

ANEXO 5 – INSTALAÇÃO

1 ENGENHARIA DE ROTAS POR CABO

A rota do cabo foi concebida para evitar perigos potenciais, outros utilizadores dos fundos marinhos, perturbações dos recursos e das operações marítimas e para assegurar a proteção a longo prazo do cabo. A rota do cabo e a conceção do projeto são desenvolvidas e refinadas através de duas etapas principais: (i) Estudo documental (Desktop Study (DTS)) e (ii) Levantamento da rota do cabo (Cable Route Survey (CRS)). Nestas etapas é efetuada uma análise detalhada de todos os fatores que afetem a rota do cabo, incluindo aspetos físicos, ambientais, socioeconómicos e regulamentares. Esta constitui a base para as atividades de levantamento da rota do cabo, com o mapeamento detalhado do fundo do mar da rota final do cabo submarino.

O levantamento da rota do cabo inclui levantamentos rasos e profundos da rota. São recolhidos e analisados os dados batimétricos e outros para determinar a rota ideal para a instalação do cabo. Podem ser recolhidas amostras do fundo do mar, conforme necessário, de modo a apoiar a classificação dos sedimentos.

Durante a fase de planeamento do sistema de cabos, a seleção de rotas e os exercícios de levantamento marítimo são otimizados para garantir que é selecionada uma rota que, na medida do possível, minimize o impacto no fundo do mar, durante a fase de instalação.

Devido à tecnologia que é utilizada para realizar o enterramento do cabo, é benéfico para a rota seguir áreas do fundo do mar onde há muitos sedimentos. O sedimento deve idealmente ser de natureza adequada, para fornecer proteção adequada ao cabo instalado contra ameaças externas.

Normalmente, isto significa evitar áreas de topografia acidentada (rochas) e batimetria ondulante (ondas de areia e outras marcas), se possível. Ao selecionar terrenos que ofereçam boas condições para a operação de enterramento, o impacto no fundo do mar é reduzido ao mínimo, uma vez que a quantidade de força necessária para penetrar no fundo do mar é minimizada.

Durante o levantamento da rota do cabo (CRS), vão sendo efetuadas alterações para encontrar a rota ideal.

Os engenheiros de rota de cabos projetam o cabo para se adequar à rota selecionada. Isto significa que o tipo de cabo irá variar com a profundidade do cabo, o tipo de fundo marinho, e os locais onde o cabo pode ser enterrado.

Com vista a determinar a conceção e o alinhamento da rota mais compatível do cabo marítimo NUVEM foi efetuado o respetivo levantamento (CRS – Cable Route Survey ou Marine Survey). Este levantamento da rota do cabo marítimo foi previamente autorizado pela Direção-Geral da Autoridade Marítima (DGAM) e pela Direção Regional da Ciência e Tecnologia (DRCT) da Região

Autónoma dos Açores (RAA), através da Nota Verbal n.º 127494 da Embaixada dos Estados Unidos, de 01/08/2023.

O levantamento decorreu entre 16/10/2023 e 17/12/2023 e foi posteriormente estendido entre 17/01/2024 e 30/04/2024, também após a devida aprovação das autoridades competentes, datada de 09/10/2023.

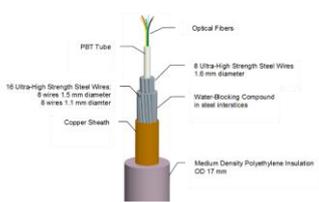
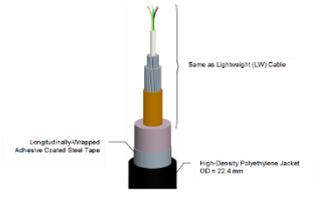
O objetivo específico do levantamento em águas portuguesas foi o de estabelecer uma rota segura e económica para o cabo proposto, determinando a profundidade da água, os riscos do fundo marinho, a geomorfologia e outros dados oceanográficos e antropogénicos. Além disso, foi dada especial atenção ao registo e à cartografia dos corais e de quaisquer outros substratos de fundo duro, bem como de todas as áreas de algas marinhas e outros organismos sensíveis.

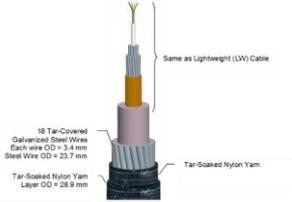
2 REQUISITOS PARA O ENTERRAMENTO DO CABO

O Sistema NUVEM utilizará um cabo submarino de fibra ótica, projetado e construído pela SubCom, que incorporará materiais para minimizar o respetivo impacte ambiental. Existem quatro variações do cabo submarino de fibra ótica SL17 da SubCom propostas para a instalação em águas portuguesas. As variações compreendem diferentes níveis de armadura do cabo e incluem: “Cabo leve” (Lightweight – LW), “Cabo com armadura para aplicações especiais” (Special Application Armor – SPA), “Cabo com armadura de arame leve” (Light Wire Armoured – LWA) e “Cabo com armadura dupla” (Double Armoured – DA).

Foi selecionada a melhor solução de blindagem ao longo da rota do cabo, com base nos métodos de engenharia e instalação do cabo. É utilizada a blindagem de cabo mais pesada onde se prevê um enterramento mais reduzido e superficial, quando não possa ser realizado o enterramento devido às condições do fundo do mar e onde as atividades marítimas possam potencialmente danificar o cabo. Os cabos não blindados apenas podem ser utilizados em águas profundas, onde não é necessário efetuar o enterramento e o potencial de danos causados ao cabo por forças externas é considerado mínimo. A tabela seguinte apresenta as características das variações do cabo SL17 da SubCom.

Tabela 2.1 – Características das variações do cabo SL17 da SubCom (Fonte: SubCom, 2024)

TIPO DE CABO	ORIENTAÇÕES E PROPRIEDADES PARA A SELEÇÃO	EXEMPLO
Cabo leve (<i>Lightweight – LW</i>)	É utilizado na maioria dos ambientes oceânicos profundos benignos. O diâmetro nominal do cabo LW é de 17 mm e o seu peso na água de 3,5 kN/km. A implantação máxima é normalmente de 8 000 metros; geralmente será enterrado.	
Cabo com armadura para aplicações especiais (<i>Special Application Armor – SPA</i>)	É utilizado em áreas de fundo marinho mais agitado e/ou áreas com aumento moderado de abrasão. Normalmente é implantado em águas profundas até 6 500 metros. O diâmetro nominal do cabo SPA é de 23 mm e o seu peso na água de 4,0 kN/km.	

TIPO DE CABO	ORIENTAÇÕES E PROPRIEDADES PARA A SELEÇÃO	EXEMPLO
<p>Cabo com armadura de arame leve (<i>Light Wire Armor – LWA</i>)</p>	<p>A armadura de arame leve é geralmente utilizada em áreas da plataforma continental e encostas onde os riscos de agressão externa estão presentes e a instalação nas profundidades desejadas pode não ser alcançada. A implantação máxima é normalmente de 2 000 metros. É utilizado nas seguintes áreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Onde o cabo for colocado superficialmente em condições marginais de fundo sem risco de agressão externa; • Onde a instalação de cabos até à profundidade alvo é questionável e estão identificados riscos de agressão externa; além da profundidade de implantação do cabo DA. <p>A sua instalação é efetuada em condutas em terra para reduzir o atrito durante a instalação e reduzir custos.</p> <p>O diâmetro nominal do cabo LWA é 28,9 mm e o seu peso na água de 14,87 kN/km.</p>	
<p>Cabo com armadura dupla (<i>Double Armor – DA</i>)</p>	<p>O cabo DA é normalmente utilizado na zona do cabo que se encontra junto à costa, onde os riscos de ambientes de alta energia e agressões externas são maiores. A profundidade de implantação é, geralmente, de 600 metros.</p> <p>Normalmente, é utilizado nas seguintes áreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ambientes de elevada energia (energia das ondas, correntes rápidas) e em áreas de megaondulações/ondas de areia (indicando mobilidade de sedimentos), onde cabos enterrados podem ficar expostos; • Afloramentos rochosos e com cobertura sedimentar inferior ao razoável, onde a abrasão é um risco; • Travessias de condutas; • Onde estão identificados riscos de agressão externa junto de cabos planeados para assentamento superficial. <p>O diâmetro nominal do cabo DA é de 35,9 mm e o seu peso na água de 30,17 kN/km.</p>	

3 INSTALAÇÃO MARINHA

Neste capítulo são descritos os métodos de trabalho, ferramentas e recursos normalmente utilizados para a instalação de cabos submarinos.

A instalação poderá ser realizada de forma ligeiramente diferente devido à alteração de recursos de última hora, aos requisitos finais da licença, à alteração da sequência da colocação do cabo ou à necessidade de reparação do cabo durante a instalação.

3.1 ASSENTAMENTO DO CABO E DIREÇÃO DO ASSENTAMENTO

As profundidades de enterramento foram determinadas a partir dos resultados da campanha de campo (*Cable Route Survey* (CRS)) para a determinação da rota do cabo, efetuada pela SubCom, entre 16/10/2023 e 17/12/2023, posteriormente estendida entre 17/01/2024 e 30/04/2024, também após a devida aprovação das autoridades competentes, datada de 09/10/2023. As especificidades do enterramento estão resumidas nas Tabela 3.1 e Tabela 3.2.

Desde a Caixa de Visita na Praia (Beach Man Hole (BMH)), o cabo será enterrado numa extensão de 61.005 km e até uma profundidade de água de 584 m.

O cabo percorrerá a perfuração horizontal dirigida (*Horizontal Directional Drilling* (HDD)) já existente de 0,000 a 0,646 km. De 0,646 a 0,750 km, o cabo será colocado na superfície do leito marinho e será posteriormente enterrado com um jato de mergulho, uma vez que a profundidade de água é inferior a 15 m. De 0,750 a 0,874 km, o cabo será colocado na superfície do leito marinho e será posteriormente enterrado com um veículo operado remotamente (*Remotely Operated Vehicle* (ROV)), devido à proximidade com o cabo da EllaLink existente e em serviço. De 0,874 a 61,005 km, o cabo será enterrado através de arado mecânico. De 61,005 a 76,366 km (profundidade da água de 584 a 1.000 m), o cabo será colocado na superfície do leito marinho sem enterramento devido à prevalência de afloramentos rochosos e encostas íngremes. Em águas com profundidade superior a 1.000 m, e até à saída do cabo de águas portuguesas, a 1.556,00 km, presume-se que não existem conflitos com outros usos do leito oceânico e continuará a instalação com o cabo colocado apenas à superfície, sem enterramento.

A profundidade do enterramento é afetada pela resistência dos sedimentos. O CRS incluiu uma análise geotécnica detalhada dos sedimentos para determinar os melhores métodos de instalação do cabo e a profundidade de enterramento esperada, estando esta resumida na Tabela 3.1 e Tabela 3.2.

Tabela 3.1 – Condições de enterramento do cabo desde a BMH (Fonte: SubCom, 2024)

PONTO KILOMÉTRICO (KP)		PROFUNDIDADE DA ÁGUA (m)		CONDIÇÕES	LARGURA DO SULCO (M)	ÁREA IMPACTO (m ²)
INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM			
0,000	0,646	0	11	Dentro da HDD	0,00	0,0
0,646	0,750	11	15	Enterramento com jato de mergulho	0,52	54,08
0,750	0,874	15	18	Enterramento com ROV	0,30	37,20
0,874	61,005	18	584	Enterramento com arado mecânico	0,75	45.098,25
61,005	76,366	584	1.000	Sem enterramento. Colocado à superfície	0,00	0,00
					TOTAL	45.189,53

Tabela 3.2 – Profundidade de enterramento esperada em águas com menos de 1.000 m de profundidade por categorias (Fonte: SubCom, 2024)

CATEGORIA	DISTÂNCIA (km)	% CABO EM PROFUNDIDADE DE AGUA < 1000 M
A. Enterramento ótimo [1.0m]	0,000	0,00
B1. Enterramento reduzido [0.5 to <1.0 m]	48,338	63,30
B2. Enterramento pobre [<0.5 m]	11,793	15,44
C. Instalação à superfície	15,361	20,11
D. Instalação à superfície com tentativa de enterramento pós instalação	0,228	0,30
E. Sem enterramento (dentro da conduta)	0,646	0,85
F. Sobre-enterramento [>1.0 m]	0,000	0,00
TOTAL	76,366	100,00

3.2 ESPECIFICAÇÕES DO EQUIPAMENTO MARINHO

3.2.1 NAVIO PARA A COLOCAÇÃO DO CABO E POSIÇÃO DE ASSENTAMENTO

A embarcação principal utilizada no processo de instalação será um dos navios da frota “Reliance Class” de 150 m operados pela SubCom. Este navio utilizará sistemas de navegação de última geração e software de instalação de cabos (MakaiLay ou equivalente) que permitem o posicionamento preciso à superfície e a previsão da posição do cabo no fundo do mar. O software MakaiLay (ou equivalente) permite entradas de dados em tempo real para elementos finitos. Este software usa um modelo avançado de cabo 2D para prever a sua aterragem.

São integradas no software informações como a rota do cabo, batimetria, direção do navio, posição e velocidade, características do cabo e velocidade de colocação, para otimizar a monitorização em tempo real da instalação do cabo.

A rota do navio será ajustada pela distância de deslocação prevista, calculada pelo modelo, para garantir que o local de assentamento do cabo será posicionado ao longo da rota planeada.

Os dados vetoriais atuais também podem ser utilizados para melhorar a precisão do posicionamento do cabo, dentro de certas faixas de profundidade.

A precisão à superfície dependerá da precisão dos recetores GPS de dupla frequência, do movimento da embarcação e dos cálculos do software, com base no tipo de cabo.

Assim, os valores de precisão para a posição do cabo em relação à rota planeada devem ser fornecidos em relação à profundidade da água, exceto em áreas de águas rasas onde o posicionamento do navio à superfície é mais crítico.

Com base na experiência com a utilização do MakaiLay (ou equivalente) e a instalação de cabos anteriores, os valores de precisão de posicionamento esperados são os apresentados na tabela seguinte.

Tabela 3.3 – Precisão esperada da posição do cabo com base na profundidade da água

PROFUNDIDADE DA ÁGUA (m)	PRECISÃO
< 25	+/- 5 m em profundidade de água
25 – 100	+/- 10 m em profundidade de água
100 – 1000	+/- 30 m em profundidade de água
> 1000	+/- 100 m em profundidade de água

Durante a maioria das atividades de instalação de cabos, a embarcação principal viaja entre 1 e 5 nós (9,26 km/h) em águas oceânicas abertas. Esta velocidade pode variar dependendo do clima, das características do fundo do mar e da localização.

As máquinas de manuseio de cabos incluem dois tambores de cabos de 30 toneladas e motores de cabos lineares de 20 pares de rodas, permitindo manuseio e monitorização precisos de todos os aspetos da colocação do cabo.

A figura seguinte apresenta um diagrama tridimensional de uma embarcação principal típica.

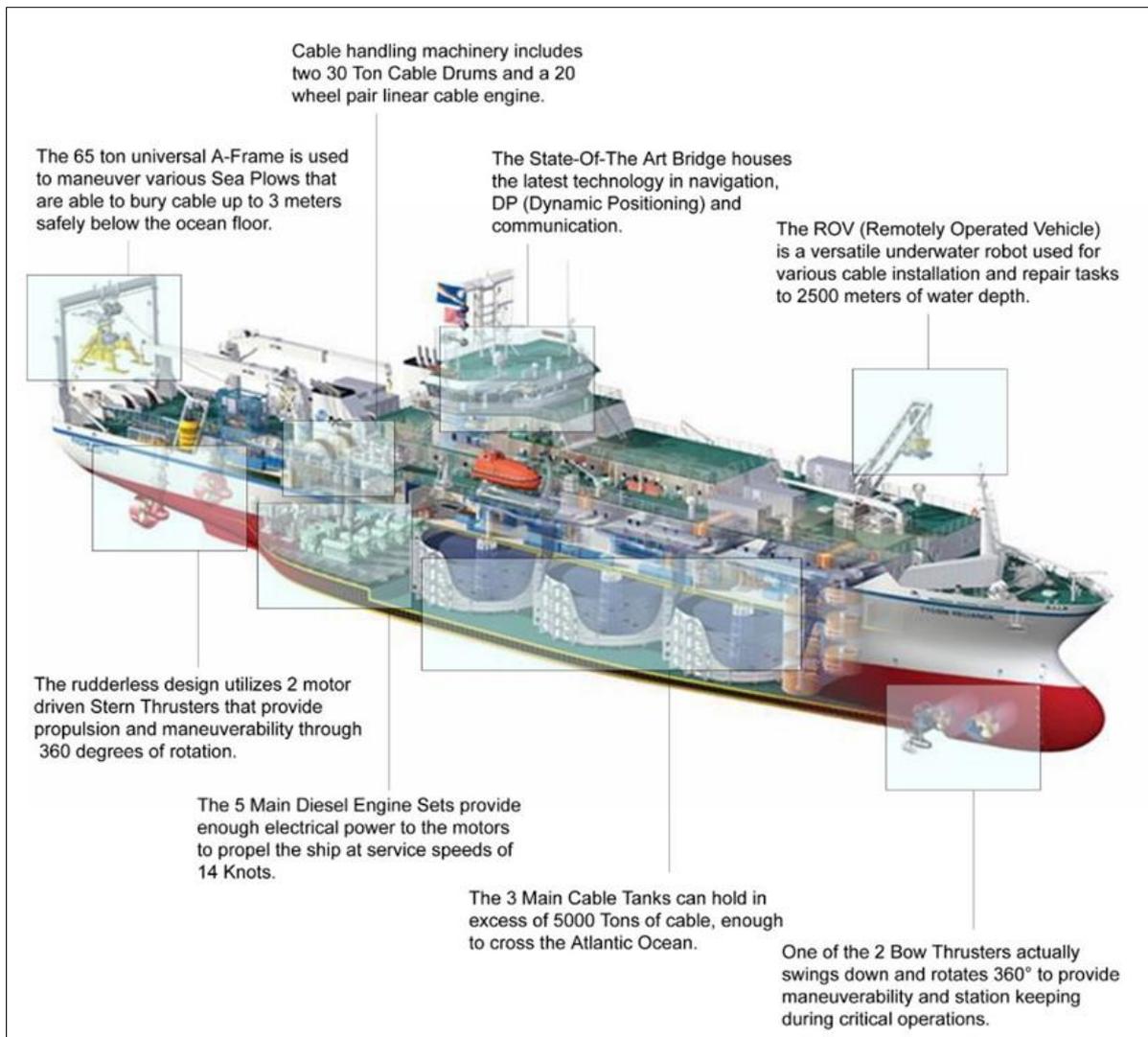


Figura 3.1 – Diagrama tridimensional de uma embarcação principal típica (Fonte: SubCom, 2024)

Para operações de desembarque, a embarcação principal mantém a posição por posicionamento dinâmico. Este sistema de posicionamento dinâmico utiliza propulsores de embarcação controlados por computador para manter a posição. Dependendo da profundidade durante a operação, os propulsores estão normalmente localizados no casco, e posicionados lateralmente e para baixo.

Os propulsores localizados na proa e na popa impulsionam num plano horizontal, 50 m à ré e 25 m para cada lado.

Os propulsores fechados criam turbulência mínima na direção lateral e para baixo, devido ao seu design eficaz e eficiente. Esta turbulência em ambas as direções pode ser considerada até 2 m.

No que diz respeito à utilização da embarcação de instalação de cabos, refere-se o seguinte em relação ao meio ambiente:

- O consumo de combustível das embarcações de instalação de cabos principais pode variar com a atividade e as condições climáticas/marés/correntes, mas é provável que a média para cada embarcação seja 4 a 18 toneladas métricas/dia;
- Podem estar a bordo da embarcação para a instalação de cabos submarinos até 80 tripulantes. A tripulação é acomodada na embarcação;
- A equipa na praia para as operações em terra é formada por 10 a 15 pessoas;
- Serão tomadas medidas de prevenção para cumprir os regulamentos ambientais nacionais e internacionais relativos à descarga de resíduos de navios;
- Os resíduos serão armazenados a bordo e descarregados em instalações portuárias apropriadas, sendo-lhes dado o destino final adequado;
- As águas residuais domésticas das embarcações serão tratadas em estação de tratamento de águas residuais a bordo. Os navios também são equipados com separadores de hidrocarbonetos. Os óleos usados serão recolhidos para envio para destino final;
- A embarcação principal possui motores a diesel Rolls Royce Marine AS (propulsão principal/potência auxiliar) em conformidade com os padrões de emissão da regulamentação 13(3)(a) de acordo com o Código Técnico de NOx. As embarcações de instalação também possuem Certificado Internacional de Prevenção da Poluição do Ar válido;
- As estatísticas de som de embarcações referem-se a níveis medidos em acomodações e espaços utilizados pela tripulação e estão de acordo com a Resolução A.468(XII) da Organização Marítima Internacional (IMO). O ruído das atividades de construção será temporário e de curto prazo;
- Uma vez o cabo instalado, não existirão atividades ou processos industriais relativos à operação do sistema na prestação do seu serviço de telecomunicações.
- Se ocorrer uma falha/rotura no cabo, será realizada uma operação de reparação por uma embarcação, que removerá a secção defeituosa do cabo para a embarcação, reparando-a a bordo e devolvendo-a ao fundo do mar aproximadamente no seu local original.

3.2.2 ARADO MARÍTIMO

O arado marítimo é uma ferramenta semelhante a um grande trenó, com aproximadamente 5 m de largura, preso ao navio principal de instalação (Main Lay Vessel (MLV)) por um cabo de reboque, que permite o enterramento mecânico do cabo até uma profundidade alvo de 1 m (que nem sempre é exequível), criando um sulco com aproximadamente 0,75 m de largura e colocando o cabo até ao fundo do sulco.

3.2.3 VEÍCULO OPERADO REMOTAMENTE (ROV)

Cada embarcação é equipada com um veículo operado remotamente por trincheira de cabos (ROV) e um sistema de arado marítimo (*seaplow*) com capacidade de enterramento de 1,5 m ou 3 m de profundidade. É apresentado na figura seguinte um exemplo de um ROV.



Figura 3.2 – Exemplo de um veículo operado remotamente (ROV) (Fonte: SubCom, 2024)

O equipamento de comunicação do Terminal de Abertura Muito Pequena (VSAT) garante a disponibilidade da conectividade de banda larga para a tripulação enquanto a embarcação é posicionada. O arranjo exclusivo de tambores de cabos duplos e um mecanismo de cabos linear fornece redundância e flexibilidade para instalar e reparar o sistema de cabos existente. As respetivas especificações técnicas são apresentadas na figura seguinte.

SMD QT500	ROV SPECIFICATIONS
	<p>General Specifications</p> <ul style="list-style-type: none"> MANUFACTURER SMD (SOIL MACHINE DYNAMICS LTD) UK TYPE Cable maintenance remotely operated vehicle RATED WATER DEPTH 2,500m POWER 375kW / 500HP CONFIGURATION Free fly & tracked modes BURIAL PERFORMANCE Up to 3m THRUSTER CONFIGURATION 4 Horizontal 4 Vertical <p>DIMENSIONS FREE FLY</p> <ul style="list-style-type: none"> Width 3.2m Length 4.1m Height 2.8m <p>VEHICLE WEIGHT IN AIR</p> <ul style="list-style-type: none"> Free Fly 11000 kg Tracked 12000 kg
	<p>Jet burial Tools</p> <ul style="list-style-type: none"> WATER JETTING 2 × variable speed hydraulic drive, single stage pumps Max Pressure 8 bar Max Flow 1,700 m³ / hr JETTER WIDTH variable up to 400 mm FORWARD JET TOOL Twin jet device above the seabed rotated to stow under chassis. MANIPULATOR MOUNTED JET TOOL Jet Tool held in jaws of forward manipulator
	<p>Surveillance Equipment</p> <ul style="list-style-type: none"> CAMERAS 1 HD Color 5 Color LIGHTS 10 x LED PAN & TILTS 3 × pan & tilts 3 × rotators SONAR 1 × Kongsberg MS1000 OA 1 × Tritech Gemini 720D Multi-Beam Optional Upgrade 2 × Tritech Super Sea King Profilers VEHICLE TRACKING 2 × Responder/ Transponders CABLE LOCATION SYSTEM TSS 440/350 Dualtrack Cable Tracking System
<p>Cable Tools Package</p> <ul style="list-style-type: none"> MANIPULATORS 2 × Schilling Orion Extended Reach 7 function rate controlled CUTTERS HCV100 cable cutter; RCO40LP Cutter CLAMP PSSL TA17 Cable Gripper and full set of jaws 	
<p>Data provided for comparison purposes only. Complete system specifications available on request.</p>	

Figura 3.3 – Especificações técnicas do ROV (Fonte: SubCom, 2024)

3.3 ASSENTAMENTO DO CABO – ASSENTAMENTO DA SUPERFÍCIE

3.3.1 COLOCAÇÃO DO CABO

O navio cabo efetuará a instalação e enterramento simultâneos do cabo, através de áreas de leito marinho não rochoso, utilizando três métodos: arado mecânico de enterramento, veículo de operação remota (ROV), e jato manual de mergulho (Figura 3.4).

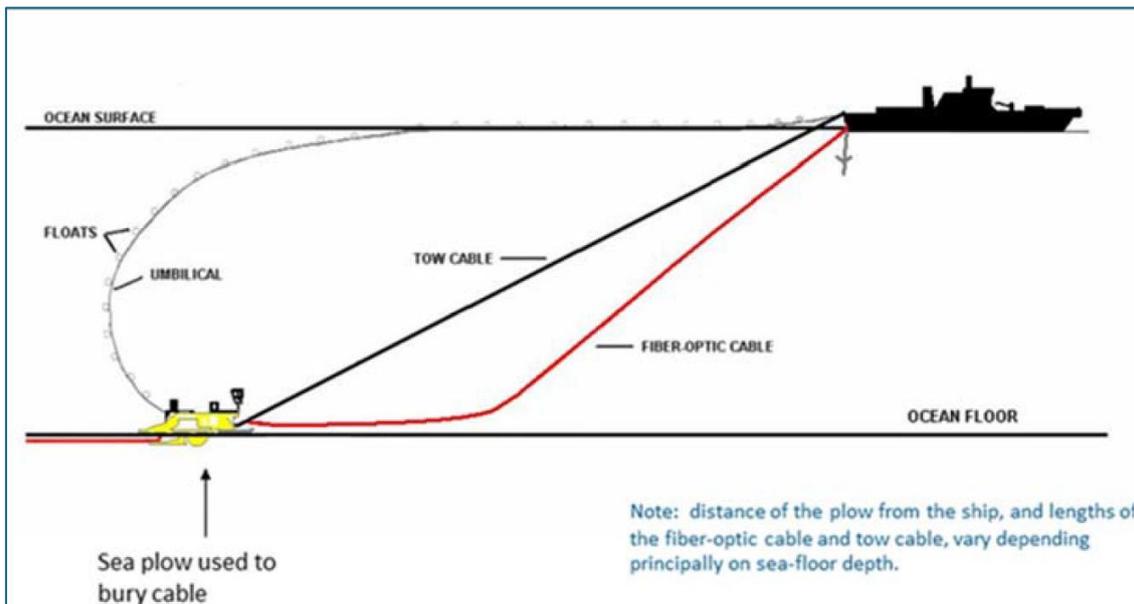


Figura 3.4 – Colocação de um cabo submarino utilizando um arado marítimo de enterramento (Fonte: SubCom, 2014)

À medida que o arado marítimo é puxado pelo MLV, o cabo é colocado no fundo do sulco e o sulco é preenchido através do movimento de sedimentos no fundo do mar à medida que o arado é rebocado através do leito. As velocidades operacionais típicas do arado são inferiores a 1 nó (0,514 m/s), dependendo da rigidez do fundo do mar e de outros fatores, como o estado do mar, o clima, a velocidade da corrente, entre outros.

São utilizados modelação computadorizada e rastreamento para controlar a posição e a tensão do cabo durante as atividades de, bem como para corrigir fatores externos, como o vento e as correntes oceânicas. São integradas no software informações como a rota do cabo, a batimetria, a direção do navio, a posição e velocidade, as características do cabo e a velocidade de colocação, para otimizar a monitorização em tempo real da instalação do cabo.

A utilização do software de instalação de cabos reduz a probabilidade de suspensões indesejadas do cabo e auxilia na colocação precisa do cabo ao longo da rota planeada.

Depois de colocado e enterrado, o cabo mantém a sua posição no fundo do mar devido aos métodos de assentamento (evitando folga do cabo), ao peso do cabo e à profundidade de instalação/enterramento.

3.3.2 VEÍCULO DE OBSERVAÇÃO REMOTA (ROV)

Após a conclusão da instalação, um veículo de observação remota (ROV) será pilotado ao longo da rota para inspecionar o enterramento. Este equipamento tem 3,2 m de largura pesa 12.000 kg, e fluidiza sedimentos com jatos de água criando um sulco com uma largura de 0,3 m, e com profundidades até 3 m dependendo do tipo de material do leito submarino.

Quando o enterramento com arado não for possível (por exemplo, em cruzamentos com outros cabos em serviço), ou onde o arado não puder atingir a profundidade alvo de 1 m devido às condições do fundo ou a problemas técnicos, o cabo submarino poderá ser colocado à superfície e posteriormente enterrado durante a inspeção pós-enterramento por um ROV operado a partir do MLV ou navio de apoio através de um cabo de controlo. O ROV utiliza uma ferramenta de jato de água do mar direcionada ao fundo para agitar o mesmo, formando uma vala na qual o cabo é enterrado pelo seu próprio peso. Nenhum material do fundo marinho será introduzido ou removido da área.

A inspeção pós enterramento pode acontecer a qualquer momento depois da instalação do cabo estar concluída.

3.3.3 JATO DE MERGULHO

Em profundidades de água inferiores a 15m, o enterramento será realizado através de jato de mergulho manual e será complementado com bocal de jato de água/dispositivo similar por um mergulhador que efetua este processo no fundo do mar. Este tipo de equipamento fluidiza os sedimentos do fundo marinho e cria um sulco com uma largura de 0.52 m.

Poderá haver a necessidade de passagens de jato sucessivas para enterrar o cabo até a profundidade alvo.

Após a conclusão do enterro do cabo e da vistoria pós-instalação, será realizado um vídeo de pós-instalação.

3.3.4 ATERRAGEM DO CABO

Em Sines, existe uma BMH na Praia do Areão onde já é efetuada a aterragem do cabo submarino da EllaLink, e que será utilizada para a aterragem do cabo NUVEM.

3.3.5 REMOÇÃO DE CABOS FORA DE SERVIÇO

Para permitir uma passagem livre ao longo da rota do cabo, deve ser estabelecido um corredor livre de qualquer cruzamento com cabos fora de serviço (OOS – Out of Service).

Para poder cortar e limpar os cabos OOS existentes, deverá ser solicitada permissão aos respetivos proprietários dos cabos, se aplicável. As operações de “limpeza da rota do cabo” envolvem as seguintes etapas:

- Corte dos cabos OOS existentes no percurso do cabo a instalar;
- Colocação dos cabos OOS que foram cortados no navio para envio para destino final autorizado;

- Pesagem das extremidades do cabo OOS fora do corredor pré-dimensionado com pesos maciços (peso pequeno em forma de disco: 0,5m por 0,2m de espessura);
- Devolução das extremidades ao fundo do mar;
- Colocação de cada extremidade na rota original do cabo OOS.



Figura 3.5 – Fotografia da ferramenta de remoção dos cabos OOS (Fonte: SubCom 2024)

4 ATERRAGEM DO CABO NA PRAIA

4.1 DESCRIÇÃO GERAL

O Sistema NUVEM utilizará um cabo submarino de fibra ótica projetado e construído pela SubCom, incorporando materiais que minimizam o impacto ambiental. Foram propostas quatro variações do cabo submarino de fibra ótica SL17 da SubCom para instalação em águas portuguesas, cada uma com diferentes níveis de armadura: o cabo leve (LW) para ambientes oceânicos profundos benignos, o cabo com armadura para aplicações especiais (SPA) para áreas de fundo marinho agitado com abrasão moderada, o cabo com armadura de arame leve (LWA) para plataformas continentais e áreas com riscos de agressão externa, e o cabo com armadura dupla (DA) para zonas costeiras com alta energia e agressão externa. A seleção da armadura depende da profundidade e das condições do fundo do mar.

Para proteção adicional, pode ser instalado um tubo articulado sobre segmentos do cabo, fabricado com ferro dúctil ASTM A536 Gr 65-45-12, que proporciona resistência à abrasão e ao impacto. Os repetidores, que amplificam o sinal ótico, serão instalados a cada 75 a 90 km e serão enterrados juntamente com o cabo, se necessário. Além disso, serão instaladas unidades de derivação que conectam um cabo de ramificação ao tronco principal para a transferência de dados entre diferentes locais, incluindo uma unidade próxima aos Açores para um futuro ramal à Ilha de São Miguel.

O Sistema de Ligação à Terra (*Ocean Ground Bed (OGB)*) consiste numa série de elétrodos enterrados que proporcionam o caminho de retorno para o circuito elétrico que alimenta os repetidores no sistema de cabos submarinos. Este OGB será instalado em local próximo da caixa de visita (BMH) em áreas com boa condutividade do solo. As caixas de visita na praia (BMH) conectam os cabos submarinos aos cabos terrestres e consistem em câmaras em betão situadas abaixo do solo na zona costeira. Em Sines, será utilizada a BMH existente da EllaLink para a conexão do cabo NUVEM, minimizando custos e impactes ambientais. A braçadeira de blindagem será instalada dentro da BMH para fixar o cabo e segurar os fios de armadura, e a flange de acoplamento proporcionará uma transição segura desde a saída do HDD ao tubo dividido ou articulado, fixada mediante chumbadores ao HDD existente.

4.2 OPERAÇÕES DE ATERRAGEM NA PRAIA

4.2.1 TRABALHOS DE PREPARAÇÃO NA ZONA TERRESTRE

Uma equipa específica para os trabalhos na praia deslocar-se-á vários dias antes do dia da aterragem do cabo para preparar o local para a amarração do cabo à caixa de visita (BMH) da EllaLink localizada aproximadamente em XX"N, XX"W (ver Figura 4.1) e para a instalação do sistema de ligação à terra (OGB).



Figura 4.1 – Caixa de visita (BMH) da EllaLink na Praia do Areão em Sines (Fonte: SubCom, 2024)

Para as operações de instalação, a preparação do local na praia consistirá no seguinte:

- Definição e implementação e de medidas de controlo do tráfego e/ou de segurança;
- Organização da segurança;
- Mobilização do equipamento necessário para o local;
- Localização e identificação de cabos existentes;
- Inspeção prévia do equipamento do equipamento de amarração do cabo;
- Verificação prévia do equipamento de amarração/aterragem e testes operacionais/funcionais;
- Identificação e marcação de quaisquer cruzamentos de cabos em serviço ou fora de serviço;
- Preparação do tubo dividido;
- Ensaio de carga de setores de viragem, ou blocos de retenção;
- Certificados de calibração e de montagem;
- Instalação do adaptador do tubo dividido na caixa de visita (BMH)/parede de proteção da EllaLink.

Tendo em conta condições meteorológicas imprevistas na área de aterragem ou licenças ou condições de segurança aplicáveis, poderão ser necessárias medidas de mitigação, tais como alteração de data ou outras máquinas ou equipamentos necessários para os trabalhos de preparação, que serão definidas no dia de aterragem.

4.2.2 INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE LIGAÇÃO À TERRA (OGB)

A instalação do sistema de ligação à terra (OGB) iniciar-se-á durante a preparação da instalação do cabo, podendo continuar durante a aterragem do cabo na costa. A instalação do OGB deverá demorar cerca de quatro dias: um dia para a montagem, um dia para a escavação, emenda e enterramento dos ânodos, e um dia para a finalização, testes e puxada do cabo do OGB até à caixa de visita de instalação (BMH) da EllaLink. A conduta existente para a puxada do cabo até à BMH (identificada abaixo em azul) foi construída durante as atividades de aterragem da EllaLink e poderá estar comprometida, caso no qual uma nova conduta será aberta sensivelmente na mesma área, evitando ao máximo perdas de vegetação local. O último dia é reservado para a reposição do local.

Antes e depois da instalação, será utilizado um aparelho de teste de terra, Megger DET4TCR ou similar, para medições preliminares de resistividade.

A localização final do OGB em Sines, será determinada no local na Praia do Areão, em Sines, e a localização proposta do OGB está prevista para ser nas proximidades do final da conduta já existente para a instalação do OGB construída pela EllaLink localizada aproximadamente nas coordenadas XX"N, XX"W & XX"N, XX"W, ou próximo da Estação de Aterragem de Cabos (*Cable Landing Station – CLS*; 37°59'40.79"N, 8°49'51.44"W), a qual também já existe e pertence à EllaLink (Figura 4.2 e Figura 4.3).

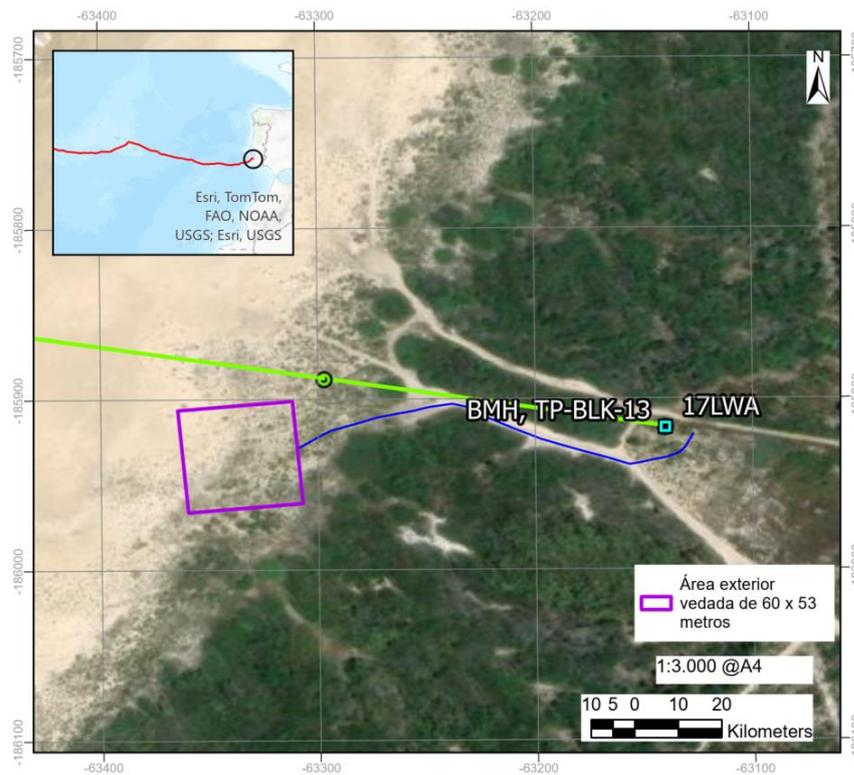


Figura 4.2 – Localização do OGB na Praia do Areão em Sines (Fonte: AECOM, 2024)

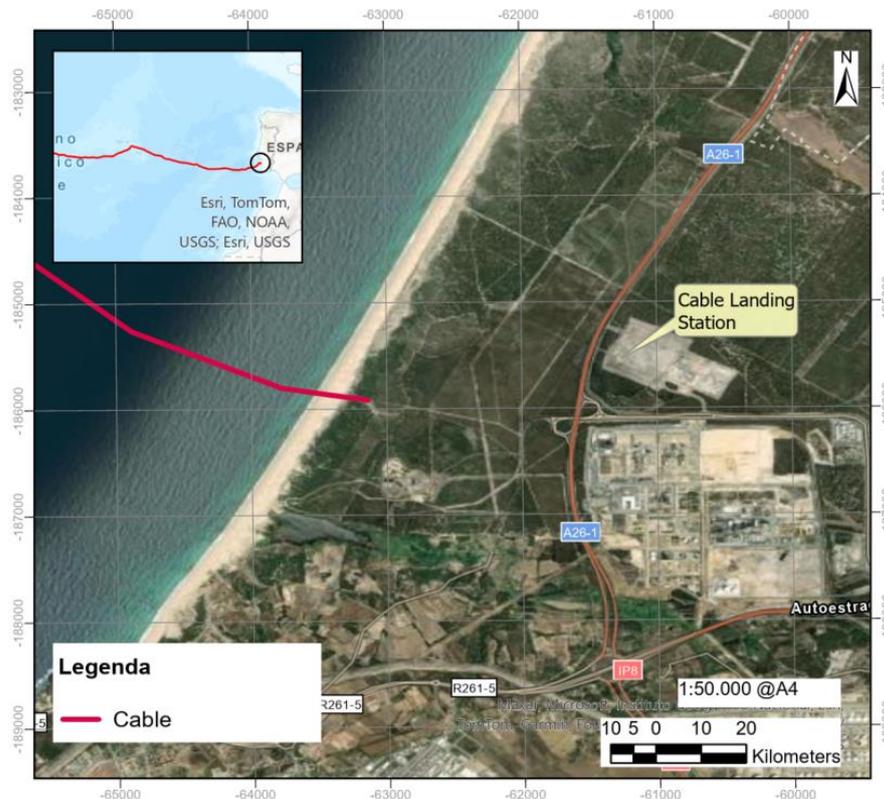


Figura 4.3 – Localização do Projeto NUVEM na Praia do Areão em Sines (Fonte: AECOM, 2024)

A área total do OBG será de, aproximadamente, 30m de comprimento x 8m de largura x 3m de profundidade com uma área exterior vedada de 60 x 53 metros.

A instalação do OGB pode levar à necessidade de interrupção temporal das atividades recreativas nesta zona da praia. No entanto, após a instalação, as condições da praia serão repostas, não causando qualquer tipo de perturbação aos utilizadores da praia.

A instalação do OGB compreende: (i) a instalação dos ânodos, (ii) a instalação do cabo de ligação à terra, (iii) os testes ao OGB, iv) a proteção do OGB, e (v) a reposição do local.

(i) Instalação dos ânodos

Os ânodos de óxido de mistura de metais (*Mixed Metal Oxide* -MMO) do OGB serão colocados num poço pré-escavado, dispostos numa fila única de três ânodos, e serão enterrados à profundidade necessária para obter uma resistência aceitável a qual será, à partida, de 3 m. Cada ânodo será colocado numa posição pré-determinada. Os ânodos devem ser instalados e posicionados com uma separação aproximada de 2-3 metros. Os ânodos serão instalados horizontalmente e as extremidades dos cabos de alimentação dos ânodos serão cuidadosamente retidas para as operações de emenda.

(ii) Instalação do cabo de ligação à terra

Serão instalados cerca de 150 metros de cabo de ligação à terra do tronco principal MV90 desde o OGB até à câmara de visita mais próxima, incluindo 20 m de folga. O cabo de ligação à terra MV90 será instalado em excesso através da conduta OGB (com origem na câmara de visita), de modo a fornecer folga suficiente para que as tomadas de terra do cabo de alimentação do ânodo sejam unidas ao cabo de terra MV90.

(iv) Testes ao OGB

Os procedimentos de teste ao OGB serão efetuados pelo engenheiro da SubCom no local. Estes têm como objetivo identificar o significado dos rendimentos decrescentes. Os testes ao OGB iniciam-se com o teste da resistividade de um ânodo, seguido do teste dos ânodos um (1) e dois (2), e do teste dos ânodos 1, 2 e 3, etc., até que todos os ânodos instalados sejam testados como um leito de terra, para obter uma medição final da resistividade. As medições serão registadas e revistas.

v) Proteção do OGB

O OGB será enterrado e a fita de aviso será colocada sobre o campo de terra e a linha da vala à profundidade de 1 metro. Dependendo da dimensão do OGB, podem ou não ser colocadas algumas linhas de fita de aviso sobre o mesmo.

Após a instalação de todos os ânodos, serão registadas as posições GPS de entre as suas posições significativas. Serão, além disso, efetuadas medições a partir de pontos fixos para elaborar um documento preciso acerca da infraestrutura do OGB. O engenheiro da SubCom no local poderá vir ainda a decidir tomar outras medidas de proteção.

(vi) Reposição do local

Após a conclusão dos trabalhos e a remoção de todas as ferramentas e equipamento pesado, o local será reposto nas condições originais ou em melhores condições. Tal incluirá o arranjo paisagístico e a remoção de quaisquer resíduos decorrentes da instalação do OGB.

4.2.3 INSTALAÇÃO DA ABRAÇADEIRA DE BLINDAGEM

Após o início das operações de enterramento, à medida que o vídeo pós enterramento é realizado e revisto, será aplicada a abraçadeira. Uma vez fixado, o cabo será colocado numa trincheira pré-escavada.

A abraçadeira é montada na posição interna de entrada do cabo de parede da BMH e o cabo é fixado dentro da BMH. O *timing* e os procedimentos serão confirmados na reunião de coordenação.

4.2.4 INSTALAÇÃO DE TUBO ARTICULADO

A flange articulada do tubo será montada na parede da extremidade do HDD e o cabo será colocado ao longo do percurso planeado. O tubo articulado será então aplicado ao cabo SL que vem da posição do adaptador de flange instalado, desde uma profundidade de 11 m, onde se encontra a saída do HDD existente, e a 14 m de profundidade de água.

4.3 OPERAÇÕES COSTEIRAS

4.3.1 LIMPEZA DO FUNDO MARINHO

Imediatamente antes da instalação do cabo submarino, nas zonas onde está planeada a instalação do cabo, será realizada uma limpeza do fundo marinho (*Pre-Lay Grapnel Run - PLGR*) por meio de uma fateixa (*grapnel*), de forma a remover detritos superficiais (por exemplo, fios e equipamento de pesca descartado), que possam ter sido depositados no fundo do mar ao longo da rota.

O PLGR é efetuado pelo navio PLSE (*Pre-Laid Shore End*) (da extremidade da costa) ou pelo navio de colocação principal (MLV), dependendo da profundidade da água. O navio será totalmente carregado com todo o equipamento PLGR necessário. O método PLGR envolve a implantação de um conjunto de fateixas a partir do navio PLSE ou do navio MLV.

O navio lança uma fateixa para o fundo do mar e procede ao seu reboque através do fundo do mar ao longo do trajeto do cabo. Se à primeira passagem, for encontrado qualquer tipo de detritos, serão efetuadas duas passagens paralelas adicionais, de cada lado da linha central. A área de impacto de cada passagem será de aproximadamente 0,75 m, com um espaçamento de até 150 m, podendo a lâmina penetrar até 40 cm de profundidade no substrato marinho, dependendo da composição do leito marinho. A passagem da fateixa não será realizada em zonas de fundo duro e irá evitar os cabos enterrados existentes. Os detritos recuperados para o navio principal durante estas operações serão eliminados/valorizados de forma adequada em terra após a conclusão da operação.

A fateixa para limpeza pode apresentar as configurações apresentadas na figura seguinte, em forma de arpão ou gancho, dependendo das condições do fundo do mar.

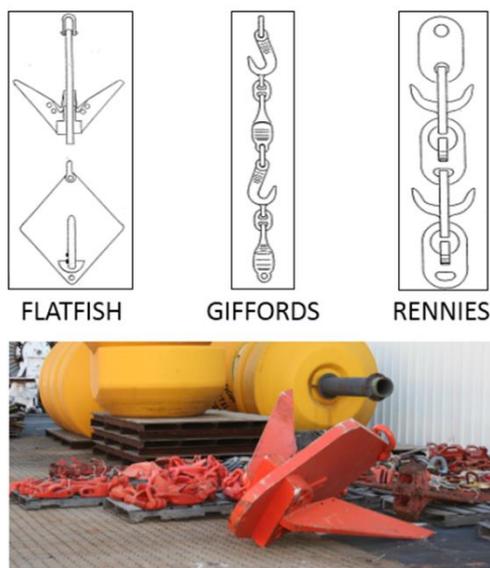


Figura 4.4 – Configurações da fateixa para limpeza do fundo marinho. (Fonte: SubCom 2024).

4.3.2 INSTALAÇÃO DE ADAPTADOR E PREPARAÇÃO DA PERFURAÇÃO HORIZONTAL DIRIGIDA (HDD)

O término da conduta da Perfuração Horizontal Dirigida (HDD) já existente deverá estar enterrado sob uma camada pouco profunda de fundo marinho macio a uma profundidade de 11 m. Prevê-se que esteja equipado com uma válvula Tideflex ligada a uma flange de acoplamento. Os mergulhadores irão escavar e expor o furo da HDD, retirar a válvula Tideflex da flange e fixar um adaptador dividido, e a equipa passará o cabo de aço do guincho através da HDD e para fora do furo. No caso de os mergulhadores não conseguirem localizar o furo da HDD, ar será soprado a partir da BMH.

No caso de ser encontrado um leito marinho duro, a área do furo da HDD será escavada utilizando uma combinação de martelo pneumático e de elevação por água.

Esta ação tem como objetivo permitir o acesso para ligar o cabo a um cabo mensageiro ligado à BMH existente da EllaLink.

A figura seguinte identifica a localização dos HDD já existentes, contruídos pela EllaLink em 2020.

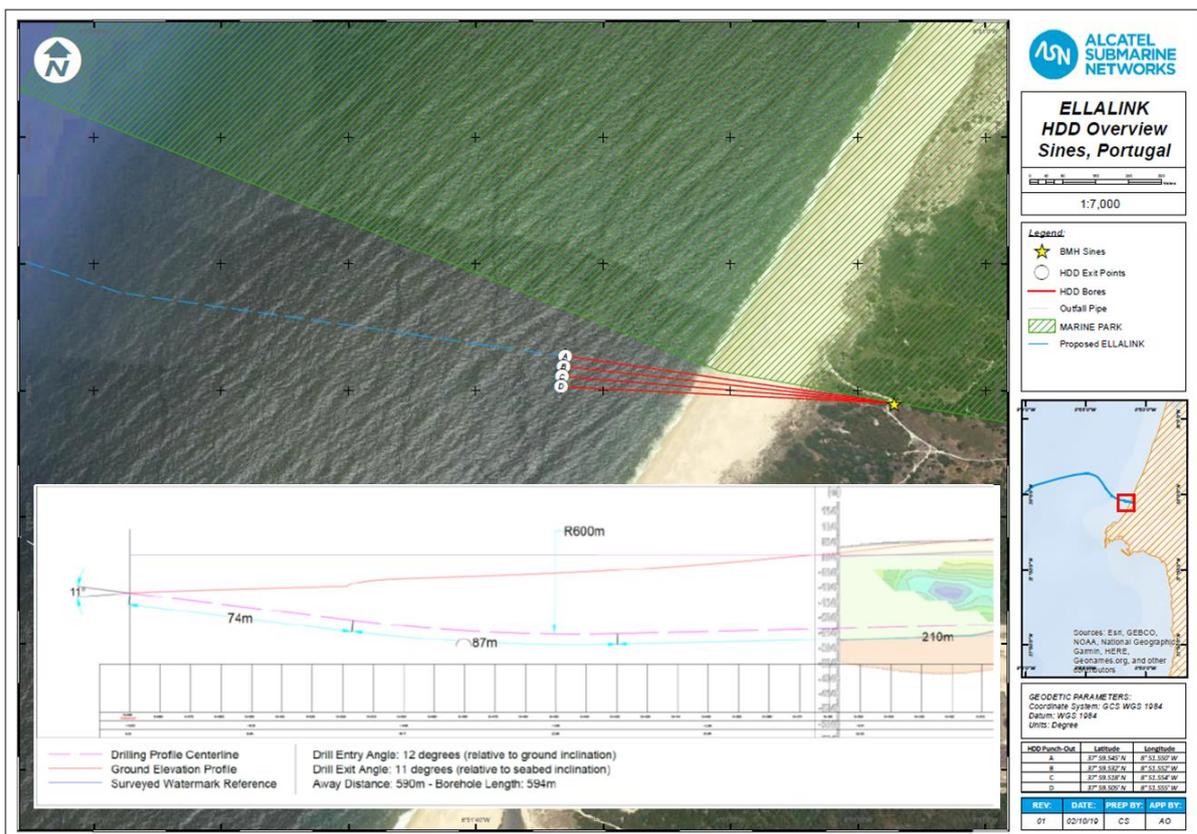


Figura 4.5 – Localização dos HDD em ambiente marinho (Fonte: EllaLink, 2024).

4.3.3 OPERAÇÃO DE AMARRAÇÃO (HAUL-IN)

A aterragem em terra em Sines compreenderá a conexão do cabo submarino a um terrestre feita por ligação direta ao HDD e ocorre na BMH da EllaLink.

Em Sines, existe uma BMH na Praia do Areão onde já é efetuada a aterragem do cabo submarino da EllaLink e que será utilizada para a aterragem do cabo NUVEM. Esta BMH está localizada nas coordenadas XX"N XX"W, e foi instalada em 2020 como uma parte do sistema da EllaLink. A profundidade da câmara BMH é de aproximadamente 2,5 m abaixo do solo, acima do nível da água alta, medindo 3 m x 2 m. A BMH abriga a infraestrutura para conectar o cabo submarino à infraestrutura terrestre existente, a área de trabalho para as atividades de puxar o cabo junto à BMH será a mesma utilizada pela EllaLink (ver Figura 4.6 e Figura 4.7).

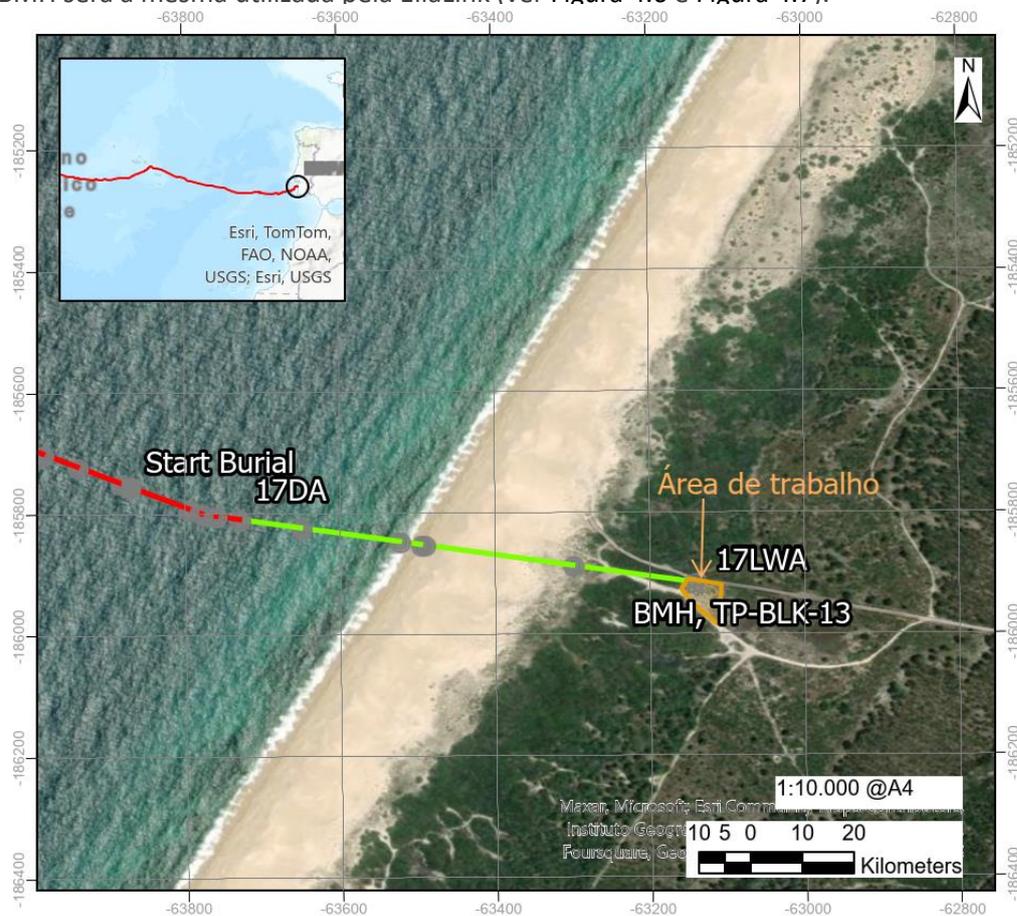


Figura 4.6 – Localização da BMH da EllaLink a utilizar na Praia do Areão em Sines (Fonte: AECOM, 2024)

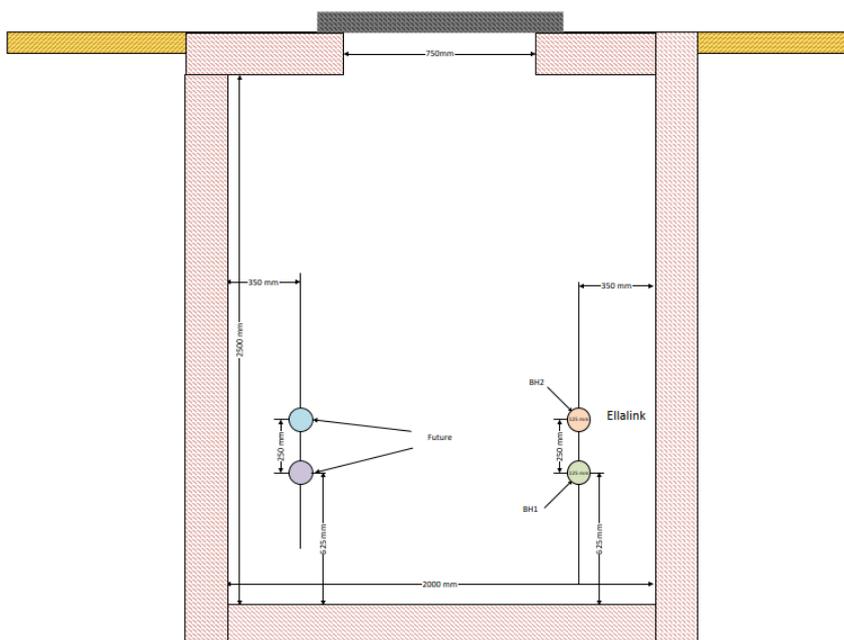


Figura 4.7 – Desenho da BMH da EllaLink a utilizar na Praia do Areão em Sines (Fonte: EllaLink, 2024)

Para a aterragem em Sines, a BMH da EllaLink será aberta, ventilada e inspecionada (ver Figura 4.8). Pretende-se puxar o cabo com um guincho ou pode ser investigada a possibilidade de usar uma escavadora de 20 toneladas ou máquina semelhante como máquina de puxar o cabo, puxando-o pela estrada para este ou para terra, a partir da abraçadeira de blindagem BH1 na BMH.

No dia da aterragem, a equipa estará na BMH preparada para trazer o cabo submarino para terra. A área de trabalho para as atividades de puxar o cabo junto à BMH será a mesma utilizada pela EllaLink e terá uma dimensão aproximada de 100 m x 150 m.



Figura 4.8 – Fotografias da BMH da EllaLink a utilizar (Fonte: Profico Ambiente, 2024)

No dia da aterragem, a equipa estará preparada na caixa de visita na praia (BMH) da EllaLink. A instalação do cabo na conduta de perfuração submarina e a BMH terá lugar com a coordenação entre as equipas *offshore* no navio e as equipas *onshore* na BMH.

O procedimento para esta amarração em terra é o seguinte:

- i) Quando o navio principal de instalação (MLV) estiver em posição (a 15m de profundidade de água, nas coordenadas aproximadas N37 59.5637, W008 51.6121) uma embarcação auxiliar será colocada perto da posição do furo da HDD, pronta para receber o cabo de aço previamente instalado. A extremidade do cabo será preparada a bordo do navio com um bujão de aperto de *yale* presa à extremidade do cabo.
- ii) O cabo de aço será passado da embarcação auxiliar para o MLV. A tripulação a bordo do navio ligará o cabo de aço e o bujão de aperto de *yale* ligado à extremidade do cabo, através de um destorcedor de bala. Uma vez efetuada a ligação, inicia-se o lançamento e a tração do cabo.
- iii) O coordenador da equipa da praia dará instruções para se começar a puxar o fio e o cabo com o guincho de dentro da BMH, cuidadosamente coordenado com o navio. Este modo de puxar o cabo continuará em direção ao furo da HDD, onde estará posicionado um barco de apoio de mergulho.
- iv) Durante a operação de tração, o coordenador na praia estará em constante comunicação com o supervisor de mergulho no barco de mergulho de apoio, onde o mergulhador estará a monitorizar o procedimento de tração do cabo através da HDD.
- v) O mergulhador confirmará que um comprimento suficiente de cabo entrou no tubo de perfuração.

- vi) A extremidade em terra é planeada de modo que sejam deixados 25 metros de cabo na câmara de visita da praia (BMH). Assim que houver cabo suficiente, o cabo será fixado com um bujão.
 - vii) Assim que a amarração é concluída, um mergulhador irá nadar até ao cabo para verificar o seu estado no substrato marinho. Serão feitos os ajustes necessários para reduzir e/ou eliminar suspensões e pontos de fricção.
 - viii) Com o cabo posicionado no fundo do mar, os mergulhadores instalarão duas âncoras de retenção de 1,5 toneladas a aproximadamente 150 metros a leste do MLV em preparação para as operações de lançamento do arado de enterramento ou para o início da instalação à superfície do resto do cabo.
- O cabo será colocado à superfície do fundo do mar desde o HDD desde os 11m de profundidade de água até aos 14m de profundidade, sensivelmente a 874m *offshore* desde a BMH. A partir daqui o cabo será enterrado até aos 584m de profundidade de água, sensivelmente a 61km da costa, distância a partir da qual o cabo passa a ser instalado à superfície do fundo do mar em direção a águas internacionais.
- ix) Durante a operação de lançamento do arado de enterramento desde o MLV, as âncoras de retenção e a seção do cabo da extremidade da costa serão monitoradas por mergulhadores / ROV. Os mergulhadores estarão em constante comunicação com o barco de apoio.
 - x) Assim que o MLV tiver instalado aproximadamente 5 km de cabo, as âncoras são removidas. Uma vez que o cabo é trazido para o BMH com folga suficiente, a equipe da extremidade da costa removerá os fios da blindagem, aplicará o grampo da armadura e iniciará a operação de emenda de três portas.
 - xi) Após a conclusão das operações será feito um vídeo pós-instalação. Um mergulhador nadará o cabo para verificar o estado do cabo na parte inferior. Serão feitos os ajustes necessários para reduzir e/ou eliminar o cabo não conforme com o fundo do mar e os pontos de fricção.

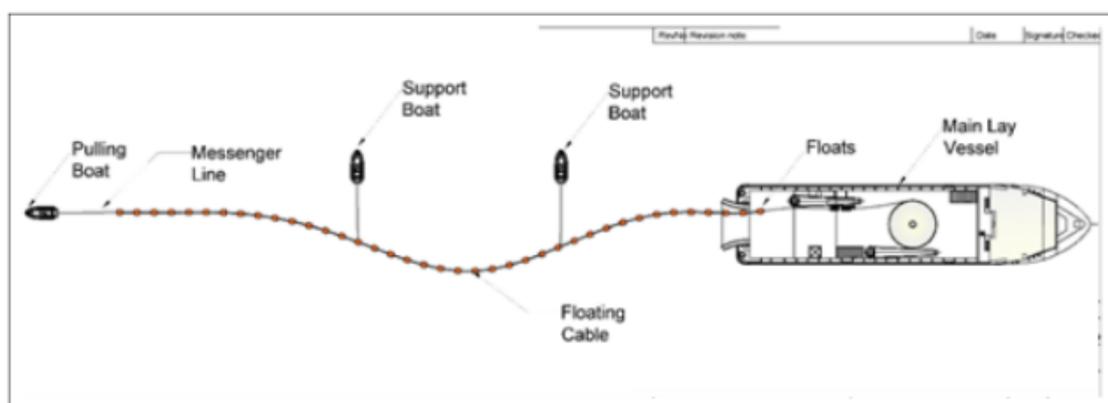
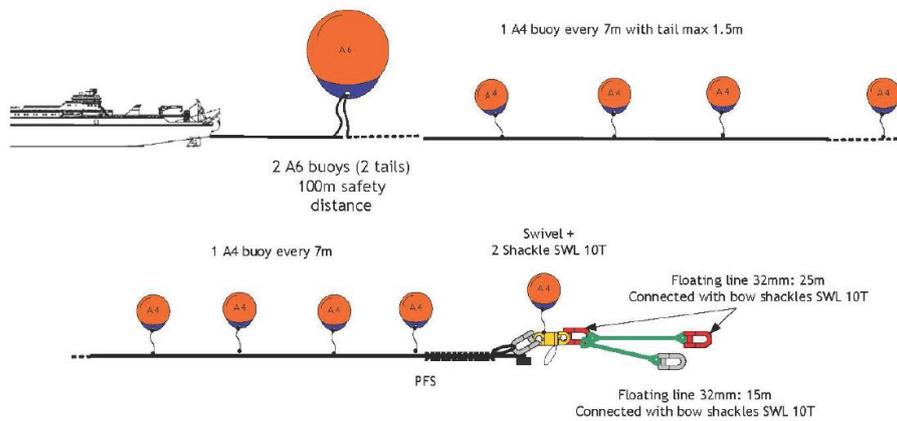


Figura 4.9 – Configuração típica e transporte do cable e flutuação até ao HDD (Fonte: SubCom, 2024)



Cable:
17A1DA
Diameter: 35.9mm
Weight: 3.08 kg/m (in water)

REV.	DESCRIPTION:	BY:	DATE:
1	INITIAL ISSUE	SK	10/10/24
AMENDMENTS:			

Figura 4.10 – Configuração típica de boias acopladas ao cabo para flutuação até ao HDD (Fonte: SubCom, 2024)