendo assim o seu rendimento diário foi de 29 845 m³/dia. Na Tabela 12, está presente os valores dos volumes dragados distribuída pelas categorias.

Tabela 12 - Volumes de material dragado na 1ª fase

Dragagem de lodos	823 056 m3
Dragagem de areias	145 664 m3
Volume total	968 720 m3

Nesta 1ª fase o material tanto foi descarrego pela descarga do fundo ou por “Rainbow”, na Tabela 13 está presente as áreas de imersão onde o material foi colocado, bem como o seu tipo de descarga no local e o volume depositado, este volume foi aferido com base nas cargas de porção

que, posteriormente, foi verificado com levantamentos batimétricos tendo totalizado um valor de 968 720 m³.

Tabela 13 - Volume de material depositado aferido pela carga de porão, adaptado de Relatório diário de Obra - DEME

Imersão de dragados - Fase 1		
Local de imersão	Tipo de descarga	Volume depositado
Área 1	Fundo	635 794 m ³
Área 1	Rainbowing	6 525 m ³
Área 2	-	0 m ³
Área 3	Rainbowing	151 314 m ³
Quebra-mar	-	0 m ³
Total	-	793 633 m ³

Após a dragagem de grande parte dos sedimentos, iniciou-se a 2ª fase de trabalhos que teve início no dia 07/03/2022 e deu-se por concluída no dia 13/09/2022, sendo a sua duração de 190 dias. Tendo por base o volume previsto na fase de projeto de 2 706 307 m³, o volume que falta dragar na 2ª fase é de 1 737 587 m³, o que corresponde a 64% do material.

Para a 2ª fase de trabalhos entrou ao serviço a draga "Spartacus" de forma a remover o material rochoso necessário. No Anexo 12, Anexo 13 e Anexo 14, está presente o relatório de obra diário nº 315, correspondente ao dia 13/07/22 onde é possível verificar que a draga "Spartacus" esteve a operar e a presença da draga "Nile River" em obra. A draga "Spartacus" a realizar o seu movimento em leque vai deixando o material se acumular nas zonas finais do mesmo não conseguindo remover esse material, por isso mesmo, foi utilizada a draga de sucção em arrasto "Nile River" de forma a não ficar esse material, já fraturado, no fundo marítimo.

Na 2ª fase do trabalho foram dragados 1 709 668 m³ de material rochoso tendo a draga "Spartacus" laborado cerca de 4754 h, totalizando assim um rendimento de 8631 m³/dia.

Tabela 14 Cálculo do rendimento da draga "Spartacus"

Volume de rocha dragado	1 709 668 m ³
Horas trabalhadas	4754 h
Rendimento	360 m ³ /h
	8 631 m ³ /dia

Após o término da 2ª fase de dragagem foram realizados novos levantamentos batimétricos de forma a perceber se o trabalho tinha sido concluído e estava dentro do que foi definido em projeto como serviu também para calcular o volume total de material removido.

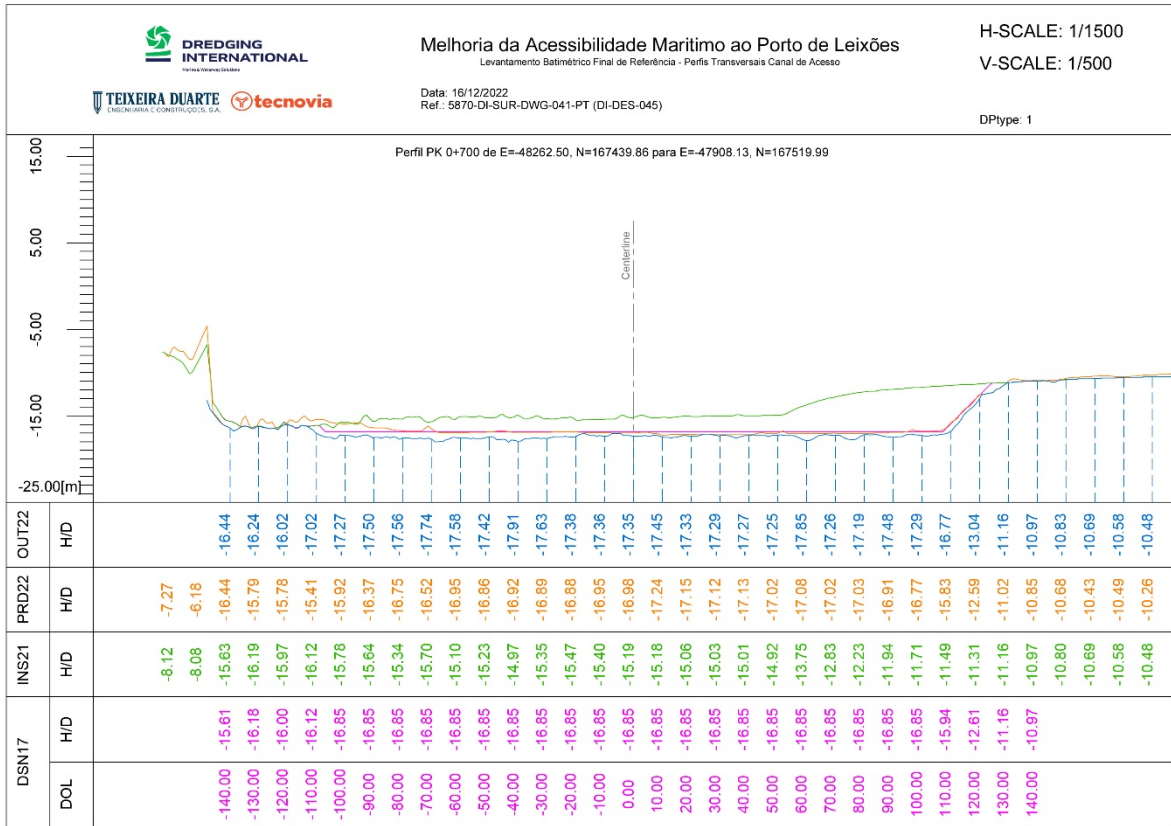


Figura 30 - Levantamento batimétrico final ao Pk 0+700

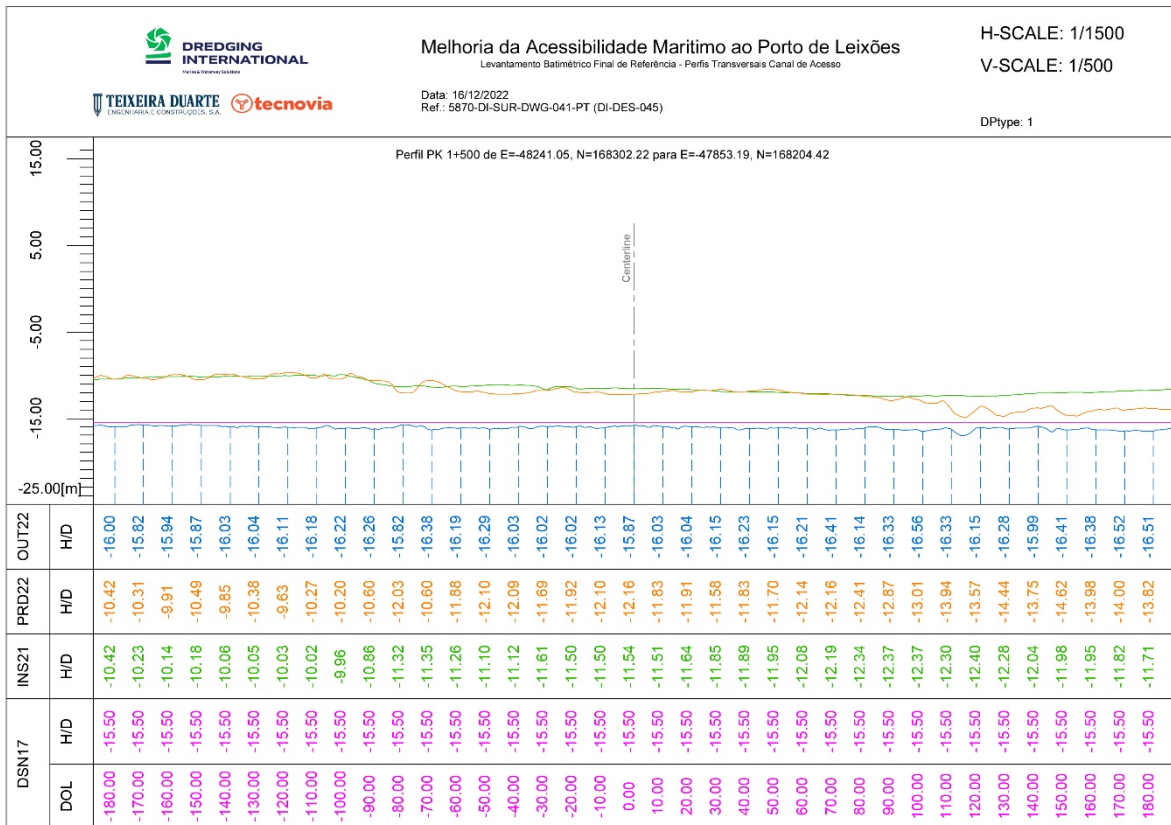


Figura 31 - Levantamento batimétrico final ao Pk 1+500

Após observar a Figura 30 e Figura 31, pode-se concluir que os objetivos de atingir a profundidade de -15,5 m (Z.H.L.) na bacia de rotação e os -16,85 m (Z.H.L.) foram cumpridos.

Com a realização dos levantamentos batimétricos finais foi possível estimar o volume total dragado que totalizou os 2 678 388 m³, sendo que 64% desse volume foi dragagem de rocha, 31% lodos e 5% de areia. Na Tabela 15 estão presentes os volumes de material dragado em cada categoria e as suas percentagens em relação ao volume total.

Tabela 15 - Volumes de material dragado

	Volume	% total
Dragagem de rocha	1 709 668 m ³	64%
Dragagem de lodos	823 056 m ³	31%
Dragagem de areia	145 664 m ³	5%
Total dragado	2 678 388 m ³	100%

Sendo assim, a 2ª fase da dragagem foi dada por concluída no dia 13/09/2022, ou seja, decorreram 377 dias desde o início do projeto até à sua conclusão.

Uma vez que a draga “Spartacus” necessitou da ajuda de dois batelões e de uma outra draga durante a 2ª fase de trabalhos, apresentam-se em seguida os rendimentos de cada um desses equipamentos e o número de horas trabalhadas, Tabela 16.

Tabela 16 - Rendimento dos batelões e da draga "Nile River", adaptado de Relatório diário de Obra - DEME

Equipamento	Horas trabalhadas	Rendimento	
Deugniet	4717	121 m ³ /h	2900 m ³ /dia
Bengel	4715	121 m ³ /h	2901 m ³ /dia
Nile River	983	580 m ³ /h	13914 m ³ /dia

Analisando os rendimentos anteriores podemos verificar que os batelões totalizam um rendimento diário de 5800 m³/dia, enquanto a draga “Spartacus” possuía um rendimento de 8 631 m³/dia, isso deve-se ao facto de que nem todo o material dragado pela “Spartacus” é conseguido remover devido ao seu tipo de movimentação, por isso, mesmo foi necessária a draga “Nile River” para remover esse material tendo um rendimento de 13 914 m³/dia, mas em comparação com os batelões não trabalhou tantas horas, por essa razão é que há uma diferença grande nos rendimentos obtidos entre os diversos equipamentos.

4.8. Preparação e planeamento da dragagem em Leixões em articulação com a operação portuária

Durante todo o processo dos trabalhos foi necessário realizar um planeamento diário de todas as operações inerentes à dragagem em articulação com o planeamento da operação portuária, principalmente com a entrada e saída de navios, havendo pontualmente a necessidade de restringir

as entradas e saídas de navios durante determinados períodos noturnos conseguindo-se assim uma maior rentabilidade nas operações de dragagem. A mobilização dos equipamentos de dragagem é um processo demorado pelo que se procurou sempre otimizar o planeamento de forma a reduzir o número de mobilizações e desmobilizações do equipamento ao mínimo indispensável, maximizando a permanência do equipamento nos locais a dragar. Os períodos de maior atividade portuária que condicionassem a dragagem foram também, sempre que possível, utilizados para desenvolver operações de manutenção nos equipamentos.

Durante a 1ª fase de dragagem, correspondentes à dragagem de material incoerente, houve diversas paragens, no total todas essas paragens totalizaram cerca de 72 horas, o equivalente a 2 dias, 23 horas e 52 minutos parados. Na Tabela 17 estão representados os tempos de paragem. Os tempos de paragem identificados como “outros” incluem os tempos de manutenção e reparação, avarias e abastecimento/logística/fornecimentos. Durante os tempos de paragem teve-se em conta as paragens para a limpeza da cabeça de arrasto e reparação da mesma uma vez que se encontraram diversos detritos (redes de pesca, pneus, etc.) os quais provocaram danos na cabeça de arrasto que necessitaram de ser reparados.

Tabela 17 - Tempos de paragem dos trabalhos na 1ª fase, adaptado de Relatório diário de Obra - DEME

Tipo de paragem	Horas	
Tráfego	15:52	
Condições do meteorológicas/mar	06:15	
Outros	49:45	
Total	71:52	
	2 dias	23:52

A 2ª fase de dragagem, correspondente ao desmonte e dragagem de rocha foi a que produziu mais interrupções/paragens e teve uma duração maior. A draga Spartacus operou durante 190 dias tendo passado metade do seu tempo em paragens, ou seja, durante 80 dias, 17 horas e 55 minutos esta draga esteve com as suas operações interrompidas devido a diversos fatores. Em relação às cabeças de corte, durante os trabalhos de dragagem foram registados no equipamento elevadas vibrações provenientes da lança da draga o que indica que se estava na presença de rocha de elevada dureza, isto acabou por ser comprovado pelo elevado número de dentes consumidos pela cabeça de dragagem que no final dos trabalhos foram utilizadas 30 224 unidades. Na Tabela 18 é possível verificar a distribuição dos tempos de paragem.

Tabela 18 - Tempos de paragem da draga Spartacus, adaptado de Relatório diário de Obra - DEME

Tipo de paragem	Horas
Tráfego	195:14
Condições do meteorológicas/mar	20:27

Outros	1722:14	
Total	1937:55	
	80 dias	17:55

A draga de corte e sucção trabalhou constantemente com batelões que também viram a sua operação condicionada durante a empreitada condicionando a *Spartacus*. Estes batelões de apoio estiveram o equivalente a 12 dias e 6 horas parados, na sua maioria justificada pelas condições meteorológicas e do mar o que dificultava a deposição do material transportado. Na Tabela 19 apresentam-se os tempos de paragem destes equipamentos por tipologia de paragem.

Tabela 19 - Tempos de paragem dos batelões de apoio, adaptado de Relatório diário de Obra - DEME

Tipo de paragem	Horas	
Tráfego	75:31	
Condições do meteorológicas/mar	133:33	
Outros	85:04	
Total	294:08	
	12 dias	6:08

Sendo assim, procurou-se sempre durante toda a fase de dragagem não impactar os trabalhos diários de operação portuária, mas também ter o maior rendimento possível dos equipamentos de dragagem. As condições meteorológicas e de mar são algo que não é possível alterar, apenas se pode prever e tentar conciliar os trabalhos ao estado do tempo, o que por vezes é complicado.

4.9. Desmorte com explosivos vs “Spartacus”

Segundo Silva (2018), o ciclo de desmorte em meio subaquático é composto pela furação, o carregamento dos explosivos, a detonação, a dragagem e o transporte do material dragado.

Sendo assim, mesmo que o projeto fosse realizado pelo método de desmorte com explosivos, inicialmente necessitaríamos de utilizar uma draga de forma a remover todo o material incoerente de forma que o maciço rochoso ficasse exposto, avançando-se de seguida para o desmorte com explosivos, após isso seria necessário recorrer novamente a uma draga para remover o material fraturado pelos explosivos e depositar nos locais de imersão ou no núcleo do quebra-mar. As dragas que poderiam ser utilizadas após o desmorte com explosivos seriam a draga com escavadora e a draga de alcatruzes, a escolha do tipo de draga dependeria da capacidade de carga utilizada durante o desmorte, uma vez que em função da capacidade de carga os blocos removidos poderiam ter dimensões diferentes e a draga escolhida teria de conseguir fazer a remoção dos mesmos.

Com o desmorte com explosivos teria de ter um planeamento de trabalho rigoroso de modo que os trabalhos não impactem as operações portuários. Para isso em certos locais do porto de Leixões

as furações teriam de ocorrer durante a noite, período de menor movimento e a detonação e a recolha do material dragado acontecer às primeiras horas do dia de forma que no período de maior movimento o local de maior passagem de embarcações se encontrasse desimpedido.

Em relação a condicionantes é de referir o ruído, o ruído apenas afetaria no momento do desmonte com explosivos, uma vez que o equipamento de perfuração e os restantes trabalhos não se iriam sobrepor ao barulho normal da atividade portuária. Outra das condicionantes é as vibrações, esta é das condicionante mais problemáticas do desmonte com explosivos podendo causar vários danos, para isso seria necessário realizar diversas vistorias e posteriores monitorizações nas edificações envolventes ao porto de Leixões, é de salientar que segundo Silva (2018), existem 4 estruturas sensíveis nas imediações, que é o caso do oleoduto da Marginal da Leça da Palmeira, o forte de Leça da Palmeira, o Padrão de Bom Jesus de Matosinhos e o viaduto da A28.

Antes da draga de corte e sucção “Spartacus” entrar ao serviço foi realizada uma primeira dragagem dos materiais incoerentes de forma a expor o material rochoso, uma vez que, a draga “Spartacus” possui rendimentos diferentes quando draga solos incoerentes e rocha. Posteriormente a draga “Spartacus” entrou ao serviço e removeu o material dragado com o auxílio de batelões, mas como esta draga trabalha em forma de leque algum do material já anteriormente fraturado por esta acumulou no fundo marítimo tendo sido necessário o apoio de uma outra draga de forma a retirar este material de modo mais rentável do que se tivesse a “Spartacus” feito.

Foi realizado um planeamento aturado de forma que durante os trabalhos de dragagem não interrompessem as operações portuárias, em momentos de maior afluência do porto ajustando-se os tempos de trabalho da draga de forma que, por exemplo, se realizassem manutenções no equipamento, podemos considerar que houve alguns constrangimentos, mas ultrapassáveis.

Em relação às condicionantes, é de referir que não é necessário haver preocupação em relação às vibrações e também ao ruído, uma vez que o ruído realizado e as vibrações registadas não ultrapassaram os valores limite na envolvente do porto de Leixões.

É de salientar que o trabalho realizado pela draga de corte e sucção faz com que o fundo oceânico fique com uma superfície nivelada e lisa, enquanto com o desmonte com explosivos pode ser difícil conseguir um trabalho final tão uniforme.

Na tabela seguinte apresenta-se uma síntese com as vantagens e desvantagens do desmonte com explosivos e da dragagem com a draga de corte e sucção.

Tabela 20 - Quadro comparativo do desmonte com explosivos e a dragagem

	Desmonte com explosivos	<i>Dragagem</i>
Vantagens		Sem Ruído Sem vibrações Superfície final nivelada e lisa Tempo de execução baixo
Desvantagens	Ruído Vibrações Equipa especializada Condicionamento portuário	Condicionamento portuário Dispendioso

4.10. Monitorização

4.10.1. Geológica e geomorfológica

Durante a fase exploratória do projeto é necessário realizar monitorizações de acordo com a lei em vigor e o caderno de encargos da obra.

De acordo com as exigências da DIA – Declaração de Impacte Ambiental emitidas pela APA, é necessário realizar um plano de monitorização com levantamentos periódicos de forma a perceber como se encontra a praia de Matosinhos devido à realização deste projeto. Os objetivos desta monitorização são:

- Acompanhar a evolução morfológica da praia
- Identificar as tendências de erosão do troço sul e possível assoreamento do troço norte.
- Na necessidade de ser necessário definir ações ou medidas mitigadoras dos efeitos que possam resultar dos impactos negativos causados pela obra de forma a serem tomadas medidas no imediato, ou no futuro e de forma que estes impactos sejam minimizados ou corrigidos em tempo útil.

De forma a perceber de que forma vai evoluindo a praia de Matosinhos, a APA refere que se deve proceder:

- À realização de perfis de praia
- Levantamentos topo-hidrográficos da totalidade da praia
- Registo fotográfico das características da praia

Foram definidos 3 perfis topo-hidrográficos como é possível verificar na Figura 32.

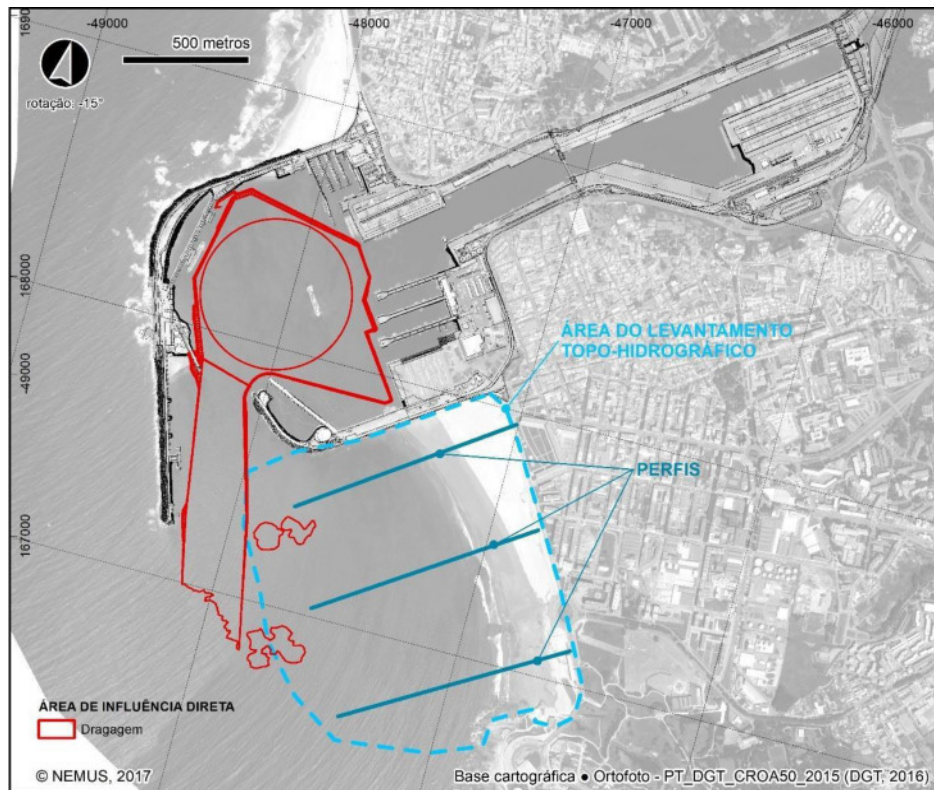


Figura 32 - Localização dos perfis topo-hidrográficos

Os perfis devem de ser escolhidos em períodos diferentes que é o caso do final do verão (no caso dos meses de setembro/outubro) e no final do inverno (entre os meses de abril e maio). Assim, permite perceber as variações sazonais as quais têm mais influência nas evoluções da praia.

Os perfis devem de ser recolhidos por um período de 5 anos após o término dos trabalhos do prolongamento do quebra-mar.

4.10.2. Sistemas ecológicos

A realização das dragagens no porto de Leixões implica a destabilização dos sistemas ecológicos. O grupo biológico que deverá ser alvo de monitorização e a comunidade de macroinvertebrados bentónicos, este programa de monitorização deve:

- Acompanhar a evolução desta comunidade nas áreas afetadas por este projeto.
- Aferir a avaliação de impactes realizada.
- Propor medidas de minimização caso os resultados obtidos durante a monitorização não sejam satisfatórios.

De acordo com o relatório do estudo de impacto ambiental, foram definidos a quantidade e os pontos de amostragem, sendo eles:

- Recolha de amostras em 5 estações de amostragem distribuídas pela área de acessibilidades.
- Recolha de amostras em 3 estações de amostragem distribuídas pela zona do prolongamento do quebra-mar.
- Recolha de 1 amostra numa zona livre de intervenção de forma que mais tarde sirva como uma estação de controlo..

Sendo assim, a APA propôs uma localização das estações de amostragem estando elas presentes na Figura 33.



Figura 33 - Localização das estações de amostragem da macrofauna bentónica, base cartográfica do *Google Earth Pro*

Todos os locais de amostragem definidos pela APA podem ser relocados caso não cumpram os requisitos para a recolha de amostras.

Em relação às frequências de amostragem estas devem de ser realizadas:

- Uma campanha previamente à fase de construção de forma a servir de referência.
- Duas campanhas por ano durante a realização do projeto.
- Duas campanhas por ano após o término do projeto até a um total de três anos.

4.10.3. Qualidade da água

Durante os trabalhos de dragagem a qualidade da água do mar poderá vir a ser alterada, por isso mesmo, é necessário um plano de monitorização de forma a perceber essas alterações e atuar de forma imediata no problema.

Para isso foram definidas estações de amostragem que estão representadas no mapa da Figura 34.

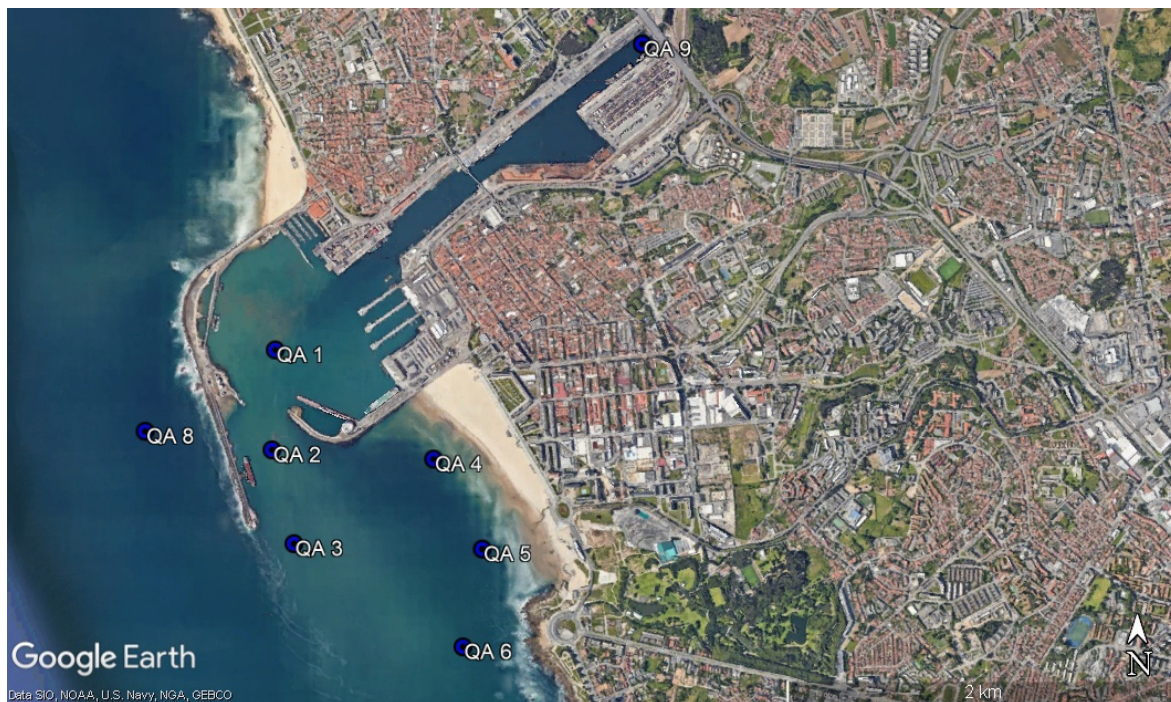


Figura 34- Localização das estações de amostragem da qualidade da água, base cartográfica do *Google Earth Pro*

Durante a fase de dragagem as campanhas de amostragem terão de ter uma frequência trimestral, onde deverão de ser recolhidas duas amostras de água em cada estação de amostragem, dessas duas recolhas, uma delas terá de ser realizada em preia-mar e a outra em baixa-mar, preferencialmente no mesmo ciclo de maré, sendo assim, no total serão realizadas 18 amostras de água por cada campanha de amostragem.

4.10.4. Sedimentos

Ao longo dos anos, o porto de Leixões, tem realizado diversas monitorizações à qualidade dos sedimentos de acordo com a Portaria nº 1450/2007 de 12 de novembro, 2007.

A última campanha de caracterização dos sedimentos, anteriores a este projeto, ocorreu em 2017, em que os pontos de amostragem desta campanha abrangeram toda a área que veio a ser intervencionada no âmbito do melhoramento das acessibilidades do porto de Leixões estudada neste documento. Durante esta campanha, realizaram a recolha de sedimentos de 19 estações de amostragem onde a maioria das amostras recolhidas os sedimentos foram classificados com classe

1 e 2. Na Figura 35 estão representadas as localizações dos pontos de amostragem do ano de 2017, realizada pela empresa Geosub.

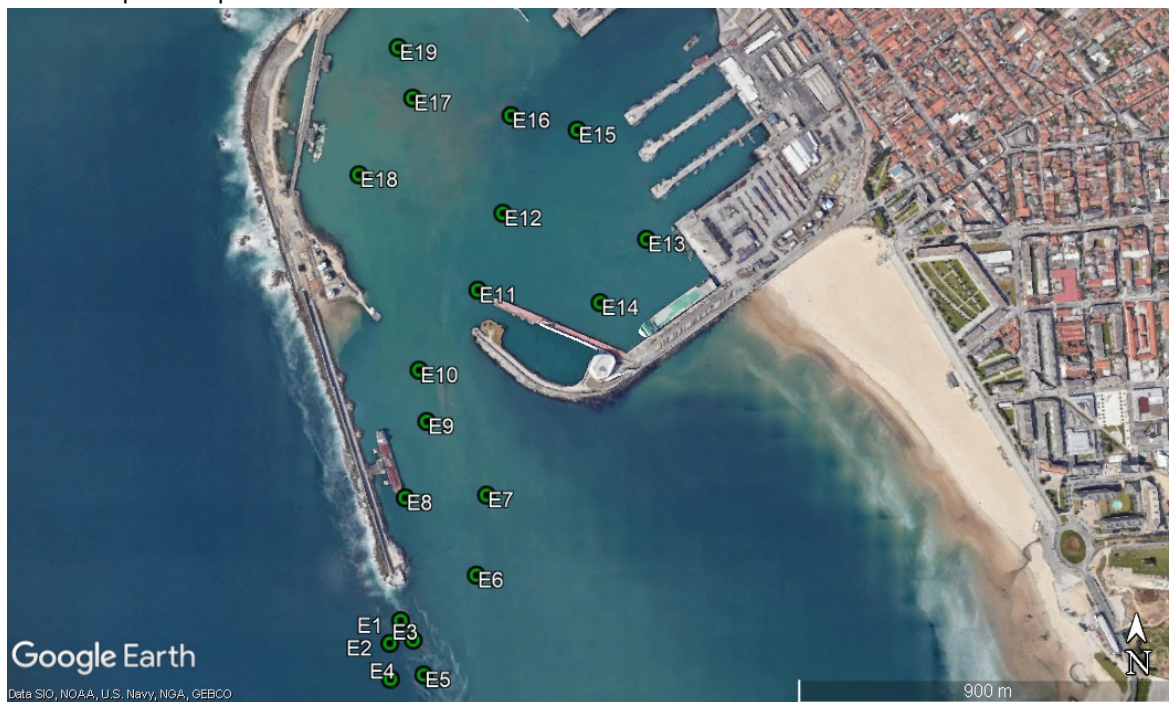


Figura 35 - Localização das estações de amostragem dos sedimentos de 2017, base cartográfica do *Google Earth Pro*

Tabela 21 - Classificação dos sedimentos de acordo com o plano de monitorização de 2017, Geosub

Estação	Amostra	Metais (mg/kg)								Compostos orgânicos			Classificação global
		As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn	PAH	PCB	HCB	
E1	E1A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E1B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E1C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E1D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E1E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E2	E2A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E2B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E2C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E2D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E3	E3A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E3B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E3C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E3D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E4	E4A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E4B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E4C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E5	E5A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E5B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

	E5C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E6	E6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E7	E7A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E7B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E8	E8A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E8B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E9	E9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E10	E10A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E10B	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
E11	E11A	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
	E11B	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2
	E11C	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2
	E11D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E12	E12A	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
	E12B	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2
	E12C	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
	E12D	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2
E13	E13	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2
E14	E14	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2
E15	E15	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
E16	E16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2
E17	E17	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
E18	E18	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2
E19	E19	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2

De acordo com os dados presentes na Tabela 21, podemos verificar que os sedimentos foram enquadrados nas classes 1 e 2 e os parâmetros químicos que fizeram com que determinada amostra fosse classificada como classe 2. Antes do período de dragagem, em julho de 2020, foram realizadas novas recolhas de amostras de sedimentos num total de 19 locais de amostragem, pelo Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos da FEUP. Na Figura 36 encontram-se a localização dos locais de amostragem, as amostras P1, P3 e P5 foram realizadas à superfície, enquanto as restantes foram realizadas à profundidade.



Figura 36 - Localização dos pontos de amostragem dos sedimentos de 2020, adaptado de *Google Earth Pro*

Na Tabela 22, apresentam-se as classes obtidas para cada amostra. Nesta tabela é possível verificar que parâmetros é que fizeram com que o sedimento fosse considerado de classe 2, sendo assim a maioria dos sedimentos encontra-se classificada na classe 1, exceto as amostras P11 a P18, uma vez que apresentam elevada concentração de Zinco.

Tabela 22 - Classificação dos sedimentos de acordo com o plano de monitorização de 2020

Amostra	Metais (mg/kg)							Compostos orgânicos			Classificação global	
	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn	PAH	PCB		HCB
P1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P11	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
P12	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
P13	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2
P15	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	2
P16	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	2
P17	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	1	2

P18	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	2
P19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Durante o ano de 2021, a entidade executante realizou recolhas de amostras de sedimentos no porão da draga, antes de ter sido realizada a deposição do material. Foram recolhidas 24 amostras tendo os resultados sido todos satisfatórios, uma vez que foram todos classificados como classe 1.

Capítulo V

Conclusões

(página propositadamente em branco)

5. Conclusões

Com o decorrer dos anos, a tecnologia foi evoluindo sendo necessário que tudo o que dependesse da mesma fosse progredindo. Primeiramente, os navios foram se desenvolvendo de forma que pudessem transportar mais carga tentando tornar os rendimentos mais altos, quer seja por realizar um planeamento eficaz de rotas bem como cada navio transportar mais carga. Após a evolução dos navios houve a necessidade de se adaptar portos para que pudessem receber esses navios que acabaram por ter dimensões muito superiores aos anteriores. Com a evolução dos navios, surgiu a necessidade de adaptar os portos a essas novas dimensões, especialmente o Porto de Leixões, que precisou melhorar as suas condições de acesso para permanecer uma escolha frequente nas rotas internacionais. A sua localização estratégica o torna frequentemente o ponto de entrada para diversos transportes europeus.

Para melhorar as condições de acesso, foi escolhida a draga de corte e sucção "Spartacus", atualmente a mais potente disponível. Este equipamento conseguiu realizar a dragagem de material rochoso sem a necessidade de explosivos, concluindo a obra dentro do prazo previsto e minimizando impactos nas operações portuárias, bem como em termos de ruído e vibrações.

Antes de iniciar o trabalho da draga de corte e sucção "Spartacus", foi realizada uma primeira etapa de dragagem para remover os sedimentos e expor o maciço rochoso. Nesta fase inicial, a taxa de produção foi de 29.845 m³/dia.

Posteriormente, a draga "Spartacus" começou a operar, alcançando uma produção diária de 8.631 m³, com o uso de 30.224 dentes de corte.

É evidente que a draga "Meuse River" teve um desempenho muito superior à draga de corte e sucção, uma vez que só precisou remover materiais incoerentes, enquanto a segunda teve que fraturar o material rochoso de alta resistência à compressão presente no leito marinho.

Portanto, podemos concluir que a escolha da draga "Spartacus" trouxe inúmeras vantagens para este projeto, incluindo:

- Tempo de obra reduzido
- Ausência de vibrações
- Superfície nivelada e lisa
- Ausência de ruído

Resumindo, podemos afirmar que os objetivos deste projeto foram alcançados com sucesso e que a execução dos trabalhos veio comprovar a mais-valia associada ao uso das dragas de corte e

sucção. Apesar do seu custo de mobilização e operação ser bastante elevado, resulta em poupança de tempo e minimização dos impactes ambientais e de operação do porto. Aprofundou-se a bacia de rotação e o canal de acesso de acordo com as especificações do projeto, atingindo os níveis de -15,5 m (Z.H.L) e -16,85 m (Z.H.L) respetivamente, e 600 m de diâmetro para a bacia de rotação onde os prazos da obra foram cumpridos.

Capítulo VI

Referências bibliográficas

(página propositadamente em branco)

6. Referências bibliográficas

APDL, 2019. Relatório de reconhecimento Geotécnico. 203p. (relatório inédito)

Aragona M.P. & Corradi C.E., 2018. Abordagem comparativa de dragas mecânicas e hidráulicas para remoção de diferentes tipos de sedimentos em áreas portuárias. In: Actas do XII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos.

Bender W.L., 1999. Back to basics: the fundamentals of blast design. 31 p. [<http://www.iseegoldenwest.org/articles/Back%20to%20Basics.pdf>] (consultado em Setembro de 2022).

Caldeira J.F.N., 2016. Análise comparativa da qualidade técnico-económica da utilização de detonadores não elétricos e eletrónicos no desmonte de maciços rochosos. Instituto Superior de Engenharia do Porto. 175p. (Dissertação de Mestrado)

Castro J.M.R.B., 2018. Tendências de evolução dos transportes marítimos internacionais e implicações nas infraestruturas portuárias. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 233 p. (Dissertação de Mestrado).

Conceição R.A.A., 2016. Gestão de dragagens portuárias: alguns aspectos geotécnicos e geoambientais. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. 119 p. (Dissertação de Mestrado).

Decreto de Lei n.º 152-B/2017, de 11 de dezembro. , Pub. L. No. Diário da República, 1.ª série — N.º 236 — 11 de dezembro de 2017, 12 (2017).

Decreto-Lei n.º 151-B/2013, de 31 de outubro do Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. , Pub. L. No. Diário da República n.º 211/2013, 2º Suplemento, Série I de 2013-10-31, 6 (2013).

Decreto-Lei nº 226-A/2007 de 31 de maio do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do desenvolvimento Regional. , Pub. L. No. Diário da República, 1.a série — N.º 105 — 31 de Maio de 2007, 24 (2007).

Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de outubro. , (2000).

Diretiva 2013/39/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 12 de agosto. , (2013).

Diretiva 2014/52/UE do Parlamento Europeu. , Pub. L. No. DIRETIVA 2014/52/UE (2014).

ISSMFE, 1989. International Reference Test Procedure for the Standard Penetration Test.

Nemus, 2018. Estudo de impacte ambiental das acessibilidades marítimas do porto de Leixões. Nemus. 544p.

Portaria n.º 1450/2007 de 12 de novembro, Pub. L. No. Diário da República, 1.ª série — N.º 217 — 12 de Novembro de 2007 (2007)

Reis, P.A.S., 2016. Otimização de parâmetros geométricos em diagramas de fogo para desmonte a céu aberto. Faculdade de Engenharia do Porto. 85p. (Dissertação de Mestrado)

Silva J.H.N., 2018. Contributos para a otimização de metodologias de desmonte em canais e portos: o caso do Porto de Leixões. Instituto Superior de Engenharia do Porto. 175p. (Dissertação de Mestrado)

Stockler C.F.S., 2002. Desmonte de maciços rochosos. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 62p. (Relatório de Estágio).

Trindade B.A.H., 2009. Engenharia e gestão na produção de agregados. Universidade de Aveiro 182p. (Dissertação de Mestrado).

Vlasblom W., 2003. Designing dredging equipment. 79p. (<https://dredging.org/>)

Sites Consultados:

<https://www.marinetraffic.com/blog/shining-the-spotlight-on-shippings-busiest-routes/> (acesso a 20/06/2023)

<https://dredging.org/> (consultado em Setembro de 2022)

Anexos

ÍNDICE DE ANEXOS

(Nota: os anexos 9 a 14 foram confidenciais e, por isso, não serão incluídos no volume da dissertação. Todavia, o júri da prova teve acesso aos mesmos aquando da análise e discussão da dissertação)

ANEXO 1 - LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO INICIAL AO PK 1+100	85
ANEXO 2 - CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL, FOLHA 9-C, ESCALA 1:50 000	87
ANEXO 3 - ZONAMENTO GEOTÉCNICO DO PERFIL A - A'	89
ANEXO 4 - ZONAMENTO GEOTÉCNICO DO PERFIL B - B	89
ANEXO 5 - ZONAMENTO GEOTÉCNICO DO PERFIL C - C'	91
ANEXO 6 - ZONAMENTO GEOTÉCNICO DO PERFIL D-D'	91
ANEXO 7 - PRAZO DE EXECUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO AO LONGO DA EMPREITADA OS TRABALHOS	93
ANEXO 8 - LOCALIZAÇÃO DOS PK DOS PERFIS TRANSVERSAIS	95
ANEXO 9 - RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA Nº 67, PÁGINA 1 (CONFIDENCIAL)	97
ANEXO 10 - RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA Nº 67, PÁGINA 2 (CONFIDENCIAL)	99
ANEXO 11 - RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA Nº 67, PÁGINA 3 (CONFIDENCIAL)	101
ANEXO 12 - RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA Nº 315, PÁGINA 1 (CONFIDENCIAL)	103
ANEXO 13 - RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA Nº 315, PÁGINA 2 (CONFIDENCIAL)	105
ANEXO 14 - RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA Nº 315, PÁGINA 3 (CONFIDENCIAL)	107

(página propositadamente em branco)