



# O Básico sobre Cabos Submarinos



**INTRAREDE**  
2024

28 de Agosto de 2024  
10h - Horário de Brasília (UTC -3)



1

# A Rede Submarina

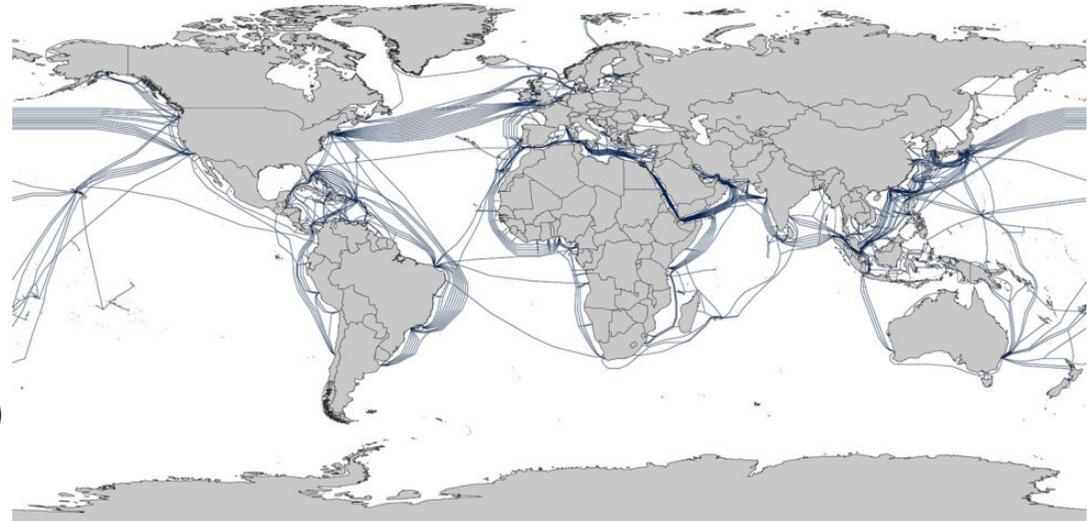


# Cabo Submarino – A Rede Global

- ❑ Os cabos submarinos desempenham um papel importante como infraestrutura global hoje em dia.
- ❑ Os cabos submarinos são infraestruturas críticas, que transportam aproximadamente mais de **15 trilhões de dólares em transações diárias**

\* 1995 → Cabo Submarino: Satélite = 50:50

\* 2024 → Cabo Submarino: Satélite = 98:1



~ 559 Sistemas de cabos ativos, +600 planejados (Junho/2024)

~100.000km de novos cabos por ano

<https://www.submarinecablemap.com/>

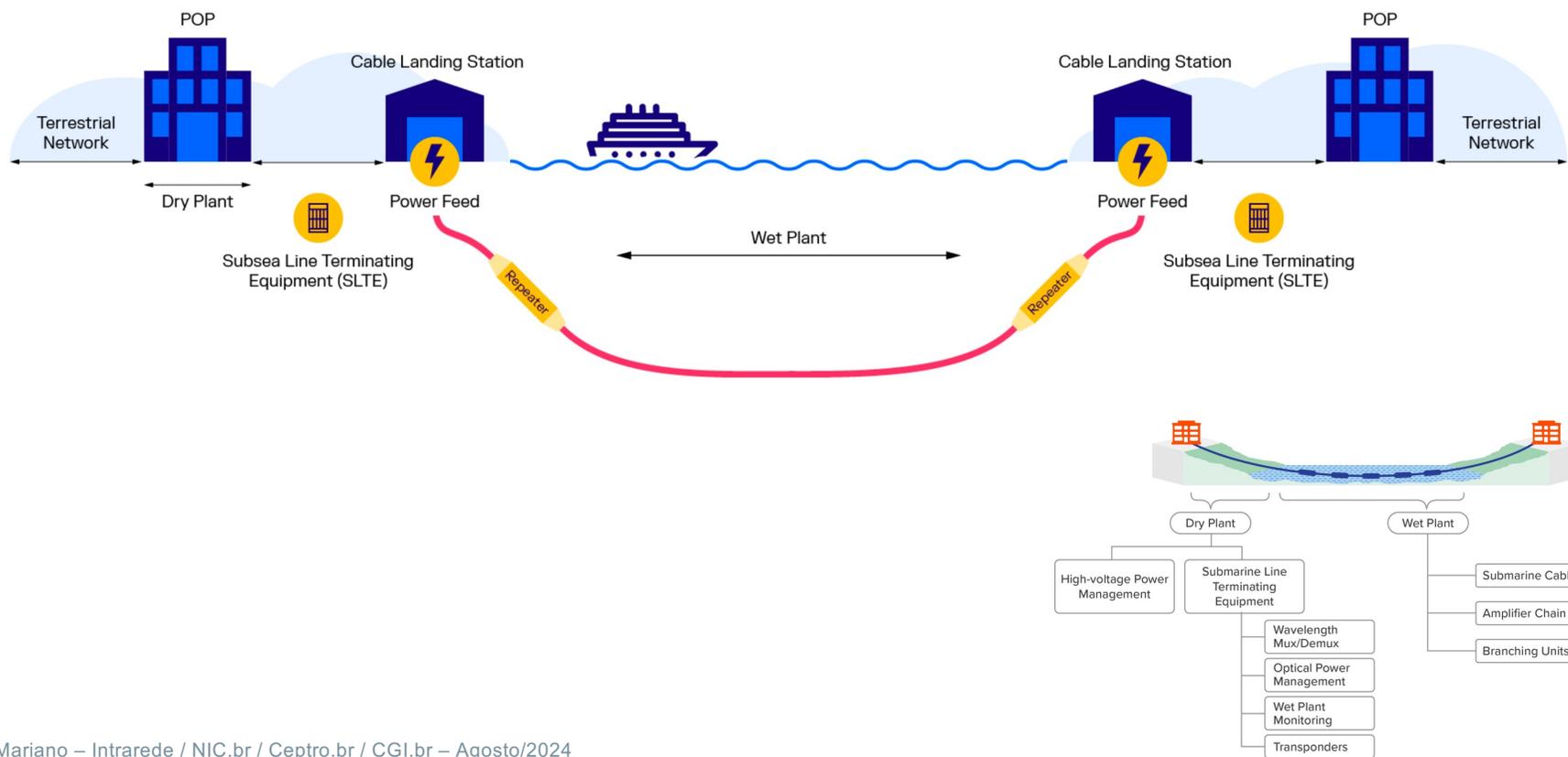
# Quais são os componentes de um sistema de cabo submarino ?



- Um sistema de cabo submarino compreende duas plantas: **A Planta Molhada (Wet Plant) e a Planta Seca (Dry Plant).**
- A Planta Molhada (Wet Plant) é qualquer coisa que toque o mar.
- A Planta Seca (Dry Plant) é qualquer coisa localizada em terra.
- A Planta Molhada (Wet Plant) compreende o cabo em si, os repetidores (tecnicamente, os amplificadores) e a BU – Branch Unit (unidade de ramificação).
- A Planta Seca (Dry Plant) cobre a BMH (um bueiro de praia que é uma espécie de caixa de passagem), a CLS – Cable Landing Station (estação de aterrissagem de cabos), o PFE – Power Feed Equipment (equipamento de alimentação de energia) e o SLTE (equipamento terminal de linha submarina).



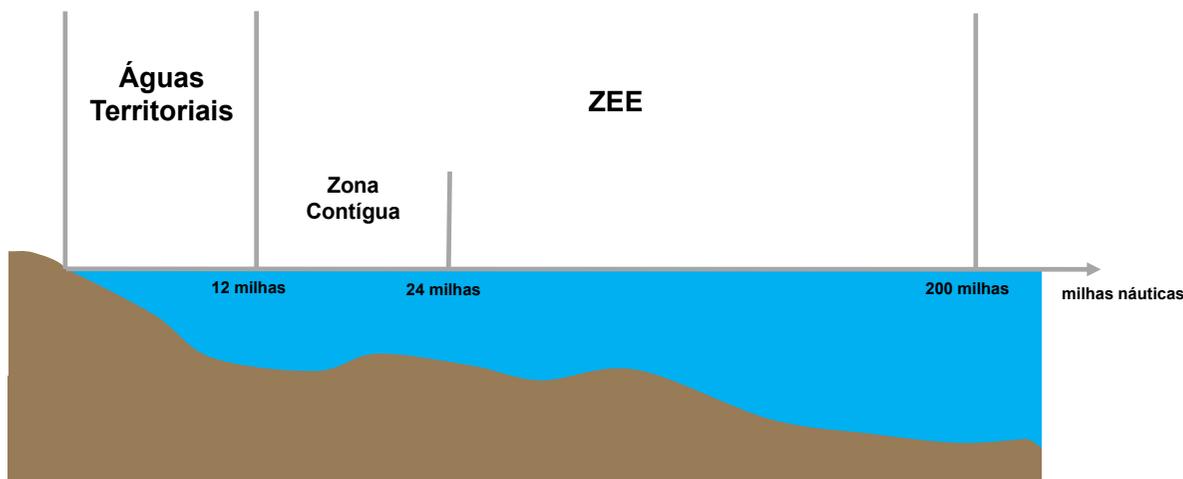
# Um Típico Sistema de Cabo Submarino



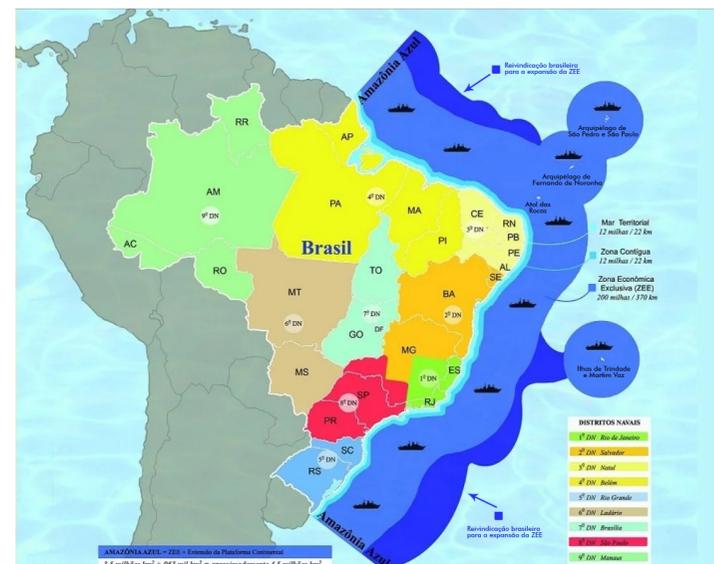


# O Mar Territorial

- O Mar territorial, é uma faixa de águas costeiras que alcança 12 milhas náuticas (22 quilômetros) a partir do litoral de um Estado/País. Esta faixa é considerada parte do território soberano daquele Estado (excetuados os acordos com Estados vizinhos cujas costas distem menos de 24 milhas náuticas (44 quilômetros)). A largura do mar territorial é contada a partir da linha de base, isto é, a linha de baixa-mar ao longo da costa, tal como indicada nas cartas marítimas de grande escala reconhecidas oficialmente pelo Estado costeiro.

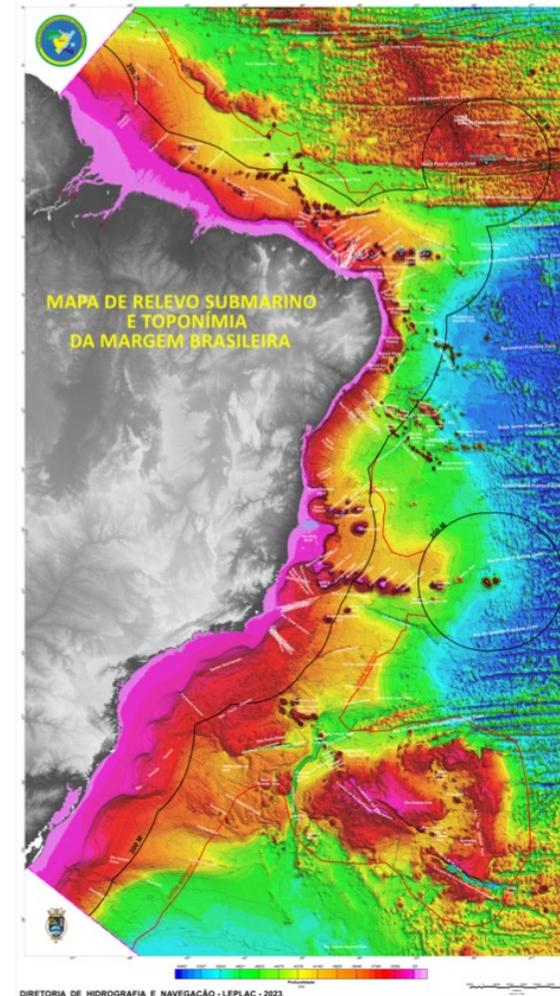


Nota: 1 milha náutica = 1,852 km



# O Mar Territorial

- Dentro do mar territorial, o Estado costeiro dispõe de direitos soberanos idênticos aos de que goza em seu território e suas águas interiores, para exercer jurisdição, aplicar as suas leis e regulamentar o uso e a exploração dos recursos. Entretanto, as embarcações estrangeiras civis e militares têm o "direito de passagem inocente" pelo mar territorial, desde que não violem as leis do Estado costeiro nem constituam ameaça à segurança.
- O mar territorial e seus conceitos correlatos - zona contígua, zona econômica exclusiva, plataforma continental etc. - são regulados pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), de 1982, a UNCLOS.





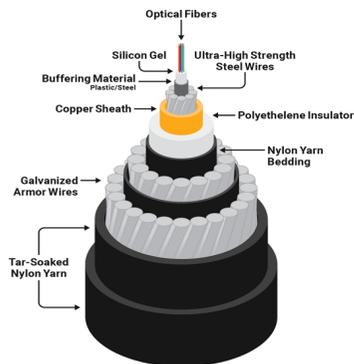
2

## Planta Molhada (Wet Plant)

# O Cabo Submarino (Planta Molhada)



- O cabo físico que é colocado debaixo d'água é composto de várias camadas que fornecem isolamento da água e proteção, transporta energia elétrica que aciona os repetidores e mantém os fios de fibra reais que transportam dados. O cabo é mais grosso perto da costa para proteção contra atividades de pesca, âncoras de barco, etc., e mais fino em águas profundas para manter os custos de construção baixos.



2024



1858



# O Cabo Submarino (Planta Molhada)



## ❑ Função

Proteger a fibra óptica

Energizar os repetidores

## ❑ Propriedades

Óptico

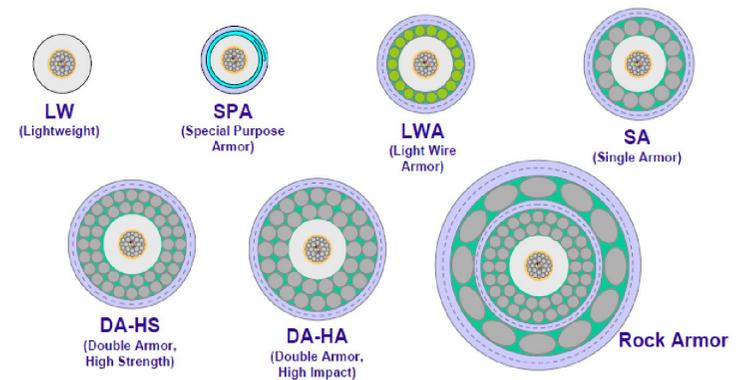
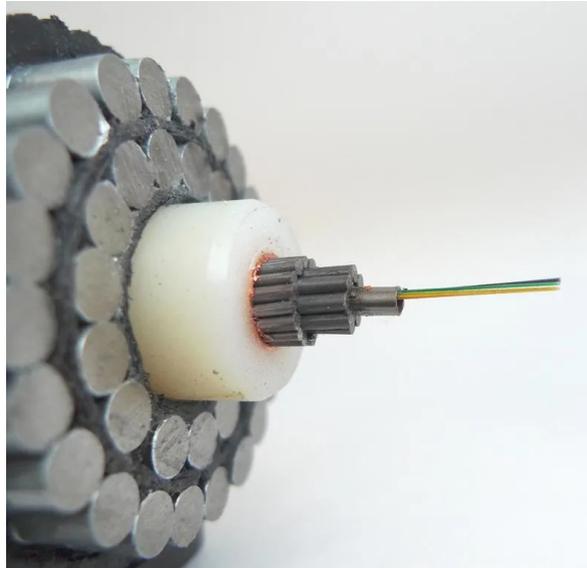
Força mecânica

Pressão

Abrasão

Voltagem

Desenhado para durar 25 anos



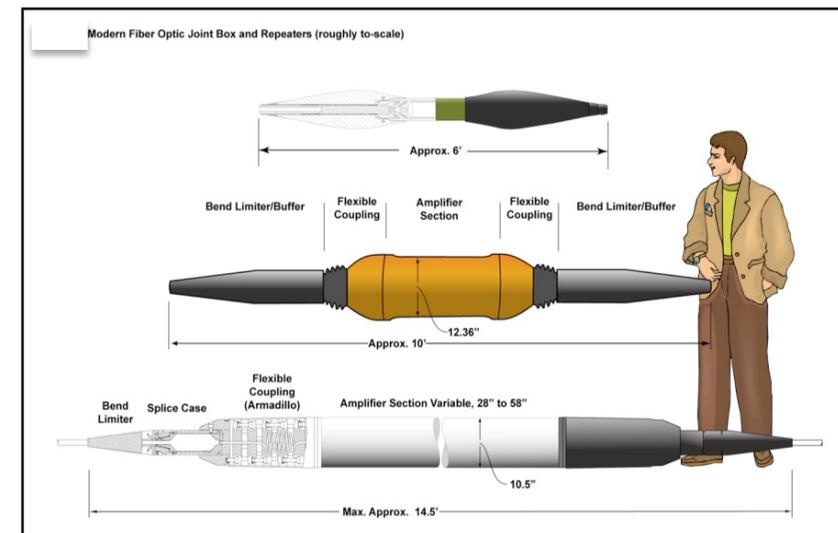
Tipos de cabos e estrutura

Source: OSA

# Os Repetidores (Planta Molhada)



- Os repetidores são conectados no cabo e são responsáveis por amplificar o sinal óptico para garantir que ele permaneça potente o suficiente para detecção na extremidade receptora após viajar milhares de quilômetros. Eles são alojados em um invólucro de titânio para evitar corrosão e suportar as enormes pressões de água em profundidades de até 9.000 metros.



# Os Repetidores (Planta Molhada)



## ❑ Função

Amplificar o sinal óptico após atenuação através da fibra

## ❑ Propriedades

Óptica

Mecânica

Pressão

Voltagem

## ❑ Equipamento Ativo

Lasers de bomba óptica semicondutores

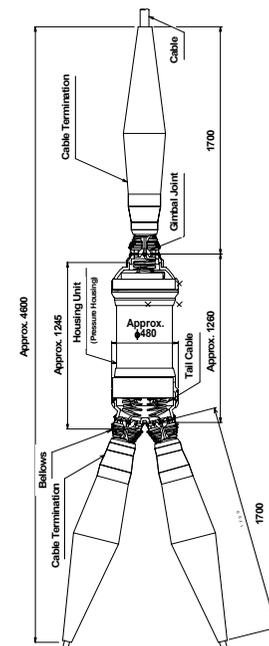
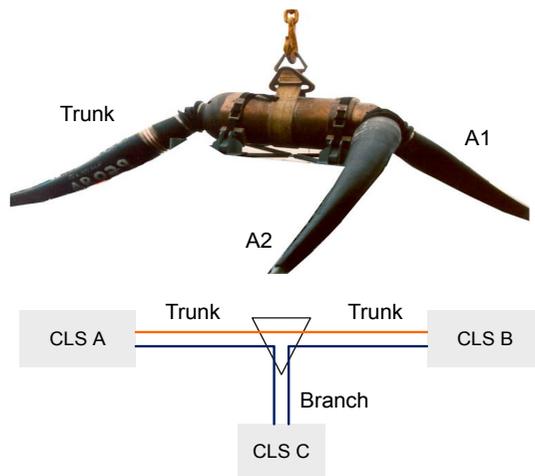
Desenhado para durar 25 anos



# A BU – Branch Unit (Planta Molhada)



- A BU é usada para dividir o sinal óptico do cabo principal e enviar parte dele para outro local enquanto o resto viaja. É assim que um cabo submarino pode "ramificar-se" para atender outros países ao longo de seu caminho entre dois pontos finais. Uma BU é, essencialmente, um OADM (Optical Add-Drop Multiplexer) ou um ROADM (Reconfigurable OADM). Ele pode ser alimentado ou passivo.



# A BU – Branch Unit (Planta Molhada)



## ☐ Função

Deriva o caminho da fibra entre 3 direções.

## ☐ Propriedades

Óptica

Mecânica

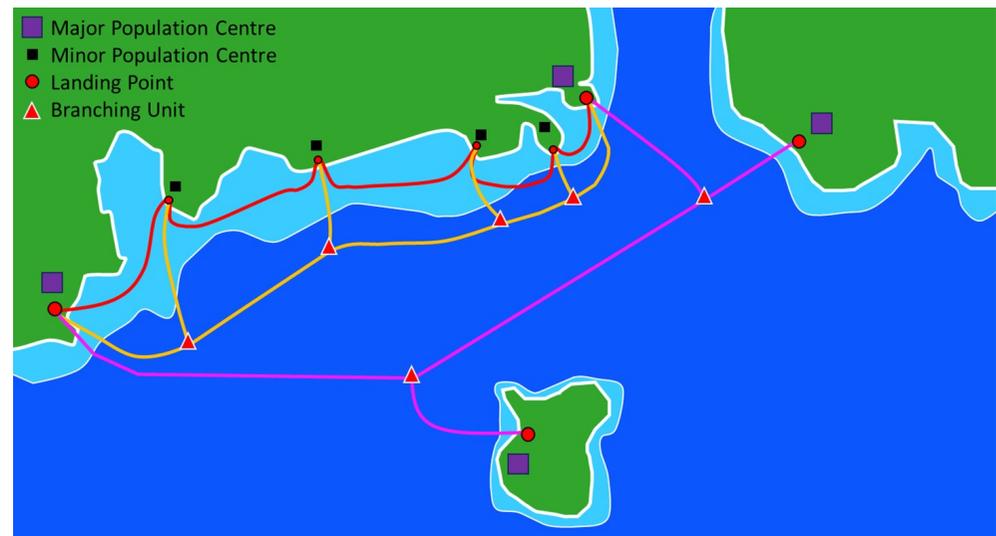
Pressão

Voltagem

## ☐ Equipamento Ativo

Uma BU moderna comuta comprimentos de onda e fibras.

É o equipamento mais complexo da planta molhada.





# 3

## Outros Componentes de Planta Molhada (Wet Plant)

# Cable Ship (Planta Molhada)



- Um Cable Ship é o fator-chave para o instalação e layout de lançamento cabos submarino. As capacidades de carregamento e lançamento de um navio de cabos submarino sempre determinam a velocidade e os custos da engenharia de construção de cabos correspondente, o que afetará significativamente a transmissão de dados entre continentes, ilhas, parques eólicos e outras engenharias de telecomunicações e da industria de óleo e gás offshore.



<https://www.iscpc.org/information/cablesips-of-the-world/>

# Cable Ship (Planta Molhada)



## ❑ Cable Ship Moderno

Embarcação multifuncional para colocação de cabos

Operação e Manutenção

Autonomia: ~46.000km ou 60 dias de campanha

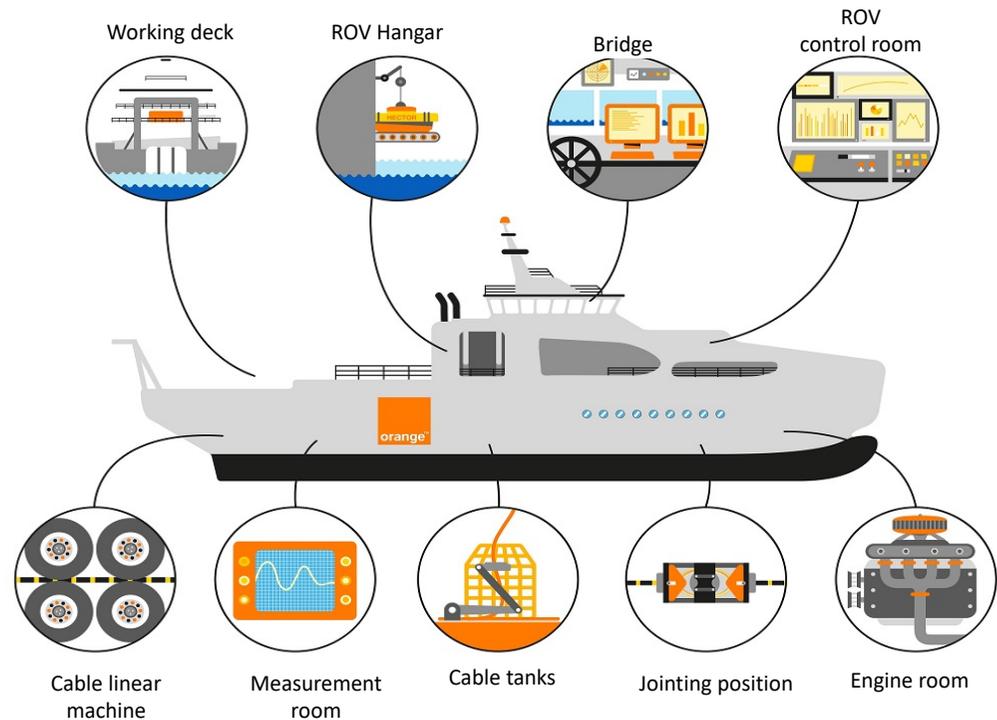
Atracação para 80 pessoas

Comprimento total: ~140m

Altura: ~21m

Calado: ~8.5m

Instala, enterra, repara e mantém cabos



Cable ship

Source: Orange Marine

# Sistemas de enterro – ROVs e PLOWs (Planta Molhada)



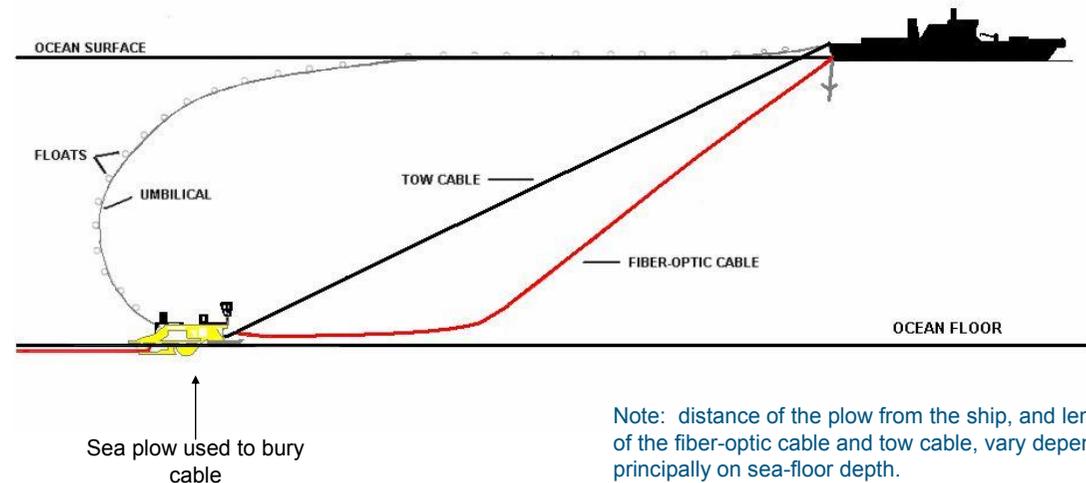
## ❑ Operações Marinhas: ROVs e PLOWs

**ROV** (Remote Operated Vehicle)

**PLOW** (Pipe-And-Cable-Laying Plough)

O enterramento de cabos continua sendo o método de proteção mais eficaz e econômico

Os arados marinho rebocado (PLOW) continuam sendo o padrão da indústria para enterramento de cabos (tipicamente de 1m a 3m em locais de maiores ameaças aos cabos) identificados pela engenharia de rotas.

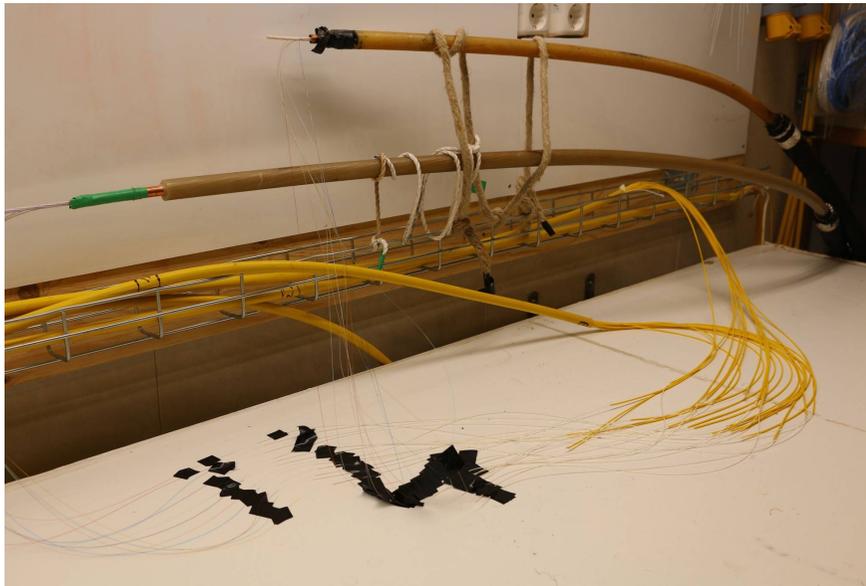


# Mautenção (Planta Molhada)



## □ Operações Marinhas: Manutenção

Operação, Manutenção e Recuperação do cabo



WACS Cable (shunt fault – 2020) na costa oeste da Africa



Vessel Ops



Joining



Fault Locating



Cable Recovery



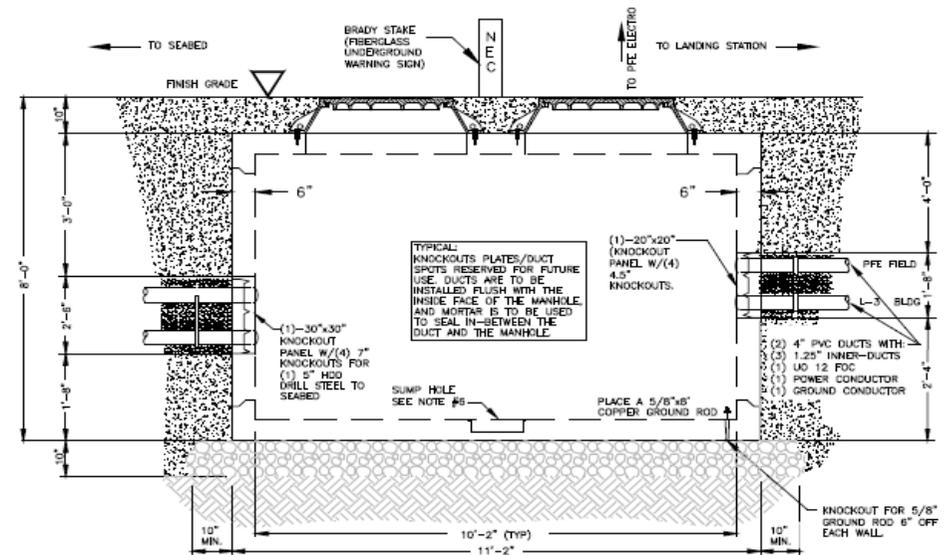
4

## Planta Seca (Dry Plant)

# BMH – Beach Man Hole (Planta Seca)



- A BMH é uma estrutura de concreto construída e enterrada na praia onde o cabo submarino é terminado e roteado para o CLS (Cable Landing Station).



# BMH – Beach Man Hole (Planta Seca)



## □ BMH (Beach Manhole)

Tradicionalmente o ponto onde ocorre a transição/conexão entre o cabo submarino e o cabo terrestre em um processo chamado Shore-End.

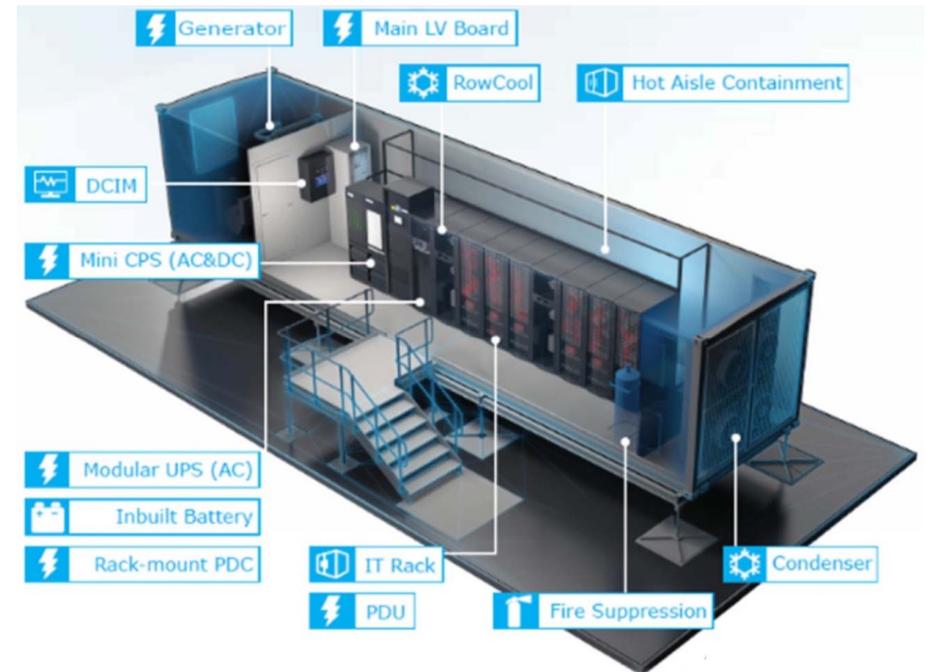
Uma câmara é construída perto do ponto de aterrissagem (land-point) e os “beach-joint” são construídos em seu interior.



# CLS – Cable Landing Station (Planta Seca)



- A CLS é uma estrutura onde todos os equipamentos da planta seca são instalados e onde as fibras ópticas dentro do cabo submarino são conectadas para serviço. Um CLS pode ser um edifício de tijolos e motores ou um contêiner móvel pré-fabricado e autônomo.



# CLS – Cable Landing Station (Planta Seca)



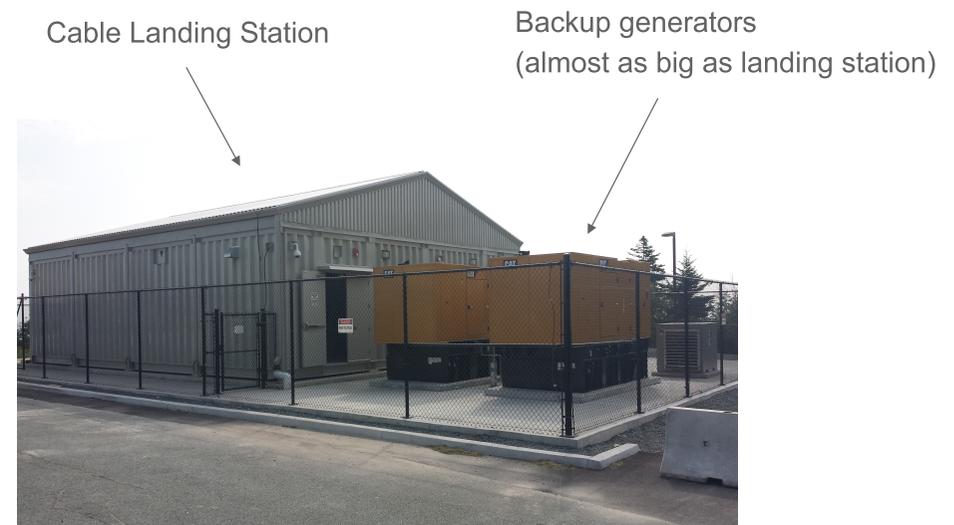
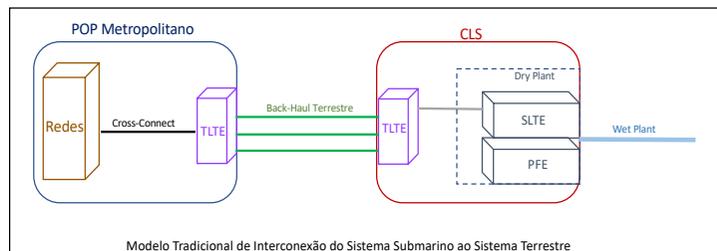
## ❑ Cable Landing Station (CLS)

Termina ou inicia um cabo submarino

Fornece alimentação para o cabo submarino

Fornece um local para o Equipamento de Terminação de Linha Submarina (SLTE)

Fornece um local para interconexão doméstica e/ou internacional



# CLS – Cable Landing Station (Planta Seca)



## □ Tipos de Cable Landing Station (CLS)

**Edifício tradicional:** Um edifício de concreto e aço pode ser construído especificamente para abrigar uma estação de ancoragem de cabo. Esses edifícios são projetados para ter uma vida útil de mais de 50 anos e são construídos levando em consideração a resiliência e durabilidade, especialmente por serem instalações costeiras.

**Estação Containerizada (CCLS):** Uma solução mais moderna e flexível é a utilização de estações containerizadas. Essas estações são construídas dentro de contêiners e podem ser facilmente transportadas e instaladas em diferentes locais. Embora ofereçam algumas vantagens em termos de custo e mobilidade, elas podem não ser tão resilientes quanto os edifícios tradicionais.

**Integração com infraestrutura existente:** Em alguns casos, pode ser possível integrar a estação de ancoragem de cabo em uma infraestrutura existente, como um data center ou um edifício de telecomunicações. Isso pode reduzir os custos de construção e manutenção

# CLS – Cable Landing Station (Planta Seca)



## □ Fatores para escolha de uma Cable Landing Station (CLS)

**Disponibilidade de terrenos:** Espaço suficiente para a instalação da estação de conexão do cabo submarino com os cabos terrestres (BMH), do aterramento elétrico (OGB) e das estações terminais do cabo (CLS).

**Batimetria da área costeira:** escolha preferencial por praia plana na qual a profundidade aumenta suavemente.

**Acessibilidade:** Ser acessível por via terrestre.

**Proximidade da estação terminal terrestre:** esta deve estar localizada dentro do raio de ~5 km da estação de conexão (BMH).

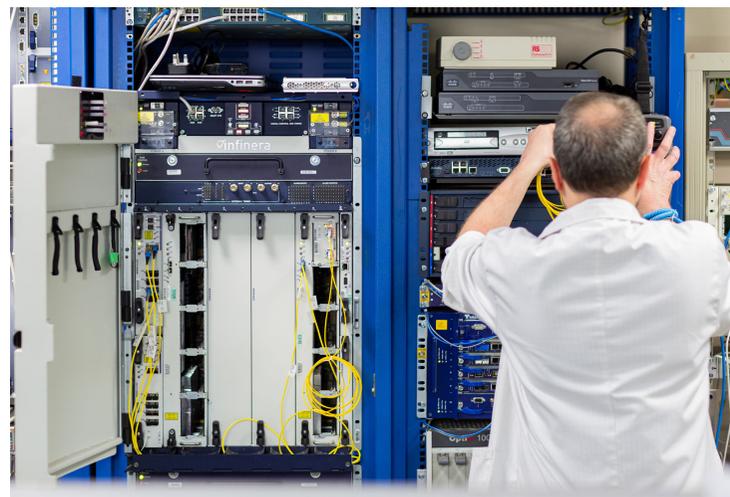
**Possibilidade de conexão com infraestrutura de telecomunicações existentes:** é considerada a possibilidade de conexão com sistemas domésticos existentes.

É importante levar em consideração as condições locais, os requisitos técnicos e as restrições orçamentárias ao decidir qual método de construção é mais adequado para uma estação de ancoragem de cabo em terra. Também deve sempre procurar minimizar os impactos potenciais a pesca e ao turismo, e aos conflitos de uso da terra.

# SLTE – Submarine Line Terminating Equipment (Planta Seca)



- O SLTE é o equipamento óptico DWDM (Dense Wave Division Multiplexing) real que permite a conectividade com a Internet. Esses costumavam ser dispositivos especializados até 2012. Como tecnologias coerentes, os SLTEs são agora exatamente o mesmo equipamento óptico que as operadoras de telecomunicações usam para construir redes de fibra terrestres (baseadas em terra).



# SLTE – Submarine Line Terminating Equipment (Planta Seca)



## Submarine Line Terminating Equipment (SLTE)

Transponders e gerenciamento de energia para cabos. É o “DWDM” do cabo submarino.

Utiliza a tecnologia fotônica mais recente para aproveitar ao máximo o cabo

Ciclo SLTE a cada aproximadamente 5 anos conforme a tecnologia avança (o cabo tem vida útil de 25 anos)

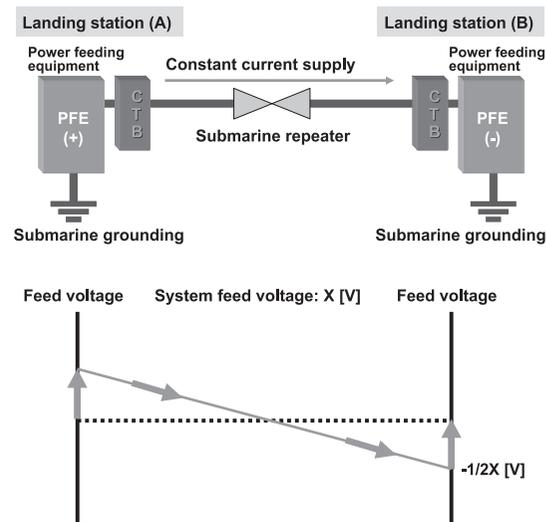
Ciclo de vários SLTE ao longo da vida útil do cabo

	1 <sup>st</sup> Gen Coherent	2 <sup>nd</sup> Gen Coherent	3 <sup>rd</sup> Gen Coherent	4 <sup>th</sup> Gen Coherent
Year	2010	2012-2015	2016-2019	2020+
Data Rate	40G	50G / 100G / 150G / 200G	100G – 400G	200G – 800G
Baud Rate	~11 Gbaud	~28-35 Gbaud	~40-60 Gbaud	~62-95 Gbaud
Highest Order Modulation	QPSK (& BPSK)	16QAM (&BPSK, QPSK, 8QAM)	32QAM (& below)	64QAM (& below)
Key New Technologies	Coherent CD & PMD Comp	1 <sup>st</sup> Gen Features plus: SD-FEC Tx CD pre-dispersion	2 <sup>nd</sup> Gen Features plus: 4D/8D mod formats, custom modulations, Nyquist shaping Improved FEC NCG	3 <sup>rd</sup> Gen Features plus: Const. Shaping (PCS) improved FEC NCG, variable baud rates, Nonlinear comp (NLC), more...
Silicon Process	90nm	28-64nm	16-28nm	7nm

## PFE – Power Feeding Equipment (Planta Seca)



- O PFE fornece eletricidade CC (corrente contínua) para operar os repetidores. Os PFEs podem gerar entre 7.500 até 25.000 volts de eletricidade para suportar as longas distâncias que os sinais ópticos precisam percorrer. Mas, apenas cerca de 1 - 2 amperes de corrente são usados. Entre quaisquer duas CLSs, os PFEs podem fornecer energia de ambas as direções, igualmente. Se um PFE falhar, o PFE restante é projetado para alimentar todo o comprimento desse cabo.



Exemplo de alocação de tensão no caso de alimentação de energia de ambas as estações.

# PFE – Power Feeding Equipment (Planta Seca)



## □ PFE

PFE fornece corrente contínua (CC) para repetidores submarinos através de cabo submarino.

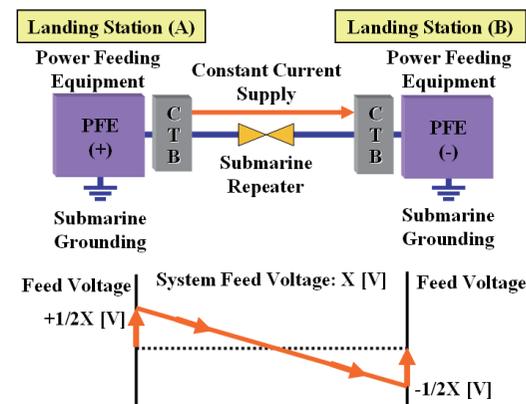
Para melhorar a confiabilidade da fonte de alimentação do sistema, conjuntos PFE capazes de fornecer todos os requisitos de tensão do sistema são instalados nas CLSs em ambas as extremidades dos sistemas.

As tensões a serem fornecidas aos repetidores submarinos são alocadas para fornecer PFE em ambas as extremidades.

Geralmente, cada um dos dois CLSs fornece tensão positiva e negativa correspondente a  $\frac{1}{2}$  da tensão total do sistema.

Se algum dos PFEs falhar, a CLS oposta fornecerá toda a tensão do sistema para permitir um fornecimento de corrente constante aos repetidores submarinos.

Esta redundância do sistema tem como objetivo melhorar a confiabilidade do sistema





# Dúvidas ?

<https://www.linkedin.com/in/rogerio-mariano-065a1340/>

