

**O CABO  
SUBMARINO  
NUM MAR DE  
CONETIVIDADES  
THE SUBMARINE  
CABLE IN A SEA  
OF CONNECTIVITY**

EXPOSIÇÃO / EXHIBITION 19.05.2015 - 30.05.2016 FUNDAÇÃO PORTUGUESA DAS COMUNICAÇÕES

O CABO SUBMARINO NUM MAR DE CONETIVIDADES THE SUBMARINE CABLE IN A SEA OF CONNECTIVITY  
EXPOSIÇÃO/EXHIBITION 19.05.2015-30.05.2016 FUNDAÇÃO PORTUGUESA DAS COMUNICAÇÕES



## Índice/Contents

- 7 Depoimentos/Testemonies
- 17 Introdução/Introduction
- 19 O fundo marinho, a plataforma natural dos cabos submarinos  
The seabed, the natural platform for submarine cables
- 21 O cabo submarino na comunicação telegráfica  
The submarine cable in telegraphic communication
- 28 O cabo submarino coaxial na comunicação telefónica  
The coaxial submarine cable in telephone communication
- 31 O cabo submarino ótico na comunicação multimédia  
The optical submarine cable in multimedia communication
- 35 Tecnologia, técnicas e configurações dos atuais sistemas  
Technology, techniques and configurations of current optical submarine systems
- 37 A Comemoração do 150º Aniversário da União Internacional de Telecomunicações (UIT)  
Commemoration of the 150th Anniversary of the International Telecommunication Union (ITU)
- 43 Anexos/Appendices
- 49 Bibliografia/Bibliography
- 53 Ficha técnica da exposição e catálogo  
Exhibition and catalogue datasheet





Mapa da Cable & Wireless mostrando as ligações entre o Reino Unido e o seu vasto Império (1945).  
Cable & Wireless map showing the links between the United Kingdom and their vast Empire (1945).

# DEPOIMENTO/INTRODUCTION

## AUTORIDADE NACIONAL DE COMUNICAÇÕES

Ao longo dos seus 150 anos de existência a União Internacional das Telecomunicações (UIT)<sup>1</sup>, a mais antiga organização intergovernamental, tem vindo a dar um contributo inestimável para o desenvolvimento acelerado das telecomunicações a nível global, contribuindo para diminuir distâncias, aproximar os povos e culturas e facilitar o acesso à informação também entre as populações mais desfavorecidas.

Sendo Portugal signatário da UIT desde a sua constituição, na primeira conferência em Paris, em 1865, a Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM)<sup>2</sup> não podia deixar de se juntar às comemorações dos 150 anos da UIT. Para isso decidiu promover uma exposição centrada num tema no qual Portugal se destacou, a nível mundial, e contribuiu para o desenvolvimento das telecomunicações no panorama internacional: a rede de cabos submarinos. De facto, a posição geoestratégica de Portugal e a sua vocação atlântica, aliada a uma forte capacidade de inovação, permitiram que Portugal tivesse tido um papel relevante no desenvolvimento de tecnologias e equipamentos relacionados com os cabos submarinos.

“O cabo submarino num mar de conectividades” é assim o tema da exposição organizada pela ANACOM com o intuito de dar a conhecer a importância dos cabos submarinos nas comunicações eletromagnéticas ao longo dos últimos 150 anos. A exposição conta com o Alto Patrocínio de Sua Excelência o Presidente da República tendo os trabalhos

Over its 150 year history, the International Telecommunication Union (ITU)<sup>1</sup>, the world’s oldest intergovernmental organisation, has made an invaluable contribution to the rapid development of worldwide telecommunications, helping to shrink distances, bring peoples and cultures together and facilitate widespread access to information, including among the world’s most disadvantaged populations.

Given that Portugal has been a signatory to the ITU since its establishment at the first conference in Paris in 1865, Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM)<sup>2</sup> could not but take part in the celebrations marking the ITU’s 150th anniversary. And so it was that ANACOM decided to organise an exhibition focused on an area in which Portugal has been a world leader, an area which has contributed to the development of telecommunications at an international level: the submarine cable network. Indeed, given its geo-strategic location and its Atlantic outlook, combined with a strong capacity for innovation, Portugal has been able to take a key role in the development of submarine cable technologies and equipment.

“The Submarine Cable in a Sea of Connectivity” has been organised by ANACOM as an exhibition that will demonstrate the importance of the submarine cable in electromagnetic communications over the past 150 years. The exhibition has been granted the High Patronage of His Excellency, the President of the Republic of Portugal and is coordinated by Fundação Portuguesa das Comunicações (Portuguese Communications Foundation).

---

(1) A União Internacional das Telecomunicações (UIT) teve a sua génese em 17 de maio de 1865, quando em Paris foi assinada por 20 países, entre os quais Portugal, a primeira Convenção Telegráfica Internacional. A UIT (desde 1947 agência especializada das Nações Unidas para as telecomunicações) é composta por 193 Estados Membros e mais de 700 entidades com interesses no sector das telecomunicações, incluindo operadores e fabricantes. O objetivo da UIT é assegurar a cooperação internacional nas áreas de regulação, normalização e desenvolvimento das telecomunicações, incluindo a gestão do espectro e as órbitas de satélites.

(2) A ANACOM assume a função de administração portuguesa junto da UIT, assegurando a regular representação de Portugal na organização, sem prejuízo das competências do Governo.

---

(1) The International Telecommunication Union (ITU) was conceived on 17 May 1865, when the first International Telegraph Convention was signed in Paris by 20 countries, including Portugal. The ITU (a specialized agency of the United Nations for telecommunications since 1947) is made up of 193 Member States and over 700 entities with interests in the telecommunications sector, including operators and manufacturers. The ITU’s objective is to provide international cooperation in the areas of regulation, standardization and development of telecommunications, including spectrum management and satellite orbits.

(2) ANACOM assumes the function of the Portuguese administration at the ITU, providing ongoing representation of Portugal at the Union, notwithstanding the authority of the Government.



de coordenação ficado a cargo da Fundação Portuguesa das Comunicações.

Muitos desconhecem que o cabo submarino é o meio de comunicação que suporta a quase totalidade do tráfego internacional permitindo por isso o desenvolvimento e a sustentabilidade da sociedade de informação. Este meio de comunicação é também uma plataforma por excelência para a introdução de tecnologias de ponta que gradualmente são adotadas noutras redes nomeadamente nas Redes de Acesso de Nova Geração.

Ao longo dos seus 150 anos, as atribuições da UIT têm contribuído para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de normas técnicas abertas e não discriminatórias, acompanhando as inovações tecnológicas das telecomunicações, os desafios da era da Internet e do sector das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). A UIT teve e continuará a ter um contributo inestimável para o “mundo ligado” e mais inclusivo em que hoje vivemos. Este é também um dos objetivos da ANACOM.

Esta exposição pretende contribuir para a divulgação do papel desempenhado pelos cabos submarinos nas comunicações internacionais e do seu contributo para o desenvolvimento da sociedade da informação e da ligação entre continentes.

A ANACOM agradece a coordenação da Fundação Portuguesa das Comunicações (FPC), ao comissariado, aos apoiantes institucionais e a todos os que contribuíram para a realização da exposição.

*Fátima Barros*  
Presidente do Conselho de Administração da ANACOM

Many of us are unaware that the submarine cable is the single medium of communication that supports almost all international traffic, and therefore unaware how instrumental the submarine cable is to the development and sustainability of today's information society. It also provides an excellent platform for the introduction of cutting edge technologies which are then gradually adopted into other networks, including Next Generation Access Networks.

Over the last 150 years, the ITU's work has contributed to the development and improvement of open and non-discriminatory technical standards, keeping pace with technological innovations in telecommunications, and the challenges of the Internet age and of the Information and Communication Technology (ICT) sector. The ITU has made and will continue to make an invaluable contribution to the accomplishment of the more inclusive “connected world” we live in today. This is a goal that is shared by ANACOM in its own work.

This exhibition aims to inform visitors about of the role of submarine cables in international communications and about their contribution to the development of the information society and to connecting the world's continents.

ANACOM is grateful for the coordination provided by FPC - Fundação Portuguesa das Comunicações (Portuguese Communications Foundation), the exhibition's Commissary, its institutional supporters and to everyone else who has contributed to the exhibition's organisation and success.

*Fátima Barros*  
Chair of ANACOM's Board of Directors

## DEPOIMENTO/INTRODUCTION FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA

A Ciência é um empreendimento genuinamente global, tanto no seu impacto, como na forma como a investigação científica é realizada – reunindo cientistas em diferentes cidades, diferentes países e até diferentes continentes. Na Ciência moderna é a comunicação e a colaboração entre equipas de investigação que possibilitam o avanço do conhecimento, em todas as áreas da Ciência e da Tecnologia. Assim tem sido sempre, mas certamente nunca mais do que agora. O volume crescente de dados científicos, produzidos em todo o mundo, requer tecnologias de armazenamento, de partilha e de análise de dados cada vez mais poderosas, tendo como base a espantosa invenção que é a Internet e também o desenvolvimento contínuo da rede de cabos submarinos em fibra óptica. Estes são as “autoestradas” físicas para as comunicações de alta velocidade via Internet, tão necessárias à comunidade científica internacional.

Como a Agência pública que apoia a Ciência, a investigação e a inovação, em todas as áreas científicas, em todo o país, é com muito prazer que a Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) se associa a esta exposição. A visão da FCT é de estabelecer Portugal como uma referência internacional em Ciência, Tecnologia e Inovação, e também de assegurar que o conhecimento gerado pela investigação científica é plenamente utilizado para o crescimento económico e o bem-estar dos cidadãos.

A FCT representa a comunidade científica nacional em várias organizações internacionais, assegurando a participação dos investigadores em projetos de investigação de ponta, muitos, se não todos, dependentes de comunicações trans-Atlânticas através da rede de cabos submarinos. Entre estes grandes projetos está a detecção e estudo dos constituintes básicos da matéria e da anti-matéria, no *Large Hadron Collider* do CERN (Organização Europeia para a Investigação Nuclear) e a demonstração da viabilidade científica e tecnológica da energia de fusão, no ITER - *International Thermonuclear Experimental Reactor*. O Universo guarda ainda muitos segredos, que são alvo de projetos científicos e tecnológicos muito ambiciosos, verdadeiramente globais, e que contam com

Science is a genuinely global endeavour, not just in terms of its impact, but also in the way scientific research is carried out – bringing together scientists from different cities, different countries and even different continents. In all areas of modern science and technology, the advancement of knowledge depends on communication and cooperation between different research teams. So it has always been, but certainly never more than now. The growing volume of scientific data produced worldwide requires increasingly powerful technologies to enable the storage, sharing and analysis of data, based on the amazing invention that is the Internet, and also the continued development of optical fibre submarine cable networks. These are the physical “highways” of the high-speed Internet communications that are so important to the international scientific community.

As a public Foundation that supports science, research and innovation, in all scientific areas across Portugal, it is with great pleasure that FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia (Foundation for Science and Technology) has become associated with this exhibition. FCT’s vision is to establish Portugal as an international reference in science, technology and innovation, and to ensure that the knowledge generated by scientific research is properly harnessed to achieve economic growth and for the well-being of citizens.

FCT represents Portugal’s scientific community at various international organisations, ensuring the participation of researchers in cutting-edge projects – many of these projects, if not all, are dependent on trans-Atlantic communications through the submarine cable network. Today, major projects include the detection and study of the basic constituents of matter and antimatter at the Large Hadron Collider, built by CERN - European Organisation for Nuclear Research, and the demonstration of the scientific and technological feasibility of fusion energy at ITER - International Thermonuclear Experimental Reactor. The Universe still holds many secrets, which are being sought out by highly ambitious scientific and technological projects taking place on a truly global scale and including the participation of Portuguese scientists: the Square Kilometre



a participação de cientistas portugueses: o *Square Kilometre Array* (SKA), que será o maior radiotelescópio do mundo, e o *European Extremely Large Telescope* (E-ELT), um telescópio ótico a ser construído pelo Observatório Europeu do Sul (ESO).

Incluída na missão da FCT está a gestão e operação da Rede Ciência, Tecnologia e Sociedade (RCTS), que é a *National Research and Education Network* (NREN) – uma plataforma avançada para o desenvolvimento e implementação de aplicações e serviços avançados de comunicação, para as comunidades científica e educativas. A RCTS é uma das NRENS europeias e latino-americanas que constituem o consórcio BELLA (*Building European Link to Latin America*). O BELLA foi implementado para assegurar financiamento europeu que permita dedicar à Ciência parte da capacidade de um novo cabo submarino ótico entre a Europa (Portugal) e a América Latina (Brasil). Este cabo irá aproximar os dois continentes e impulsionar a educação, a investigação científica e a inovação.

*Maria Arménia Carrondo*  
Presidente da FCT

Array (SKA), which will be the world's largest radio telescope, and the European Extremely Large Telescope (E-ELT), an optical telescope being built by the European Southern Observatory (ESO).

As part of its mission, FCT is responsible for the management and operation of RCTS - Rede Ciência, Tecnologia e Sociedade (Science, Technology and Society Network). Operating as Portugal's National Research and Education Network (NREN), the RCTS is an advanced platform for the development and implementation of advanced communication applications and services for the scientific and educational community. The RCTS is one of the NRENs from Europe and Latin America participating in the BELLA Consortium (Building European Link to Latin America). The Consortium was set up to secure European funding, so that part of the capacity of a new optical submarine cable between Europe (Portugal) and Latin America (Brazil) can be reserved for use by Science. This cable will bring the two continents closer together and provide a boost to education, scientific research and innovation.

*Maria Arménia Carrondo*  
President of FCT

## DEPOIMENTO/INTRODUCTION FUNDAÇÃO PORTUGUESA DAS COMUNICAÇÕES

Criada em 1997, a Fundação Portuguesa das Comunicações, tem vindo, diariamente a construir a sua história, a ocupar o seu espaço na sociedade e a afirmar-se, alicerçando saberes, competências e memórias que ajudam a decifrar e a demonstrar a sua razão de ser e a sua identidade.

É precisamente nesse caminho que a Fundação se associa todos os anos às comemorações do Dia Mundial das Telecomunicações e da Sociedade da Informação (DMTSI 2015) que, este ano, coincide com a celebração do 150º aniversário da UIT, tendo como tema sugerido pela União, a evocação durante todo o ano do papel das TIC como motores da inovação.

O tema serviu de mote e inspiração ao devido reconhecimento da importância dos cabos submarinos no desenvolvimento do futuro das Telecomunicações e da Sociedade da Informação e do Conhecimento, de que resultou a realização da exposição “O cabo submarino num mar de conectividades”.

A FPC gostaria de deixar aqui o seu grato reconhecimento a todos os que tornaram possível a excelência do projecto expositivo e do presente catálogo.

Este objectivo não poderia ter sido possível alcançar se não pudessemos contar com o Alto Patrocínio de Sua Excelência o Presidente da República, do Promotor da exposição, a Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM), dos apoios institucionais do Governo Regional dos Açores, da Marinha Portuguesa, da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), da PT Portugal e dos CTT - Correios de Portugal, bem como de todas as empresas do sector privado, museus e universidades nacionais e internacionais pelo seu inestimável contributo.

Esperemos que esta exposição tenha cumprido o seu desígnio de estimular a reflexão e a partilha de informação sobre a relevância das telecomunicações em geral e dos cabos submarinos em particular na busca de um mundo melhor, na dinamização da economia e do bem estar dos cidadãos, num incentivo ao dinamismo e inovação, promovendo a inclusividade e a igualdade de acesso aos

Set up in 1997, Fundação Portuguesa das Comunicações (Portuguese Communications Foundation) has spent each day building history, cementing its place in society and asserting its role in forging a solid base of knowledge, skills and memories that help decipher and demonstrate its goals and its identity.

It is precisely on this basis that, each year, the Foundation takes part in the celebrations that mark World Telecommunication and Information Society Day (WTISD), which this year coincide with the 150th anniversary of the ITU; the theme of these celebrations (as suggested by the ITU) is to recall, over the course of the year, the role of ICTs as drivers of innovation.

The theme served as a calling and inspiration to give due recognition to the importance of submarine cables in the future of Telecommunications and in the development of the Information and Knowledge Society, resulting in the exhibition “The Submarine Cable in a Sea of Connectivity”.

FPC would like to express its gratitude to all those who made this outstanding exhibition possible and to all those who contributed to this catalogue.

Our objectives could never have been achieved without the High Patronage of His Excellency, the President of the Republic of Portugal, without the work and contribution of Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) as the exhibition’s promoter, the institutional support provided by Governo Regional dos Açores, the Portuguese Navy, FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia (Foundation for Science and Technology), PT Portugal and CTT - Correios de Portugal, or without the invaluable contribution provided by various companies from the private sector and by national and international universities and museums.

We hope that this exhibition has fulfilled its purpose of stimulating reflection and sharing information on the importance of telecommunications in general and submarine cables in particular in our pursuit of a better world,

meios de comunicação e, em geral, aos direitos fundamentais da cidadania universal.

*Luís Andrade*  
Presidente do Conselho  
de Administração da FPC

in boosting the economy and in ensuring the well-being of citizens, by fostering dynamism and innovation, promoting inclusiveness and equality in access to communications and, in general, upholding the basic rights of universal citizenship.

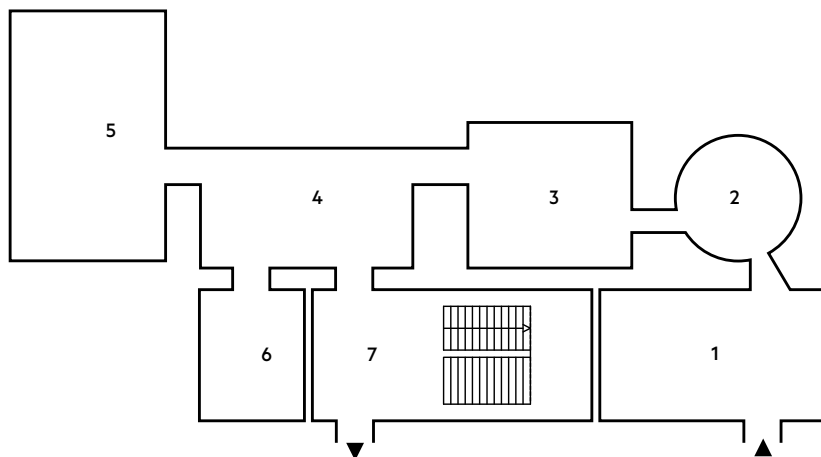
*Luís Andrade*  
Chairman of the Board of Directors, FPC







Vista a partir da sala "O fundo marinho, a plataforma natural dos cabos submarino".  
View from the room "The seabed, the natural platform for submarine cables".



O cabo submarino num mar de conectividades  
planta da exposição  
The submarine cable in a sea of connectivity  
exhibition plan

- (1) O fundo marinho, a plataforma natural dos cabos submarinos  
The seabed, the natural platform for submarine cables
- (2) Tempo, espaço, vertigem / Time, space, vertigo
- (3) O cabo submarino na comunicação telegráfica  
The submarine cable in the telegraphic communication
- (4) Cronologia, técnicas e configurações dos cabos submarinos  
Timeline, techniques and configurations of submarine cables
- (5) O cabo submarino coaxial – O cabo submarino ótico  
The coaxial submarine cable – The optical submarine cable
- (6) Projeção cubo imersivo / Immersive 3D projection
- (7) Documentação histórica / Historical documents

## DEPOIMENTO/INTRODUCTION COMISSÁRIO/COMMISSARY

Um cabo submarino não é mais do que alguns fios de vidro, que antes eram de cobre, protegidos por plástico e fios de aço e com alguns equipamentos a ele ligado, no qual circulam fótons, antes elétrons. É, no entanto, ele que possibilita a comunicação quase imediata de grandes volumes de informação entre nações e continentes, continuando a ter um papel relevante e de enorme impacto nas relações sociais, económicas e políticas atuais.

Se no tempo dos Impérios do século XIX e parte do século XX se assistiu a uma verdadeira revolução na forma e rapidez das comunicações intercontinentais, passando-se da entrega de mensagens por barco, cuja viagem demorava semanas, para a sua transmissão em sinal elétrico, em quase tempo real, hoje, no tempo da Sociedade da Informação, assistiu-se, na última década a uma revolução na quantidade e variedade da informação transmitida, com a capacidade dos cabos submarinos multiplicada por milhares, permitindo débitos de transmissão de milhões de pacotes de dados por segundo. Indiscutivelmente, a rede internacional de cabos submarinos proporciona um dos mais importantes alicerces infra estruturais para o desenvolvimento das sociedades e das nações, no contexto de uma economia verdadeiramente global.

Mas para além da importância do seu papel como atual autoestrada eletrónica submarina, desde logo há a destacar dois aspetos muito particulares e marcantes que distinguem os cabos submarinos dos cabos terrestres e que tanto entusiasma e apaixonam os profissionais da área: a primeira, é o próprio ambiente internacional em que se desenvolvem as diferentes valências nos projetos daqueles sistemas; a segunda, é o conjunto de técnicas e tecnologias específicas associadas à colocação e manutenção dos cabos submarinos no mundo do fundo marinho.

Estes são aspectos que são tratados de forma detalhada na presente exposição “O cabo submarino num mar de conectividades” que tive o gosto de comissariar.

Tendo iniciado há perto de 35 anos a minha atividade profissional nas telecomunicações a conviver com os cabos submarinos, fiz parte do excelente corpo de profissionais da então Companhia Portuguesa Rádio

A submarine cable is nothing more than a set of glass fibres (previously copper wires), protected by plastic and steel wire, with some equipment attached, allowing the circulation of photons (previously electrons). This, however, is what enables almost instant communication of large volumes of information between nations and continents, so that the submarine cable continues to play a decisive role and have immense impact on today’s global social, economic and political relations.

At the time of the Empires of the 19<sup>th</sup> and early 20<sup>th</sup> centuries a revolution occurred either in the way as in the speed of overseas communications with messages that took weeks by boat began to be transmitted in near real time by electric signal. Nowadays, right in the Information Society age, particularly over the last decade, another revolution occurs with the astonishing increase in the amount and variety of information transmitted over the capacities of optical submarine cables, enabling transmission debits of millions data packets per second. Undoubtedly, the international submarine cable network provides one of the most important infra structural foundations for the development of whole societies and nations within a truly global economy

Furthermore, there are two very particular and striking aspects that should also be highlighted from the outset, distinguishing submarine cables from terrestrial cables, and both of which instil excitement and passion among the sector’s professionals: the first is the international environment in which the different valences of the projects to deploy these systems are developed; the second is the specific set of techniques and technologies associated with the laying and maintenance of submarine cables in the seabed’s world.

These are aspects that are dealt with in detail in this exhibition “The Submarine Cable in a Sea of Connectivity”, of which I have the pleasure of being Commissary.

It was nearly 35 years ago that I started working in telecommunications, in the world of submarine cables at Companhia Portuguesa Rádio Marconi (CPRM), then concessionaire of the Portuguese State for the construction and operation of submarine telephone cables. It was CPRM and its outstanding staff who

Marconi -CPRM-, a concessionária do Estado Português para a construção e exploração dos cabos submarinos telefónicos e à qual devo a possibilidade de ter desenvolvido capacidades, conhecimentos e experiência que me permitiu moldar as devidas competências profissionais. Ao longo desses anos, na CPRM e mais tarde na Portugal Telecom, na sequência de processo de fusão das empresas, tive responsabilidades diretas, durante 20 anos, como primeiro responsável no planeamento e gestão da rede internacional, assim como na gestão dos respetivos tráfegos de que os cabos submarinos eram suporte. Como representante dessas empresas, participei nos comités internacionais associados aos vários consórcios de instalação e gestão dos cabos submarinos internacionais.

Já nos últimos anos, fui convidado como perito formador num programa de formação em cabos submarinos para os países de Língua Portuguesa e com a chancela da União Internacional de Telecomunicações - UIT.

A União Internacional de Telecomunicações, ao celebrar os seus 150 anos de vida, desafiou os vários países a desenvolverem iniciativas que melhor pudessem ilustrar a história das telecomunicações, em particular destacando eventos e contextos que, de forma decisiva, contribuíram para o modo como a comunicação entre povos se foi alterando. A Fundação Portuguesa das Comunicações e o seu instituidor ANACOM, aceitou este desafio e decidiu realizar uma exposição sobre os cabos submarinos, cuja história é aliás contemporânea à da própria UIT, dada a importância que Portugal teve e continua a ter na rede de meios de transmissão internacionais, como ponto de amarração de cabos internacionais e de concomitante distribuição de tráfegos, ao longo dos seus quase 150 anos.

Foi neste contexto que gentilmente me foi dirigido um convite, pelo então Presidente do Conselho de Administração, Eng.º José Luís Almeida Mota, para organizar esta exposição, como seu Comissário, de modo que fosse contada a história das tecnologias dos cabos submarinos e seu impacto nas telecomunicações internacionais portuguesas e no mundo, função da qual tenho tirado imenso prazer e cujos objetivos julgo terem sido alcançados. No entanto, tal desiderato só tem sido possível com o esforço e esmerado empenho dum grupo de profissionais que comigo tem colaborado e que, não sendo, por razões editoriais, possível enunciar-los aqui, quero, desde já, publicamente agradecer a todos.

*José Morais de Oliveira*

gave me the opportunity to develop the capabilities, knowledge and experience that have enabled me to construct the necessary professional skill set over my career.

Over these years, first at CPRM and later at Portugal Telecom, following the merger between the two companies, I had direct responsibilities, for 20 years as the head of planning and management of the international network, and I was also responsible for the management of the traffic which submarine cables carried. As a representative of these companies, I participated in the international committees associated with the various consortia set up to deploy and manage international submarine cables.

In recent years, I was invited to take part as an expert trainer in a programme to provide training in submarine cables to Portuguese-speaking countries under the chancellery of the International Telecommunication Union (ITU).

In celebrating its 150 anniversary, the International Telecommunication Union challenged a number of countries to develop initiatives that could better illustrate the history of telecommunications, in particular highlighting events and contexts which contributed decisively to the way communication among people has been changing. Fundação Portuguesa das Comunicações (Portuguese Communications Foundation) and its founder ANACOM, took on this challenge and determined to host an exhibition on submarine cables, whose history is nonetheless a contemporary story and a story central to the ITU, given the importance that Portugal has had and continues to have in terms of the International transmission network, as a landing point for international cables and traffic distribution over 150 years.

In this context, I was kindly invited by the then Chairman of the Board of Directors, José Luís Almeida Mota, to organise this exhibition, as its Comissário, so that the story of submarine cables and their technologies can be told – of how they have impacted international telecommunications in Portugal and the world. This is an invitation and role that I accepted with immense pleasure and whose objectives I believe we have achieved, if only because of the commitment and painstaking efforts of the professionals who have worked by my side, yet cannot, for editorial reasons, all be listed here. I would like, therefore, to take this opportunity to publicly thank everyone involved.

*José Morais de Oliveira*

## INTRODUÇÃO

*É verdade que um cabo submarino não é uma coisa que qualquer um possa ver, como uma ponte gigantesca, um arranha-céus ou um navio. Faz o seu trabalho na escuridão das profundezas, num mundo inimaginável na escuridão e frio e pressão eternos, povoado por criaturas que nenhum homem podia ter concebido no delírio mais desenfreado. Contudo, desempenha uma função vital como a dos nervos no corpo humano; é uma parte essencial do sistema mundial das comunicações que, se alguma vez falhasse, nos atiraria instantaneamente de volta para o isolamento dos nossos antepassados.*

Arthur C. Clarke, criador do conceito dos satélites para comunicações, no seu livro “How the World Was One: Beyond the Global Village”

A exposição “O cabo submarino num mar de conectividades”, levada a cabo na Fundação Portuguesa das Comunicações, propõe-se dar a conhecer a importância dos cabos submarinos nas comunicações globais, ao longo dos últimos 150 anos.

Nela são apresentados os aspectos mais significativos das tecnologias e técnicas aplicadas na instalação e operação dos cabos submarinos, ao longo daquele período e de uma forma integrada no respetivo momento histórico.

A exposição foca ainda os impactos tecnológicos, económicos e sociais das comunicações globais na área das tecnologias da informação e comunicação (TIC), não esquecendo o papel relevante de Portugal nesta matéria, graças à sua posição geoestratégica. Foi assim no passado e assim queremos que seja no futuro!

O futuro das comunicações continuará, seguramente a passar pelo fundo do mar onde, de forma discreta e insuspeita para a maior parte das populações, os cabos submarinos têm desempenhado um papel fundamental.

Para quem teve a oportunidade de visitar a exposição ou para os leitores desta publicação, deixará de ser assim!

## INTRODUCTION

*It is true that a submarine cable is not something that everyone can see, like a giant bridge, a skyscraper or an ocean liner. It does its work in the darkness of the abyss, in an unimaginable world of eternal night, cold and pressure, peopled by creatures which no man could have conceived even in the wildest delirium. Yet it serves a function as vital as that of the nerves in the human body; It is an essential part of the world's communication system – which, if it ever failed, would throw us back instantly into the isolation of our ancestors.*

Arthur C. Clarke, creator of the concept of communications satellites, in his book “How the World Was One: Beyond the Global Village”

The exhibition “The Submarine Cable in a Sea of Connectivity” hosted by Fundação Portuguesa das Comunicações (Portuguese Communications Foundation) seeks to demonstrate the importance of submarine cables in global communications, over the past 150 years.

The exhibition presents the most significant aspects of the technologies and techniques used in the laying and operation of submarine cables over that period and in the context of the historical moment.

The exhibition also focuses on the technological, economic and social impact of global communications in the area of information and communication technologies (ICT), while highlighting the role which Portugal, thanks to its geo-strategic position, has had in this area. It was so in the past and so we want it to be in the future!

The future of communications will surely continue to involve the ocean floor, where, discreetly and unsuspected by most people, submarine cables continue to play a key role.

For those who have the opportunity to visit the exhibition or for readers of this publication, this will be a world no longer hidden from them!





Panorâmica da sala  
"O fundo marinho,  
a plataforma natural  
dos cabos submarino".  
Mergulhador, sistema  
de sonar lateral e ROV –  
*remote operated vehicle*  
– veículo robotizado  
operado remotamente.  
Room overview "The  
seabed, the natural  
platform of submarine  
cables". Diver, side scan  
sonar and ROV – remote  
operated vehicle.

## TEMAS EM DESTAQUE NA EXPOSIÇÃO

- A comunicação nos Impérios (do século XIX a meados do século XX) – os cabos telegráficos e a alternativa via rádio.
- A comunicação entre as Nações (na 2.ª metade do século XX) – os cabos telefónicos e a alternativa via satélite.
- A comunicação entre as pessoas e o desenvolvimento da Internet (desde os finais do século XX) – os cabos de fibra ótica e a comunicação multimédia.
- O estado atual da investigação na indústria das comunicações óticas, em particular dos cabos submarinos.

Para ilustrar a exposição, recorreu-se a elementos iconográficos e a peças originais dos cabos submarinos telegráficos, telefónicos e de fibra ótica, pertencentes ao valioso espólio da Fundação Portuguesa das Comunicações, da Portugal Telecom e do Museu da Horta – Faial, tendo ainda sido possível contar com contributos de conceituadas instituições portuguesas e estrangeiras, bem como de várias empresas fornecedoras.

A narrativa da exposição tem início nas comunicações telegráficas, terminando no mundo da comunicação multimédia atual.

## O FUNDO MARINHO, A PLATAFORMA NATURAL DOS CABOS SUBMARINOS

É fundamental para o sucesso da instalação dos cabos submarinos garantir uma cartografia rigorosa e um conhecimento profundo da morfologia dos fundos marinhos. Logo na fase de projeto, é necessário fazer uma cuidada seleção da rota, ou seja, definir o percurso do cabo no fundo do mar. Para o traçado do percurso, é preciso ter em conta a topografia marinha, as correntes, as rotas marítimas e pesqueiras e os pontos de amarração.

A profundidade média da colocação dos cabos submarinos é de 4000 m, podendo mesmo atingir os 8000 metros, ocorrendo os acidentes, na sua maioria, em águas pouco profundas na plataforma continental, devido a âncoras e pesca de arrasto. Por essa razão, os cabos submarinos instalados a profundidades inferiores a 1500 m são reforçados com armaduras de aço (simples ou dupla) sendo, sempre que possível, enterrados por uma charrua tracionada pelo navio, durante a instalação do cabo.

## TOPICS FEATURED IN EXHIBITION

- Communication in Empires (from the 19<sup>th</sup> century to the mid-20<sup>th</sup> century) – telegraph cables and radio-based alternatives.
- Communication between Nations (second half of the 20<sup>th</sup> century) – telephone cables and the satellite-based alternatives.
- Communication between people and the development of the Internet (since the late 20<sup>th</sup> century) – optical fibre cables capable of supporting the full range of multimedia communications.
- The current state of research in the optical communications industry, in particular into submarine cables.

The exhibition is illustrated using iconographic elements and original pieces from telegraph, telephone and optical submarine cables assembled from the valuable collections of Fundação Portuguesa das Comunicações, Portugal Telecom and the Museum of Horta - Faial, with additional contributions provided by renowned Portuguese and foreign institutions and by various companies.

The exhibition's narrative begins with telegraph communications and concludes in the modern world of multimedia communications.

## THE SEABED, THE NATURAL PLATFORM FOR SUBMARINE CABLES

Rigorous mapping and detailed knowledge of seabed morphology is critical when laying submarine cables. It is important, from the outset of the design stage, to make a careful selection of the route, i.e., to determine the path of the cable across the bottom of the sea. The determination of this route must take account of marine topography, ocean currents, shipping lanes, fishing grounds and anchorages.

Submarine cables are laid at an average depth of 4,000 meters (and even up to 8,000 meters), whereas accidents affecting cables tend to occur in shallow waters inside the continental shelf, caused by anchors and trawling. For this reason, submarine cable laid at depths of less than 1,500 meters are reinforced with steel shielding (single or double) and, whenever possible, buried by a plough towed by ship during cable laying.

The exhibition presents the techniques and technologies used to measure ocean depth

Na exposição apresentam-se as técnicas e tecnologias de medição de profundidade dos oceanos (batimetria), que permitem o conhecimento dessa topografia igualmente indispensável na conservação e reparação das redes de cabos submarinos.

Nas zonas mais sujeitas a agressões externas torna-se necessário o uso de faróis ou bóias de sinalização e a marcação da rota dos cabos nas cartas náuticas. Também é aconselhável a realização de contatos frequentes com as autoridades marítimas, armadores de pesca ou de outras entidades cuja atividade seja suscetível de causar danos aos cabos submarinos, como forma de precaver incidentes.

Da utilização de linhas com pesos de chumbo para a determinação das profundidades e recolha de sedimentos do tempo dos primeiros cabos telegráficos, aos sonares multifeixe, satélites ou veículos robotizados operados remotamente (ROV) e com câmaras de vídeo de alta definição usados pela atual batimetria, há toda uma história a contar e um percurso a realizar.

## **NECESSIDADE DE COORDENAÇÃO INTERNACIONAL**

Os cabos submarinos internacionais, dada a abrangência geográfica do seu funcionamento – em águas territoriais e internacionais – requerem uma coordenação global, dados os interesses e leis diversas em presença, quer na fase de lançamento, quer na de exploração e utilização. Torna-se, por isso, fundamental a criação de organizações supranacionais como é o caso do Comité Internacional de Protecção dos Cabos Submarinos - ICPC (*International Committee of Protection of Cables*).

O ICPC é uma organização de direito privado constituída em 1958, com sede em Londres, com 145 membros em mais de 60 países.

Representa a indústria de cabos submarinos e tem por objetivo orientar as atividades nas questões relacionadas com a segurança e confiabilidade dos cabos submarinos, emitindo recomendações e sendo um fórum de partilha de informação técnica, jurídica e ambiental, relevante pelos seus membros.

(bathymetry), providing details of seabed topography, which is also essential for the maintenance and repair of submarine cable networks.

In areas especially prone to external aggression, signalling lights or buoys are used and cable routes are marked on nautical charts. In order to avoid incidents, frequent contact is advised with maritime authorities, fishing vessel operators or other entities whose activity is likely to cause damage to submarine cables.

From the use of lines hung with lead weights to determine depth and collect sediment during the era of the first telegraph cables, to multi-beam sonar, satellites and remotely operated vehicles (ROV) equipped with high-definition video cameras, used in modern bathymetry, here is a story to be told and a journey to be taken.

## **THE NEED FOR INTERNATIONAL COORDINATION**

Given the geographical scope of their operation – in territorial and international waters – international submarine cables require global coordination, given the range of interests and laws implicated in their deployment and in their operation and use. It was therefore essential to create supranational organisations such as the International Committee of Protection of Cables (ICPC).

The ICPC is a private law organization founded in 1958 with its headquarters in London. It has 145 members in over 60 countries and it is dedicated to the sharing of information for the common interest of all seabed users

ICPC represents the submarine cable industry with the vision to be the premier international submarine cable authority, providing leadership and guidance on issues related to submarine cable security and reliability and provides a forum in which relevant technical, legal and environmental information is exchanged among its international members.



## O CABO SUBMARINO NA COMUNICAÇÃO TELEGRÁFICA

Vivia-se nos meados do séc. XIX uma fase de um crescente desenvolvimento do comércio internacional, em particular nos impérios coloniais. Era, por isso, considerado totalmente insustentável esperar seis semanas para receber na Índia uma mensagem oriunda de Inglaterra. Ora a comunicação por cabo marítimo, vinha resolver este problema.



Amarração de um cabo submarino da Deutsche Atlantische Telegraphengesellschaft (DAT), Horta, Faial – Açores, Associação dos Antigos Alunos do Liceu da Horta (1904).  
Landing of a Deutsche Atlantische Telegraphengesellschaft (DAT) submarine cable, Horta, Faial – Azores, Associação dos Antigos Alunos do Liceu da Horta (1904).

A epopeia do lançamento e operação de cabos submarinos teve início, mais precisamente, em 1850, com a primeira ligação internacional entre França e Inglaterra e a primeira ligação transatlântica em 1858. Esta última ligação não durou muito tempo devido às limitações do conhecimento que existia à época sobre estes sistemas de transmissão de tão longa distância. A nova ligação realizada em 1866, garantia já uma operação duradoura e fiável, tendo sido considerada na altura a “oitava maravilha do mundo”. Foi o início de novos projetos, cada vez mais ambiciosos (anexo I).

Em 8 de junho de 1870, entrou ao serviço o primeiro cabo telegráfico submarino, que ligava Portugal (Carcavelos) a Inglaterra. Na inauguração foram trocadas as primeiras mensagens entre o Rei D. Luís I e a Rainha Vitória.

Ao longo das décadas seguintes, Portugal atraiu várias companhias inglesas, norte-americanas, alemãs e italianas de cabos submarinos para a amarração de cabos no seu território, em particular nas ilhas da Madeira, Açores e Cabo Verde (anexo II).

As limitações da tecnologia daquele tempo exigiam pontos de retransmissão e a posição geográfica dos territórios portugueses impunha-se pela sua relevância como ponto de trânsito e de interligação nas comunicações atlânticas (norte/sul e este/oeste).

## THE SUBMARINE CABLE IN TELEGRAPHIC COMMUNICATION

The mid 19<sup>th</sup> century was marked by an expansion of international trade, particularly for Europe’s colonial empires. In this scenario, waiting six month for a message sent from England to arrive in India, had become untenable. Communication by maritime cable provided a solution to this problem.

The epic era of submarine cable operation began more precisely in 1850 with the first international connection between France and England and the first transatlantic link in 1858. Due to the limitations of knowledge that existed at the time about these long distance transmission systems, the transatlantic link did not last long. However, a new link completed in 1866 guaranteed a lasting and reliable operation, and was considered, at the time, the “eighth wonder of the world”. This accomplishment triggered a series of new and increasingly ambitious projects (see Appendix I).



Família Real na estação de Carcavelos. Inauguração do cabo submarino com os Açores (1893).  
Royal Family in Carcavelos station. Submarine cable opening with the Azores (1893).

On 8 June 1870, the first telegraph submarine cable entered into service, linking Portugal (Carcavelos) to England. Upon its inauguration, the first messages were exchanged between King D. Luís I of Portugal and Queen Victoria.

Over the following decades, Portugal, and especially the islands of Madeira, the Azores and Cabo Verde, attracted a number of British, American, German and Italian submarine cable companies looking to land cable on her territory (see Appendix II).

The limitations of the technology available at that time meant that relay points were required;



Tirando partido desta situação, Portugal integrou-se desde o início numa rede mundial que evoluía todos os dias e foi criando soluções para dar resposta às necessidades de desenvolvimento do tráfego, quer na administração dos seus territórios, quer no tráfego terminal internacional.

As principais estações portuguesas de cabos submarinos internacionais eram: Carcavelos; Horta; Funchal e São Vicente. De destacar o caso da Horta que, pela sua situação geográfica – em pleno Atlântico, a meio caminho entre a América do Norte e a Europa – chegou a ter 15 cabos internacionais amarrados.

Por esta razão as mais importantes companhias de cabos telegráficos, tiveram instalações próprias nos territórios portugueses.<sup>1</sup>

Como curiosidade, refira-se que estas companhias telegráficas estrangeiras deslocaram os seus técnicos e respetivas famílias para aqueles locais, tornando-os polos de cosmopolitismo e de desenvolvimento social, cultural e até desportivo, no que se destacavam do resto do país. São de referenciar os casos de Carcavelos e da Horta.

A Horta, ponto estratégico de amarração de cabos submarinos, serviu também para testar novas tecnologias e novos equipamentos: caso do carregamento indutivo contínuo dos cabos, com utilização, pela primeira vez, da liga Permalói (liga metálica com 80% de níquel e 20% de ferro, com elevada permeabilidade magnética), em cabos de grande comprimento, permitindo aumentar, significativamente, a velocidade de transmissão para 400 palavras / minuto e da introdução de sistemas de amplificação eletrónica por válvulas de vácuo dos sinais telegráficos.

Salienta-se o facto de, não obstante a concorrência entre as companhias internacionais que operavam na Horta, terem sido desenvolvidas soluções de cooperação, como foi o caso do alojamento das operações e equipamentos das várias companhias num único edifício, designado de Trinity House. Um século depois, após a liberalização dos mercados, este tipo de solução foi adotada nomeadamente pelos prestadores de serviços de Internet, tendo sido designada como PoP – *Point of Presence* ou *Carrier Hotel*.

---

(1) Este foi o caso das inglesas, Europe & Azores Telegraph Co. e The Eastern Telegraph Company, depois Cable & Wireless, as norte-americanas Commercial Cable Company - CCC, depois ITT, e a Western Union Telegraph Company - WUTCO, a alemã Deutsche Atlantische Telegraphen Gesellschaft - DAT, e a italiana Italcable.

and Portugal's geographical position made its territory an important point of transit and interconnection in transatlantic communications (north/south and east/west). Taking advantage of this situation, from the beginning, Portugal became part of a global network that evolved every day and was building solutions to meet the demands of the traffic development either in the administration of their territories or in the international terminal traffic.

The main international submarine cable stations in Portugal were: Carcavelos; Horta; Funchal and São Vicente. Of special note is the case of Horta – due its mid-Atlantic location halfway between North America and Europe, a total of 15 international cables were landed on the island.

For this reason the most important telegraph cable companies all operated their own premises in Portugal.<sup>1</sup>

In fact, these foreign telegraph companies also relocated their technicians and their families to their sites in Portugal, making these sites centres of cosmopolitanism and social, cultural and even sporting development which stood out from the rest of the country – Carcavelos and Horta in particular.

Horta, a strategic point for landing submarine cables, also served as a site used to test new technologies and new equipment: for example continuous inductive cable loading, first use of Permalloy (80% nickel and 20% iron alloy with high magnetic permeability) in very long cables, allowing significant a increase in transmission speed to 400 words per minute and the introduction of electronic vacuum valve systems to amplify telegraph signals.

However, despite the competition that existed between the international companies operating from Horta, a number of cooperative solutions were developed, such as hosting operations and equipment from various companies in one building, called Trinity House. A century later, following the liberalisation of markets, this type of solution has been particularly adopted by Internet service providers, and is known as a PoP - Point of Presence or Carrier Hotel.

---

(1) Such was the case of the Britain's Europe & Azores Telegraph Co. and The Eastern Telegraph Company, then Cable & Wireless, North America's Commercial Cable Company - CCC (later ITT), and the Western Union Telegraph Company - WUTCO, Germany's Deutsche Atlantische Telegraphen Gesellschaft - DAT, and Italy's Italcable.

## PARTICULARIDADES DA TRANSMISSÃO POR CABO SUBMARINO

A transmissão de um sinal eléctrico, a grande distância e sob o mar, de forma a poder ser detetado e entendido na estação recetora, era um enorme problema na época. Daí a necessidade de haver estações intermediárias, como o Faial ou São Vicente, onde o sinal pudesse ser regenerado e retransmitido.<sup>2</sup>

Durante os mais de 100 anos de vida do cabo telegráfico submarino, várias inovações permitiram melhorar a qualidade e aumentar a velocidade das comunicações, já que estes fatores eram altamente condicionados pelo facto da transmissão do sinal telegráfico ser muito afetado pela atenuação e distorção.

Devido ao comprimento dos cabos submarinos e à sua capacidade para armazenar uma grande quantidade de carga, o método original de Morse telégrafo não era adequado pelo que existiu a necessidade de reformular o código original de Morse, convertendo-o em “código de cabo”, enviando os sinais ponto / traço usando a polaridade +/-, em vez da duração.

Para este efeito usava-se uma chave telegráfica diferente da usada para o código: a chave para código de cabo com duas teclas – a da esquerda para pontos, a da direita para traços e nenhuma para espaços (eletricamente terra) – permitia aos operadores obter, com toques leves, uma transmissão manual de sinais que podia ultrapassar as 25 palavras por minuto. Esta técnica caiu em desuso cerca de 1900, com a introdução de transmissores automáticos.

Para maior eficácia na utilização do cabo e para se evitarem erros ou diferenças de ritmo no envio das mensagens pelo operador, foi introduzido o perfurador manual – primeiro aparelho a atingir velocidades superiores às da transmissão obtida com a chave de cabo. Este perfurador manual foi substituído no início do século XX pelo teleimpressor, baseado na máquina de escrever que tinha sido, entretanto, inventada.

Se do lado da transmissão das mensagens telegráficas se conseguia mais precisão e rapidez com a gravação prévia em fita perfurada, já do lado da receção, a deteção e descodificação dos sinais dependia da acuidade visual do operador ao observar a variação dum ponto de luz no galvanómetro de espelho<sup>3</sup>.

(2) A velocidade de transmissão máxima admissível num cabo é inversamente proporcional ao quadrado do comprimento do cabo.

(3) Instrumento altamente sensível que deteta correntes muito fracas pelo desvio de um feixe de luz projetado numa escala, funcionando como ponteiro

## CHARACTERISTICS OF SUBMARINE CABLE TRANSMISSION

The transmission of an electrical signal, over a long distance and under the sea, so that it can be detected and understood at the receiving station, constituted a huge problem at the time; hence the need for intermediate stations, such as Faial and São Vicente, where the signal could be regenerated and relayed.<sup>2</sup>

During the 100 year era of the telegraph submarine cable, many innovations sought to improve the quality and speed of communications, as factors greatly constrained by the severe impact of attenuation and distortion on the transmission of telegraphic signals.

Due to the length of the submarine cable and its capacity to store a large quantity of information, the original Morse telegraph method was not suitable and had to be reformulated, by converting it into “cable code”, so that dot/dash signals were transmitted via +ve/-ve polarity rather than duration.

For this purpose, a different telegraph key was used for the code: the key for cable code with two buttons – the left key for dots, the right for dashes and nothing for spaces (electrical earth) – allowed operators to manually transmit signals with a light touch, exceeding 25 letters per minute. This technique fell into disuse in about 1900 with the introduction of automatic transmitters.

For more efficient use of the cable and to avoid errors or rhythm differences in sending of messages by the operator, the hand perforator was introduced - the first device to reach higher speeds than those achieved in the transmission with the cable key. This hand perforator was replaced in the early twentieth century by the teleprinter, based on another new invention – the typewriter.

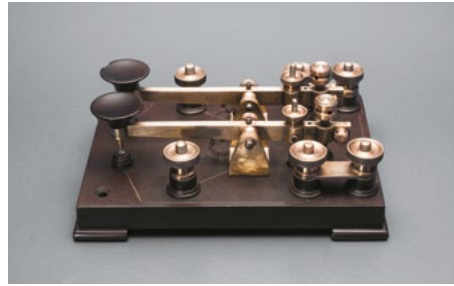
Even if, on the transmission side, greater accuracy and speed could be attained by recording the telegraph messages in advance on the perforated tape, on the reception side, the detection and decoding of telegraph signals depended on the visual acuity of the operator to detect the variation of a spot of light on the mirror galvanometer<sup>3</sup>. This device demonstrates the practical application of electromagnetic theory, as well as the

(2) The maximum permissible transmission speed of a cable is inversely proportional to the square of the cable length.

(3) a highly sensitive instrument that detects very weak currents by deflecting a beam of light projected on a scale, functioning as massless pointer. The mirror



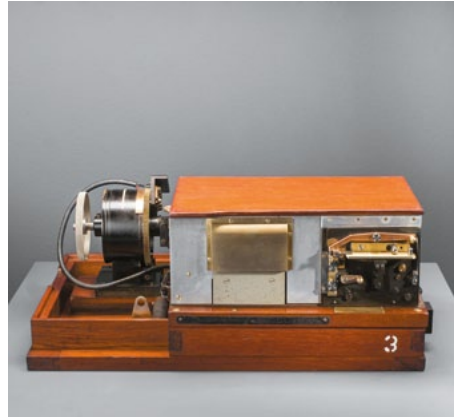
Gravador de sifão para longa distância. Propriedade: Museu da Horta.  
The siphon long distance recorder. Property: Museum of Horta.



Chave para código de cabo. Propriedade: Museu da Horta.  
Cable code key. Property: Museum of Horta.



Teleimpressor. Propriedade: Museu da Horta.  
Teleprinter. Property: Museum of Horta.



Unidade interpoladora da Eastern Telegraph. Propriedade: Museu Horta.  
Eastern Telegraph interpolator unit from. Property: Museum of Horta.



Teleimpressor. Propriedade: Museu da Horta.  
Teleprinter. Property: Museum of Horta.



Galvanómetro D'Arsonval, fabricado pela Siemens & Halske no início do séc. XX, FPC.  
D'Arsonval's galvanometer, made by Siemens & Halske, in early 20<sup>th</sup> century, FPC.

Então é inventado, por Sir William Thomson em 1867, o Gravador de Sifão, que substitui o galvanómetro de espelho como método de receção de sinais. Era um equipamento extremamente sensível às mais pequenas variações de corrente e oferecia um registo permanente de tinta sobre fita de papel.

Este equipamento demonstra a aplicação prática da teoria eletromagnética, assim como a engenharia utilizada. Os pesados blocos de ímanes permanentes contrastam com as leves e intrincadas bobinas suspensas e as delicadas bases dos sifões de vidro.

Foi este o primeiro exemplo de uma família de instrumentos eletromagnéticos usados para a receção e registo dos sinais dos cabos submarinos telegráficos, que deixou de ser usado com a instalação de equipamento automático.

Ao mesmo tempo, notáveis cientistas e engenheiros como William Thomson, Alexander Muirhead, Charles Wheatstone e Allison Clokey entre outros, desenvolveram várias soluções para melhorar a comunicação. Destes destacam-se: o duplex – transmissão simultânea nos dois sentidos no mesmo fio; o multiplex – transmissão simultânea de várias mensagens telegráficas; amplificação dos sinais nas estações repetidoras, inicialmente por equipamentos eletromagnéticos (*magnifier*) e posteriormente, com a adoção de válvulas eletrónicas; regeneração e retransmissão automática das mensagens telegráficas nas estações repetidoras, sem qualquer intervenção humana; carregamento indutivo, com a pupinização com bobines em pontos ao longo do cabo para pequenos cabos e em águas pouco profundas, ou com o carregamento contínuo em cabo com a introdução de fitas enroladas no fio central feitas da liga permalói, em longos cabos submarinos (utilizado pela primeira vez no cabo Faial – Nova Iorque em 1924, como já foi referido).

Com todos estes desenvolvimentos já era possível, na década de 30 do século XX, transmitir centenas de palavras por minuto em cada sentido, num cabo submarino.

---

sem massa. O galvanómetro de espelho foi melhorado por William Thomson e utilizado, desde o início dos cabos submarinos telegráficos, para identificação pelo operador da variação da polaridade dos impulsos do sinal e assim descodificar a mensagem recebida. Para melhorar a qualidade de receção do sinal de forma a tornar-se imune a erros de observação pelo operador, o próprio William Thomson, em 1867, inventou e desenvolveu o gravador de sifão, que assim registava a mensagem de forma permanente, substituindo o galvanómetro de espelho como método de receção de sinais. Este equipamento era extremamente sensível às mais pequenas variações de corrente e oferecia um registo permanente de tinta sobre fita de papel.

engineering used. Heavy blocks of permanent magnet interact with the light and intricate suspended coils and the delicate bases of the glass siphons.

This was the first in a family of electromagnetic instruments used to automatically receive and record signals from telegraph submarine cables which fell out of use with the installation of automatic equipment.

At the same time, notable scientists and engineers such as William Thomson, Alexander Muirhead, Charles Wheatstone and Allison Clokey developed different solutions to improve communications. Out of them one may refer: Duplex – simultaneous two-way transmission over the same wire; Multiplex – simultaneous transmission of various telegraph messages; amplification of signals in repeater stations, at the beginning by electromagnetic equipment (*magnifier*) and later on with the adoption of electronic vacuum-tubes; automatic regeneration and retransmission of messages in telegraph relay cablestations without human; inductive loading, with pupinization provided by coils at points along the cable in case of small cables in shallow water, or continuously loaded cable with the introduction of permalloy loading tape rolled around the central conductor in long submarine cables (firstly used in the Faial – New York cable in 1924, as already referenced).

With all these developments, by the 1930s, it was possible to transmit hundreds of words per minute in each direction along a submarine cable.

---

galvanometer was improved by William Thomson and used, from the inception of telegraph submarine cables by the operator to identify the variation in polarity of signal bursts and so decode the received message. To improve the quality of signal reception, making it more immune to operator observation error, in 1867, William Thomson himself invented and developed the siphon recorder, which records the message in permanent form, replacing the mirror galvanometer as a signal reception method. This equipment was extremely sensitive to the smallest changes in current and provided a permanent record of ink on paper tape.





Sala “O cabo submarino na comunicação telegráfica”.  
Room “The submarine cable in the telegraphic communication”.

## A TELEGRAFIA SEM FIOS E O FIM DOS CABOS TELEGRÁFICOS

Os cabos submarinos tiveram, a partir do início do século XX, um concorrente de peso que foi a telegrafia sem fios e as primeiras comunicações telefónicas via rádio. Estava iniciada a concorrência tecnológica no negócio das comunicações internacionais.

Os cabos telegráficos submarinos foram, ao longo do século XX sendo substituídos pelos cabos submarinos coaxiais com amplificação de sinal por meio de repetidores submarinos. Estes cabos, com uma capacidade de transmissão muito superior, permitiam não só as transmissões de mensagens telegráficas (24 canais telegráficos ocupavam a largura de banda de um canal telefónico), mas essencialmente a transmissão das comunicações telefónicas, serviço este em grande crescimento.

A utilização dos cabos telegráficos foi abandonada no início da década de 70 do século XX, tendo sido substituídos pelos cabos submarinos coaxiais que permitem milhares de conversações telefónicas em simultâneo.

Na exposição encontram-se representados alguns equipamentos e documentos da época que ilustram o período dos cabos submarinos telegráficos internacionais, nas suas componentes tecnológicas, mas também os impactos político-sociais e estratégicos para Portugal. Muito deste material provém do património do Museu da Horta.

## THE WIRELESS TELEGRAPH AND THE END OF TELEGRAPH CABLES

A strong competitor to submarine cables began to emerge at the beginning of the twentieth century in the form of wireless telegraphy and the first telephone communications via radio. A technological race began in the business of international communications.

Over the course of the twentieth century, telegraph submarine cables were replaced by coaxial submarine cables with signal amplification provided through submarine repeaters. These cables, with a much higher transmission capacity, allowed not only the transmission of telegraph messages (24 telegraph channels used the bandwidth of one telephone channel), but essentially, the transmission of telephone communications, a service experiencing high rates of growth.

The use of telegraph cables was abandoned in the early 1970s, replaced by coaxial submarine cables that could carry thousands telephone conversations simultaneously.

The exhibition includes a display of some period equipment and documents that illustrate the era of international telegraph submarine cables and their technological components, and also the industry’s socio-political and strategic implications for Portugal. Much of this material is derived from the collections of Horta Museum.

## MAIS DO QUE UM CABO, UM SISTEMA

Ao falar-se de cabos submarinos está-se apenas a simplificar o conceito, pois, para além do cabo propriamente dito, há todo um conjunto de equipamentos, quer no próprio cabo, quer instalados em terra, nomeadamente nas estações, que servem para a transmissão, receção, amplificação e controlo dos sinais.

## MORE THAN A CABLE, A SYSTEM

When talking about submarine cables, we are simplifying the concept, since, in addition to the cable itself, there is a whole set of equipment installed on land, particularly in stations, which serve for the transmission, reception, amplification and control of signals.



Cabo submarino telegráfico.  
Telegraphic submarine cable.

Cabo submarino coaxial.  
Coaxial submarine cable.

Cabo submarino fibra ótica.  
Fiber optical submarine cable.

Os três tipos de cabos submarinos – telegráfico, coaxial e de fibra ótica – diferem essencialmente no tipo de condutor dos sinais. No cabo telegráfico existe apenas um condutor de cobre e um isolante, com o retorno do sinal feito através do mar; no cabo coaxial existe um condutor central de cobre, circundado por material isolador (polietileno) e uma bainha em cobre, em que o campo eletromagnético fica confinado, sendo os sinais transmitidos com muito menor atenuação e dispersão do que nos cabos de cobre anteriores; no cabo ótico existe um ou mais pares de fibras que guiam o sinal de luz infravermelha.

Se nos anteriores cabos telegráficos se usava a transmissão de impulsos elétricos positivos e negativos, sem qualquer amplificação eletrónica (razão porque se apelidavam de cabos elétricos), já nos cabos coaxiais existiu uma evolução com a introdução de repetidores submersos, colocados a distâncias fixas entre eles, tornou possível a regeneração do sinal.

Em todos os tipos de cabos submarino, existem armações em cabos de aço espiralados que servem de protecção nas secções em águas menos profundas na plataforma continental, mas que não existem nas secções de grande fundo.

The three types of submarine cables – telegraphic, coaxial and fibre optic – essentially differ from the type of the conductor used to transmit the signals. The telegraph cable has only one copper conductor and an insulator, being the sea-return as the conductor to complete the circuit; the coaxial has two copper conductors, with the inner conductor surrounded by insulating material (polyethylene) and the outer conductor, wherein the electromagnetic field is confined, being the transmitted signals with much less attenuation and dispersion than in the previous copper cables; the optical cable has one or more pairs of fibres that guide the infrared radiation signal.

Also, if the previous telegraph cables were used to transmit positive and negative electric impulses (why they are called as electric cables) to deliver telegraph messages and with no use of any electronics in the cable, the introduction of submerged electronic repeaters in the coaxial cable, placed at fixed distances between them, made it possible the regeneration of more complex signals, like the voice.

In all type of submarine cables, steel-wire armour provide mechanical protection from external damage, for example caused by fishing trawlers or abrasion, in shallower sections of the continental shelf, but that is not used in sections at greater depths.



Sala “O cabo submarino coaxial – O cabo submarino óptico” Equipamentos terminais e repetidor submarino.

Room “The coaxial submarine cable – The optical submarine cable” Terminal equipment and submarine repeater.

## O CABO SUBMARINO COAXIAL NA COMUNICAÇÃO TELEFÓNICA

Embora a utilização dos cabos submarinos para comunicações telefónicas se tenha iniciado em 1891, só em meados do século XX se conseguiu fazer o transporte da voz numa longa distância e sob os oceanos. Até essa data as comunicações de voz intercontinental eram efetuadas via rádio.

Ao contrário do que se passava nas linhas terrestres, o nível do sinal nos cabos submarinos telegráficos caía rapidamente, como resultado, sobretudo, da sua elevada impedância capacitiva. De facto, sendo a água um bom condutor de electricidade, o condutor central do cabo e o mar funcionavam como elétrodos dum condensador, cuja capacidade se distribuía ao longo do cabo.

Portanto, não havendo à data qualquer forma de introduzir amplificadores dos sinais no próprio cabo para compensar a sua elevada atenuação, em cabos mais longos nada era recebido na outra extremidade. O problema foi, em parte, posteriormente resolvido com a introdução de meios indutivos no cabo que permitiu a redução da componente reactiva da impedância.

## THE COAXIAL SUBMARINE CABLE IN TELEPHONE COMMUNICATION

Although submarine cables were first used for telephone communications in 1891, it wasn't until the mid 20<sup>th</sup> century that they could be used for transporting voice communications long distances under the oceans. Until then, intercontinental voice communications had been transmitted by radio.

Unlike what happened in land-based cables, the signal level transmitted along existing submarine cables deteriorated rapidly, mainly as a result of the cable's high capacitance. As matter of the fact being water is a good conductor of the electricity, the cable's core conductor and the sea act like electrodes in a capacitor, whose electrostatic capacity was distributes along the cable

As that time there was no way to introduce amplifiers of signals in the cable to compensate for the high attenuation in longer cables, nothing was received at the other end. Later on, the problem was partly solved by introducing inductive means (permalloy tape), which made it possible to reduce the cable's reactive component of the impedance.



Deste modo, na primeira metade do século XX os cabos submarinos só eram viáveis para transmissão de comunicações de voz em curtas distâncias, não muito além de algumas dezenas de quilómetros e em águas não muito profundas. Estes cabos eram, na sua maioria, de pares de fios, com um par por circuito de voz, do tipo dos cabos terrestres. Só em 1921 se conseguiu transmitir voz em distância média (perto dos 200 km), e em profundidades médias, em cabos com uma morfologia muito próxima da dos coaxiais.

O desenvolvimento das redes telefónicas terrestres, com crescente número de utilizadores, e de necessidade de comunicações intercontinentais de qualidade e menos dependente das condições atmosféricas, levaram, no final da primeira metade do século XX, a desenvolvimentos importantes. Destes, destacam-se: a introdução do cabo coaxial, aliada à utilização do polietileno (com um polímero termoplástico artificial isolante, em detrimento da guta-percha) e, ainda, a amplificação dos sinais em repetidores submarinos inseridos no próprio cabo, com cerca de 50 km de distância entre si. A amplificação ficou a dever-se ao desenvolvimento das válvulas, substituídas mais tarde por transístores.

Em 1956 foi inaugurado o primeiro cabo transatlântico, TAT-1, um grande investimento efetuado por uma *joint-venture* constituída para o efeito entre a American Telephone and Telegraph (AT&T), a inglesa General Post Office e a canadiana Canadian Overseas Telecommunications Corporation. Este cabo – na realidade dois cabos, em que um transmitia comunicações num sentido e outro em sentido oposto – ligava a Escócia à Terra Nova no Canadá, com repetidores que utilizavam válvulas (pêntodos). Ao serviço até 1978, permitia transmitir 34 comunicações vocais simultâneas, um canal para 24 comunicações telegráficas e um canal para comunicações de serviço.

## DESTAQUE PARA PORTUGAL

O Estado Português reconheceu a importância estratégica do país para a rede internacional de cabos submarinos e assim publicou, em Junho de 1966 o Decreto Lei 47 038, que elabora sobre “o aparecimento de novos meios técnicos no campo das telecomunicações, a necessidade de Portugal, mercê da sua excecional situação geográfica, tomar posição de relevo na rede internacional de cabos telefónicos submarinos e a vantagem evidenciada pela prática adotada em vários países, de deferir a uma única entidade a exploração deste tipo de telecomunicações”

As a result, in the first half of the 20<sup>th</sup> century, submarine cables were only viable for the transmission of voice communications over short distances, not much beyond a few tens of kilometres and only through shallow water. These cables were mostly made up of wire pairs, one pair per voice circuit, of the type used for terrestrial cable. It wasn't until 1921 that voice could be transmitted over medium distances (around 200 km) and at medium depths, based on similar morphology to that used in current coaxial cables.

The development of terrestrial telephone networks, with increasing numbers of users, and the need for quality intercontinental communication that was less prone to adverse weather conditions led to important developments at the end of the first half of the century. One of the most important developments was the introduction of the coaxial cable coupled with the use of polyethylene, an artificial thermoplastic polymer insulator to replace gutta-percha, and also the amplification of signals using submarine repeaters inserted into the cable itself at intervals of around 50km. Amplification was provided by the development of valves, replaced later by transistors.

In 1956, the first transatlantic cable came into service (TAT-1) – a large investment made by a joint venture between American Telephone and Telegraph (AT&T), Britain's General Post Office and the Canadian Overseas Telecommunications Corporation. This cable – actually two cables, one to carry eastbound traffic, the other the westbound – connected Scotland to Newfoundland in Canada, with repeaters that used electronic tubes (pentodes). In service until 1978, it could transmit 34 voice communications simultaneously, one channel for 24 telegraph communications and one channel for service communications.

## THE PORTUGUESE STANDPOINT

Recognising the national strategic importance of the international submarine cable network, in June 1966, the Portuguese Government published Decree-Law 47038, which took note of “the emergence of new technical means in the field of telecommunications, the need for Portugal, thanks to its exceptional geographical situation, to take a leading position in the international network of submarine telephone cables and the advantage demonstrated by the practice adopted in many countries in assigning the exploitation of this type of (international) telecommunications to a single undertaking”.



(internacionais). Através deste DL é atribuída à Companhia Portuguesa Rádio Marconi (CPRM), a prorrogação da concessão então existente e o alargamento do seu âmbito, a fim “de garantir o indispensável desenvolvimento e conveniente unidade de exploração das telecomunicações em causa”.

Esta visão estratégica do Governo e da concessionária CPRM, viria a ser fundamental no desenvolvimento de Portugal como plataforma de interligação dos cabos submarinos internacionais.

Desde então Portugal tem sabido afirmar-se no panorama da rede internacional de cabos submarinos, como um acesso privilegiado à rede internacional para o tráfego originado e destinado ao país, tornando-se num ponto de trânsito fundamental do tráfego internacional.

A CPRM iniciou, em 1969, a operação e utilização de cabos telefónicos internacionais com a amarração simultânea de dois cabos em Sesimbra: um com a África do Sul designado SAT-1 e outro com a Inglaterra designado Portugal – Reino Unido 1 (curiosamente, nesta altura deu-se a desativação dos últimos cabos telegráficos do Faial).

Nas duas décadas seguintes, a CPRM, investiu em mais 5 sistemas coaxiais terminados nas três estações existentes em Portugal (Sesimbra, Burgau e Funchal) – quatro dos quais internacionais e um doméstico –, entre o Continente e a Madeira e investiu, como sócio, em onze outros sistemas submarinos internacionais.

Embora até ao final da década de 80 a atividade de instalação de cabos submarinos fosse intensa, não foram os cabos submarinos que dominaram o panorama das comunicações intercontinentais. De facto, foi através dos satélites que circulou a maior parte do tráfego telefónico intercontinental, quer pela facilidade de acesso geográfico, quer pela maior largura de banda de transmissão disponível e menor custo de operação. Esta situação começou a ser alterada no final da década com a entrada em serviço dos cabos submarinos óticos.

Na exposição estão patentes equipamentos dos primeiros cabos submarinos coaxiais amarrados em Portugal, desde um repetidor, passando por alguns bastidores de equipamentos terminais de estação, equipamento de monitorização, ponte de Wheatstone e um sistema de alimentação do cabo submarino.

Para além dos equipamentos, vários documentos, fotos e filmes procuram retratar na exposição, tão fielmente quanto possível, a atividade e o ambiente tecnológico das diferentes fases.

Pursuant to this Decree-Law, extension of the present concession, with expansion of its scope, was granted to Companhia Portuguesa Rádio Marconi (CPRM), in order “to ensure the necessary development and proper unity in the operation of telecommunications in question”.

This strategic vision of the Government and the CPRM concession would be critical to Portugal’s development as a platform of interconnection for international submarine cables.

Since then Portugal has been able to assert itself in the panorama of the international submarine cable network, gaining privileged access to the international network for traffic with origin or destination in the country, as a key transit point for international traffic.

CPRM in 1969 began the operation and exploitation of telephone cables with the simultaneous landing of two cables in Sesimbra: one linked to South Africa named SAT-1 and another linked to England named Portugal – UK 1 (at the same time the last Faial telegraph cables were deactivated).

Over the following two decades, CPRM invested in 5 further coaxial systems terminated at stations in Portugal (Sesimbra, Burgau and Funchal), four international systems and one national system (linking the mainland to Madeira), and invested as party in eleven other international submarine systems.

Although by the end of the 1980s, the pace of submarine cable installation had become intense, submarine cables still did not dominate the panorama of intercontinental communications. Satellites carried the majority of intercontinental telephone traffic, given their ubiquity in terms of geographic access, greater available transmission bandwidth and lower operating costs. This situation began to change towards the end of the decade with the entry into service of optical submarine cables.

The exhibition displays equipment from the first coaxial submarine cables landed in Portugal, including a repeater and station equipment such as line terminal equipment, monitoring equipment, Wheatstone bridge and a submarine cable power feed system.

In addition to the equipment on display, various documents, photos and films seek to provide an accurate portrayal of the activity and the technological environment in which this activity was conducted and developed.

## O CABO SUBMARINO ÓTICO NA COMUNICAÇÃO MULTIMÉDIA

Num período em que as comunicações eram sobretudo de voz, com as comunicações de dados limitadas essencialmente às empresas de maior dimensão e com a Internet confinada à comunidade científica, entra em serviço, em 1988, o primeiro cabo submarino ótico transatlântico – o TAT 8 – que decuplica a capacidade dos anteriores cabos coaxiais permitindo 40 000<sup>4</sup> comunicações simultâneas.

Tratando-se de um sistema multiponto, o TAT 8 permitia a ligação entre várias estações terminais<sup>5</sup>. Tinha três fibras, sendo uma de reserva e cada fibra permitia uma capacidade de transmissão de 280 Mbps (2x140 Mbps) ou 560 Mbps total, em serviço permanente no cabo<sup>6</sup>. De notar que a incrível velocidade de 140Mbps há 27 anos é inferior à velocidade que hoje está disponível na rede de acesso com ofertas de 200 Mbps.

Portugal, através da sua concessionária para as comunicações por cabo submarino, a CPRM, participou como coproprietária no projeto do sistema submarino TAT-8.

Desde os primeiros sistemas óticos no início dos anos 90, em pouco mais de 25 anos, multiplicou-se a capacidade de transmissão intercontinental dez mil vezes sendo em 2013, a capacidade total de 77 Tbps (fonte: TeleGeography). A rede atual escoia 99% do tráfego Internet intercontinental – voz, dados, imagens, vídeos, mensagens, jogos, informação e aplicações informáticas.

Atualmente, um sistema submarino ótico com repetidores tem capacidade de transmissão de 401 Terabit/s (40x10<sup>12</sup>) e permite estabelecer 10 mil milhões de conversações telefónicas simultâneas ou transmitir o conteúdo de 5 milhões de livros por segundo.

Outro aspeto a salientar é o facto de, até ao início dos primeiros cabos submarinos óticos, os investimentos serem feitos por consórcios de operadores. Com a liberalização do mercado

---

(4) De facto a capacidade do sistema era de 8.000 canais telefónicos de 64kbs. Com técnicas de compressão a capacidade foi quintuplicada.

(5) No caso entre França, Inglaterra e Estados Unidos da América.

(6) Na primeira geração de cabos submarinos a tecnologia base de transmissão era PDH (plesiochronous digital hierarchy – hierarquia digital quase síncrona) e foi substituída, a partir de meados da década de 90 do século passado, pela tecnologia SDH (synchronous digital hierarchy – hierarquia digital síncrona).

## THE OPTICAL SUBMARINE CABLE IN MULTIMEDIA COMMUNICATION

At a time when communications mainly consisted of voice, with data communications essentially limited to larger companies and with the Internet confined to the scientific community, the first transatlantic optical submarine cable (TAT 8) – entered service in 1988, doubling the capacity of previous coaxial cable in allowing 40,000<sup>4</sup> simultaneous communications.

As a multipoint system, TAT 8 enabled interconnection between different terminal stations<sup>5</sup>. It had three fibres, with a reserve fibre, and each fibre provided transmission capacity of 280 Mbps (2x140 Mbps) or 560 Mbps in total, in permanent service on the cable<sup>6</sup>. It is notable that the “incredible speed” of 140 Mbps achieved 27 years ago is superseded today by speeds available on the access network, where there are offers of 200 Mbps.

Portugal, through CPRM, as concessionaire for submarine cable communications, participated as co-owner in the TAT-8 submarine system project.

In just over 25 years since the first optical systems were deployed in early 90s, intercontinental transmission capacity multiplied by ten thousands fold existing in 2013 a total capacity of 77 Tbps (source: TeleGeography). The current network carries 99% of intercontinental Internet traffic – voice, data, images, videos, messages, games, information and software applications.

A current optical submarine system with repeaters has capacity to transmit 401 Terabit/s (40x10<sup>12</sup>), enough to support 10 billion simultaneous telephone conversations or to transmit the content of 5 million books per second.

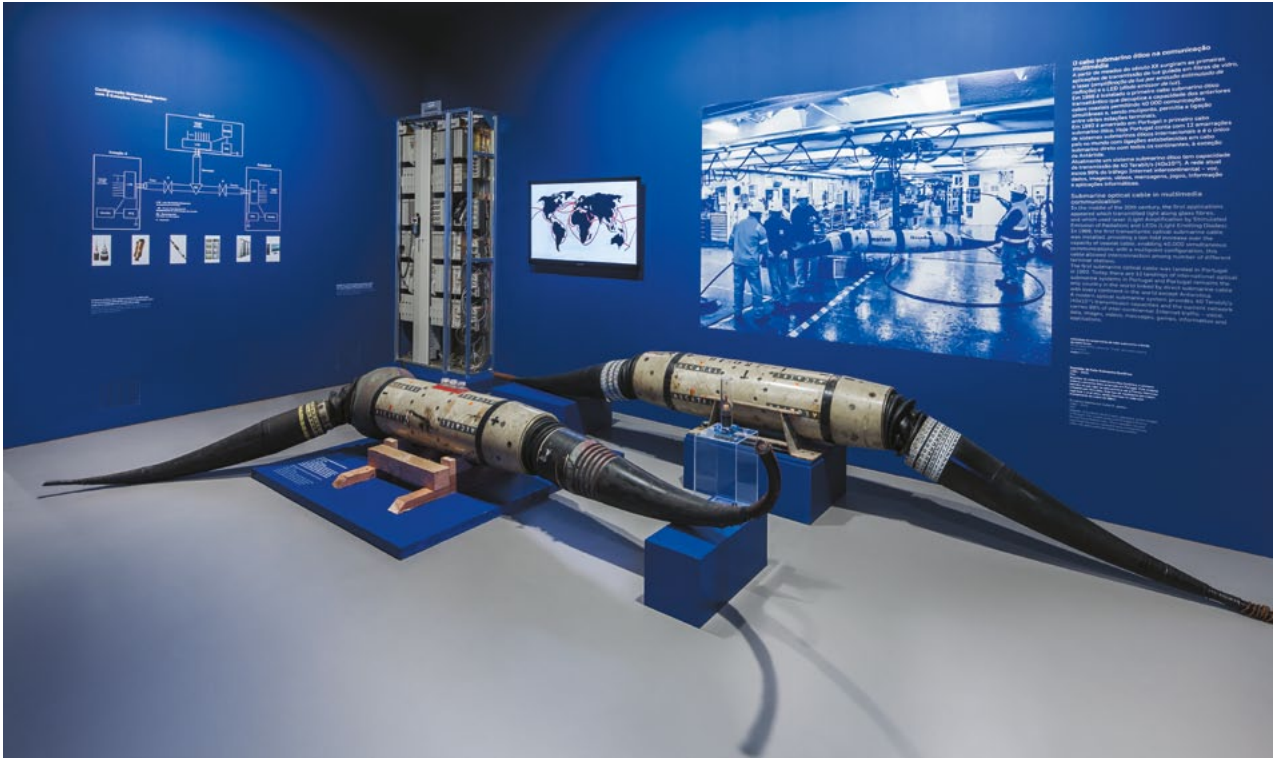
Another notable factor is that until the beginning of the first optical submarine cables, investments were being made by consortia of operators. With the liberalisation of the telecommunications market, the broader diversity of services and greater flexibility in the use of optical submarine systems, other

---

(4) In fact the system's capacity was 8,000 telephone channels of 64kbs. With compression techniques, capacity was increased five-fold.

(5) In the case, between France, England and the United States of America.

(6) In the first generation of submarine cables, the base transmission technology used was PDH (plesiochronous digital hierarchy), replaced, from the 1990s, by SDH technology (synchronous digital hierarchy).



Unidade de derivação, repetidor e equipamento terminal de um sistema submarino ótico.  
Branching unit, repeater and terminal equipment from an optical submarine system.

das telecomunicações, a maior diversidade de serviços e a maior flexibilidade de utilização dos sistemas submarinos óticos, começaram a aparecer outros investidores, em muitos casos vindos do mundo financeiro, que começaram a instalar e explorar sistemas submarinos. Nos dias de hoje, os dois modelos coexistem.

Um breve momento é quanto basta para fazer tudo, ou quase tudo, marcando a velocidade do mundo dos dias de hoje em que “tempo é dinheiro” e a informação se quer imediata, aqui ou em qualquer parte do mundo! Nos negócios e nos mercados financeiros, milissegundos valem bilhões!

Hoje, perto de um milhão de quilómetros de cabos submarinos óticos cruzam os cinco oceanos, as autoestradas eletrónicas sob o mar.

Portugal, como um dos principais nós no Oceano Atlântico, conta com 10 amarrações de sistemas submarinos internacionais (anexos III e IV), sendo o único país no mundo com ligações estabelecidas em cabo submarino direto com todos os continentes, à exceção da Antártida, com excelente integração na rede internacional e com baixas latências para os principais destinos de tráfego de voz e de dados.

Para além das ligações internacionais, estabeleceram-se ligações óticas entre o Continente, Madeira e Açores, bem como ligações entre todas as ilhas de cada um dos arquipélagos.

investors began to appear, in many cases from the financial sector, which began to establish and operate submarine systems. Today, the two models coexist.

A brief moment is enough to do anything (or almost anything), setting the speed of today’s world where “time is money” and information must be immediate, delivered here or anywhere in the world. Either in business or in financial markets, milliseconds worth billions!

Today, nearly one million kilometres of optical submarine cables crisscross the five oceans – a network of electronic highways under the sea.

As one of the main nodes in the Atlantic Ocean, Portugal provides 10 landings for international submarine systems (appendices III and IV) and Portugal is the only country in the world directly linked by submarine cable to every continent in the world (except Antarctica). As a country, Portugal enjoys excellent integration in the international network with low latency to the world’s major voice and data traffic destinations.

In addition to international links, optical links have been established between mainland Portugal, Madeira and the Azores, as well as links between all the islands of each of the archipelagos.

Com a participação da CPRM, e depois da PT, nos consórcios internacionais de cabos submarinos foi possível instalar e amarrar vários sistemas óticos (nove atualmente em serviço, nas estações de Sesimbra e Carcavelos) com a aquisição de *know-how* das tecnologias utilizadas e vender aos referidos consórcios serviços de engenharia altamente especializados, nomeadamente no âmbito do planeamento e gestão de projeto, inspeções técnicas e serviços de operação e manutenção. Estas vendas de serviços geraram receitas com elevado valor acrescentado, que ajudaram a aliviar os investimentos realizados com a amarração em Portugal desses sistemas internacionais.

Ainda como consequência da importância assumida por Portugal como nó da rede mundial de cabos submarinos, operadores estrangeiros estabeleceram em Portugal uma estação terminal de cabos submarinos no Seixal na qual fizeram amarrar, até à data, mais 3 sistemas submarinos óticos internacionais, reforçando mais ainda a importância de Portugal no contexto das telecomunicações internacionais.

Também a comunidade científica mundial tem procurado construir ligações intercontinentais rápidas e com capacidade que possa satisfazer as necessidades presentes e futuras do desenvolvimento da ciência. Assim, com o apoio da Comissão Europeia, de vários governos da América do Sul e de várias redes de investigação e educação, está a ser projetado um sistema submarino ótico de alta capacidade ligando o Brasil e a Europa, designado por BELLA (*Building European Link to Latin America*), cujos objetivos são a melhoria da interconexão entre as redes de pesquisa e educação da Europa e da América Latina, a fim de se alcançarem objetivos políticos relacionados com a cooperação internacional no desenvolvimento inter-regional nas e-infraestruturas, segurança e espaço. Neste último aspeto, elemento fundamental a considerar no projeto, são os observatórios astronómicos existentes nos Andes, Chile, como o Observatório Europeu do Sul (*European Southern Observatory - ESO*) cujos projectos nessa área requerem a transmissão de enormes quantidades de dados para os centros de processamento de dados na Europa.

Como tem sido referido pelos promotores do projeto, prevê-se que seja Portugal como a terminação do sistema submarino na Europa, dadas as excecionais condições que o país tem para o efeito.

With the participation of CPRM, and then PT, in international submarine cable consortia, it was possible to install and land various optical systems (nine currently in service, at the stations of Sesimbra and Carcavelos) with the acquisition of know-how in terms of the technologies used and with the sale of highly specialised engineering services to the consortia concerned, particularly in the context of planning and project management, technical inspections and operation and maintenance services. These services generated high added value sales revenues, which helped ease the investments involved in landing these international systems in Portugal.

Also as a consequence of the importance assumed by Portugal as a hub in the global network of submarine cables, foreign operators established a termination station for submarine cables in Seixal, where, to date, a 3 further international optical submarine systems are landed, further enhancing Portugal's importance in the context of international telecommunications.

Meanwhile, the world's scientific community has sought to construct fast intercontinental routes with capacity that can respond to the present and future needs of science development. As such, with the support of the European Commission, various South America governments and different research and education networks, a high-capacity optical submarine system is being designed to connect Brazil and Europe. Known as BELLA (*Building European Link to Latin America*), this system seeks to improve interconnection between research and education networks in Europe and Latin America, in order to achieve policy goals related to international cooperation in the inter-regional development of e-infrastructure, security and space science. In this last aspect, a key element of the project is the astronomical observatories located in the Chilean Andes, such as European Southern Observatory (ESO) whose work in this area requires the transmission of large amounts of data to data processing centres in Europe.

As has been referred to by the promoters of the project, given the exceptional conditions that the country provides for the purpose, Portugal is likely to be selected as a termination point for the submarine system in Europe.



## A INTERNET E OS CABOS SUBMARINOS

O enorme crescimento do lançamento e instalação de cabos submarinos e das suas capacidades tem uma explicação: Internet. Em toda a sua versatilidade, a Internet é hoje uma vasta rede tecnológica que liga as pessoas, empresas e organismos públicos entre si e ao mundo dos serviços e aplicações, através de computadores, telemóveis avançados ou outros aparelhos. Indispensável no trabalho, no lazer, no comércio e na cidadania, torna mais próximos indivíduos, sociedades e nações.

A Internet, como a conhecemos nos dias de hoje, requer velocidades e capacidades elevadas só possíveis com a transmissão ótica. O cabo submarino ótico é, por isso, a grande autoestrada das comunicações. Por aqui passa 99% do tráfego Internet entre os vários continentes – voz, dados, imagens – convertido digitalmente em sequências de “0” e “1”.

Como a velocidade de um sinal ótico através de fibra ótica é de cerca de 200.000 km por segundo, o sinal demora 5 milissegundos por cada mil quilómetros percorridos. Assim, a transmissão de um email ou a execução de uma complexa operação financeira entre Lisboa e Nova Iorque (que distam cerca de 6.000km), demora 30 milissegundos.

Atualmente, a nível global, as ordens da bolsa são tomadas por computadores interligados por fibra ótica. Estes sistemas podem explorar a assimetria de informação entre mercados, fazendo arbitragem mesmo que esta assimetria dure apenas milissegundos.<sup>7</sup>

O tempo da propagação do sinal na mesma ligação via satélite é de cerca de 250 milissegundos, isto é mais de oito vezes! Daí a razão por que hoje os satélites só são usados para a Internet em países no interior de continentes com redes terrestres pouco desenvolvidas ou em zonas remotas em que não existe outro modo de acesso.

---

(7)

- 4 pares de fibra com 10 Tbps em cada
- Não se consideram outros atrasos, como sejam nas ligações terrestres associadas e nos equipamentos de processamento e de encaminhamento do tráfego

## THE INTERNET AND SUBMARINE CABLES

The tremendous growth seen in the launch and deployment of submarine cables and in their capabilities has one explanation: the Internet. For all its versatility, the Internet is now a vast technological network that connects people, businesses and public organisations to each other and to a world of services and applications through computers, smartphones and other devices. Indispensable at work, in leisure, in commerce and in citizenship, individuals, societies and nations are brought closer together.

The Internet, as we know it today, requires high speeds and capabilities which are only possible with optical transmission. As such, optical submarine cables act as massive highways of communications. They carry 99% of Internet traffic between the world's continents – voice, data, images – digitally converted into sequences of “0” and “1”.

Since the speed of an optical signal through optical fibre is about 200,000 kilometres per second, a signal takes 5 milliseconds to travel one thousand kilometres. As a result, the transmission of an email or execution of a complex financial transaction between Lisbon and New York (about 6,000 kilometres apart) takes 30 milliseconds.

Today, global financial market orders are taken by computers interconnected by optical fibre. These systems can exploit the asymmetry of information between markets, profiting from arbitration, even if this asymmetry lasts just milliseconds.<sup>7</sup>

The propagation of a signal over the same link by satellite takes about 250 milliseconds; that is more than eight times longer! This is why, today, satellites are only used for Internet connections in countries in the interior of continents with poorly developed terrestrial networks, or in remote areas where there is no other available means of access.

---

(7)

- 4 fibre pairs with 10 Tbps in each
- Other delays are not considered, such as from associated terrestrial links and as caused by traffic processing and routing equipment

## TECNOLOGIA, TÉCNICAS E CONFIGURAÇÕES DOS ATUAIS SISTEMAS SUBMARINOS ÓTICOS

As tecnologias óticas e as técnicas de instalação, exploração e manutenção dos cabos submarinos têm a sua especificidade e implicam trabalhos complexos e especializados.

Estas atividades vão do carregamento do cabo no navio e lançamento e deposição no fundo do mar, à amarração e reparação, ou à partilha de utilização do fundo do mar e prevenção de cortes.

Na exposição foram apresentados diversos vídeos explicativos do tema.

Começamos por referir que uma fibra ótica é um filamento flexível e transparente constituído por um núcleo fabricado a partir de vidro ou plástico extrudido com elevada pureza de transparência envolto por uma bainha do mesmo material mas com menor índice de refração. Tem um diâmetro de alguns micrómetros, ligeiramente superior ao de um cabelo humano. O vidro é o mais utilizado, pois absorve menos as ondas eletromagnéticas na gama da luz e em particular na zona da radiação infravermelha. De uma forma muito simplificada, podemos dizer que a luz se propaga no interior da fibra por meio de reflexões entre o núcleo e a bainha – embora a radiação eletromagnética não seja visível, já que tem frequências na banda do infravermelho.

As fases de projecto, lançamento, instalação, operação e manutenção dos cabos submarinos são de grande complexidade, tanto mais que se estendem por grandes espaços geográficos o que implica diferentes situações jurídico-económicas.

O projeto dum sistema de cabo submarino internacional requer autorizações e intervenção de várias entidades, governamentais, fornecedores, compradores e utilizadores, como é o caso dos operadores e outros prestadores de serviços de telecomunicações. Na fase de projeto e pré-lançamento é feito o levantamento topográfico das condições do fundo do mar, recorrendo a equipamentos e meios mecânicos, de que se destacam os sonares instalados em navios especiais.

Para o lançamento e reparação dos cabos submarinos são também utilizados navios especializados, detentores da mais recente tecnologia da navegação e manobrabilidade.

## TECHNOLOGY, TECHNIQUES AND CONFIGURATIONS OF CURRENT OPTICAL SUBMARINE SYSTEMS

Optical technology and techniques used in the installation, operation and maintenance of submarine cables have their own specificity and involve complex and specialized work.

These activities range from loading cable onto ships, the laying of deep sea cable, landing and repairing cable, as well as sharing use of the seabed and work to prevent cables being damaged or severed.

As part of the exhibition, a number of explanatory videos are presented on this theme.

We start by noting that an optical fibre is a flexible and transparent filament comprising a core manufactured from extruded glass or plastic, with a high degree of transparency, surrounded by a transparent cladding of the same material with a lower refraction index. A fibre's diameter is a few microns, slightly thicker than a human hair. Glass is most widely used because it provides lower absorption of electromagnetic waves in the light range and in particular in the region of infrared radiation. To simplify greatly, it could be said that light propagates inside the fibre by reflecting between the core and the cladding – even though, because it contains frequencies in the infrared band, the electromagnetic radiation is not visible.

The design, deployment, installation, operation and maintenance of submarine cables entails great complexity, especially when extended over large geographic areas, entailing different legal and economic situations.

Conceiving an international submarine cable system requires authorisations and intervention by various authorities, governments, suppliers, purchasers and users, such as operators and other telecom service providers. At the design and pre-laying stage, topographical surveys are made of seabed conditions, using mechanical equipment, including, in particular, sonar installed aboard special ships.

Specialized ships are also required to lay and repair submarine cable, equipped with the latest navigation technology and with upmost manoeuvrability. As well as being able to carry thousands of kilometres of cable in cylindrical drums, requiring special storage conditions for repeaters and bypass units and testing



Lançamento de uma unidade de derivação (2011).  
Branching unit deployment (2011).

Para além de acomodarem milhares de quilómetros de cabo em cubas cilíndricas, necessitam de condições especiais de armazenamento dos repetidores e de unidades de derivação e laboratórios de teste e ensaio, estes navios dispõem de equipamentos especializados para a colocação (ou levantamento) dos cabo e respectivos ensaios.

De entre estes destaca-se a charrua submarina, que abre uma vala até 1 metro nos fundos mais próximos da praia (até à profundidade de 1000 metros), onde o cabo é enterrado coberto por areia, como medida de proteção às agressões externas mais frequentes na rota de aproximação à praia onde o cabo é amarrado. Nas zonas mais sensíveis é usado ainda equipamento remotamente operado (ROV – *Remote Operated Vehicle*) que, para além de proceder à inspeção visual da colocação ou da situação do cabo, pode ainda realizar trabalhos mecânicos. Alguns ROV possuem braços mecânicos que permitem movimentar objetos incluindo o próprio cabo ou lançar jatos de ar comprimido.

A bordo destes navios existe, ainda, um conjunto de equipamentos de teste, monitorização e supervisão do processo de lançamento ou reparação de cabos submarinos controlados por técnicos altamente especializados.

laboratories, these ships also require specialized equipment for the laying (or lifting) of cable and testing.

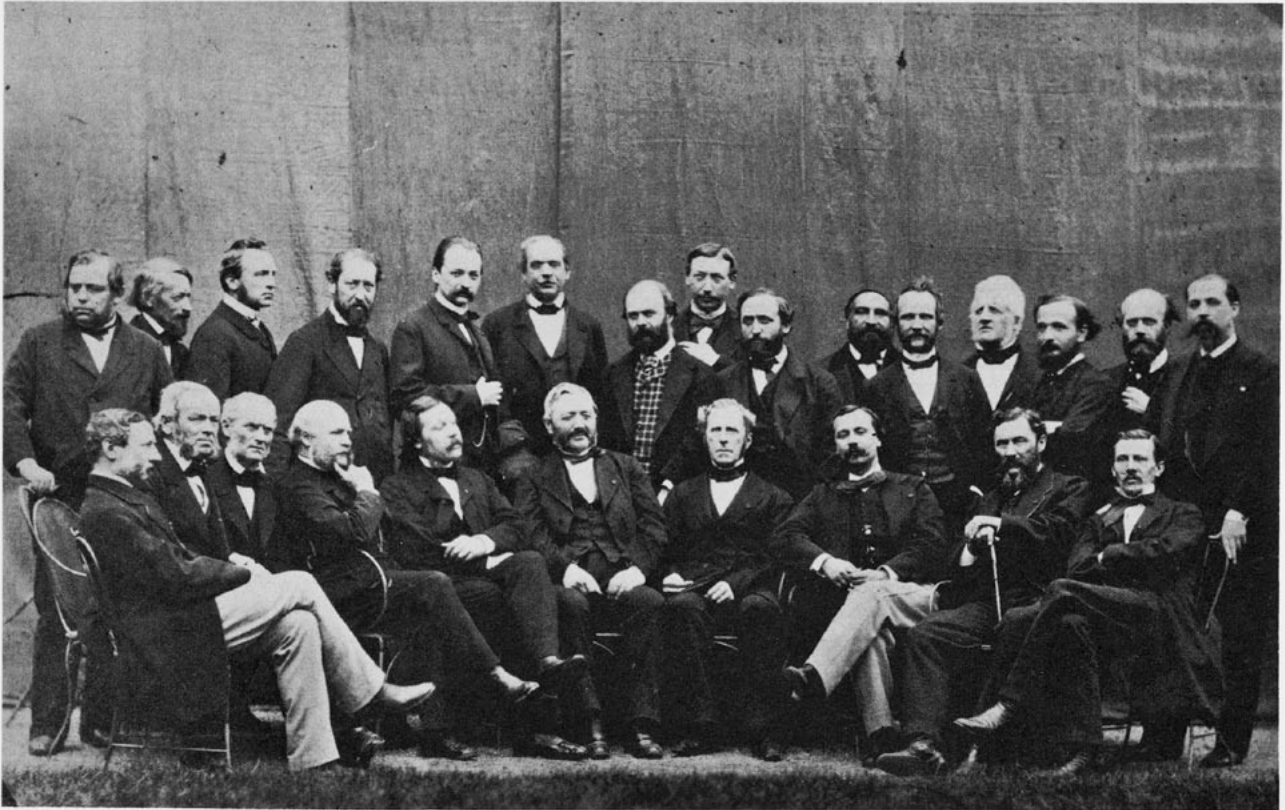
Among this equipment is the underwater plough – a device which opens up a trench up to 1 metre deep in areas closest to the shore (up to a depth of 1000 meters), in which the cable is buried in sand, as a protective measure against the most frequent external aggression where the cable route approaches the shore to be landed. In the most sensitive areas, remotely operated equipment (ROV – Remotely Operated Vehicles) are also used – in addition to carrying out visual inspections of the laid cable or its position, ROVs also perform mechanical work and some ROVs have mechanical arms that can be used to move objects including the cable itself or launch jets of compressed air.

Cable ships also carry a set of equipment used in the testing, monitoring and control of the cable laying or repair process, controlled by highly specialized technicians.



Charrua para enterramento do cabo submarino.  
Sea plough for submarine cable burial.





HERNIQUE PHOT.

31, RUE DE TLEBURUS, PARIS

Fotografia da Conferência Telegráfica Internacional, Paris (1865).  
Photograph of the International Telegraph Conference, Paris (1865).

## A COMEMORAÇÃO DO 150º ANIVERSÁRIO DA UNIÃO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (UIT)

### COMMEMORATION OF THE 150TH ANNIVERSARY OF THE INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION (ITU)

Todos os anos a UIT convida os seus Estados Membros e Membros do Sector a celebrar o dia 17 de maio como o Dia Mundial das Telecomunicações desde 1969 e, ulteriormente, como Dia mundial das Telecomunicações e da Sociedade da Informação (DMTSI) desde 2007, e sugere um tema a desenvolver em cada país com o intuito de estimular a reflexão e o intercâmbio de ideias sobre o referido tema, bem como promover um debate alargado sobre diversos aspectos com todos os actores da sociedade. Para este ano de 2015, a União propôs a evocação do papel das TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) como motores da Inovação.

Com este propósito, julgamos oportuno recordar, antes de mais, num olhar breve os primeiros passos da telegrafia eléctrica e da cooperação internacional que conduziram à criação e organização da União, até ao mais

Every year, on 17 May, the ITU invites its Member States and Sector Members to celebrate World Telecommunication and Information Society Day (World Telecommunication Day from 1969 until 2006) and suggests a theme to be developed in each country to stimulate a reflection and exchange of ideas, and to promote broad debate on various aspects of the theme across society. For 2015, the Union proposed to highlight the role of ICT (Information and Communication Technologies) as drivers of innovation.

To this end, we deem it fitting, first of all, to take a brief look at the inception of the electric telegraph and the international cooperation which first led to the creation and organisation of the Union, up to the most recent institutional model, which has enabled the advancement and development of telecommunications over time in fulfilment of



recente modelo institucional que permitiu o impulso e desenvolvimento das telecomunicações ao longo do tempo em cumprimento do objectivo de conectar o mundo, para o qual Portugal contribuiu de forma muito activa e empenhada.

Mais adiante, e retomando o conceito do tema proposto, também procurámos destacar, com uma pequena mostra que se exhibe ao público e que aqui assinalamos, alguns dos mais interessantes contributos e brilhantes inovações técnicas produzidas pelo génio e criatividade lusitana.

## BREVE HISTÓRIA

Ainda que não se possa atribuir em exclusivo ao norte-americano Samuel Morse a invenção do telégrafo eléctrico, teve pelo menos o mérito de se adiantar no registo da patente de um modelo de sua autoria em 1837, e de ter inventado um código de sinais em 1840 que tomou o seu nome e que muito contribuiu para o uso e expansão da telegrafia eléctrica. A primeira ligação pública com os aparelhos de Morse ocorreu entre as cidades de Washington e Baltimore em 1844. Quatro anos decorridos e já se estendiam os cabos telegráficos por alguns dos Estados europeus.

No ano seguinte começava a aventura de formalizar entendimentos perante a necessidade dos estados dialogarem e franquearem as estreitas fronteiras políticas dos Estados à vontade de comunicação entre os povos.

A primeira Convenção telegráfica internacional foi outorgada entre a Áustria e a Prússia em 1849 e no ano seguinte foi criada a União Telegráfica Austro-alemã com o acordo inicial de Áustria, Prússia Baviera e Saxe.

Entretanto, outros Estados com interesses comuns também se reuniram em Paris, em 1855, e criaram a União Telegráfica da Europa Ocidental com a participação da França, Bélgica, Sardenha, Suíça e Espanha, à qual iriam aderir a Holanda e Portugal (1856). Neste mesmo ano Portugal celebraria uma outra convenção telegráfica com a vizinha Espanha.

Na Europa, entre 1858 e 1864 prevaleceram duas convenções assinadas naquele primeiro ano, a de Berna entre os Estados da União Telegráfica da Europa Ocidental e a de Bruxelas entre a Bélgica, França e Prússia.

Através destes acordos procurava-se agilizar processos facilitadores das comunicações entre fronteiras, como por exemplo o da

the goal of connecting the world – a goal to which Portugal has made a very active and robust contribution.

Later, and resuming to the concept of the proposed theme, we have also sought to emphasize, with a small exhibit, which is on display to the public and which we highlight here, some of the more interesting contributions and outstanding technical innovations resulting from Portuguese ingenuity and creativity.

## BRIEF HISTORY

While the invention of the electric telegraph cannot be attributed exclusively to America's Samuel Morse, he at least registered a patent for a model of his own design in 1837 and is recognised as the inventor of a signalling code in 1840 which took his name and which contributed greatly to the electric telegraph's use and expansion.

The first public connection using Morse devices was made between the cities of Washington and Baltimore in 1844 – four years later, telegraph cables were already connecting some European states.

In the following year, given the need for dialogue between different countries and the desire for communication between peoples beyond the narrow political boundaries of nation states, the process was begun to formalise agreements on telegraph use.

The first International Telegraphic Convention was concluded between Austria and Prussia in 1849, and in the following year, the Austro-German Telegraph Union was founded with the initial agreement of Austria, Prussia, Bavaria and Saxony.

However, in the meantime, another group of States with common interests met in Paris, in 1855, and set up the Western European Telegraph Union with the participation of France, Belgium, Sardinia, Switzerland and Spain, with the Netherlands and Portugal joining later in 1856. In the same year, Portugal concluded another telegraphic agreement with neighbouring Spain.

In Europe, between 1858 and 1864, two different conventions prevailed, each signed in 1858: the Berne Convention between the members of the Western European Telegraph Union and the Brussels Convention between Belgium, France and Prussia.

Through these agreements, Europe's States sought to streamline processes facilitating

diversidade linguística que dificultava a troca expedita de despachos telegráficos, pelo que foi aceite utilizar como línguas oficiais nas relações internacionais o francês, o inglês, o alemão, o italiano e o espanhol. Na Conferência de Berna (1858), seria a vez do português ganhar direitos de língua oficial.

A fusão das duas uniões seria o plano seguinte, para aí se dirigiam de modo irreversível vontades e interesses comuns. A França tomou a iniciativa, convidando por intermédio dos seus representantes diplomáticos todos os estados europeus a enviar delegados a Paris para a participação num congresso telegráfico.

Para o efeito, reuniram-se naquela cidade, de 1 de Março a 17 de Maio de 1865, vinte delegados de outros tantos países europeus, a saber: Áustria (Hungria), Grande-Ducado de Baden, Baviera, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Grécia, Hamburgo, Hanover, Itália, Países-Baixos, Prússia, Rússia, Saxe, Suécia e Noruega, Turquia, Wurtemberg e Portugal. O nosso país teve como delegado e representante José Vitorino Damásio (1807–1875), Director Geral dos Telégrafos.

No final dos trabalhos, foi assinada a primeira Convenção Telegráfica Internacional e criada a União Telegráfica Internacional. Entre outras, foram igualmente aprovadas as seguintes medidas: para todas as comunicações internacionais foi reconhecido e adoptado oficialmente o sistema Morse; autorizada a redacção de telegramas em qualquer língua dos estados europeus; acordadas novas tarifas para a taxaçaõ dos telegramas.

A Convenção de Paris e o seu Regulamento foram revistos em Viena (1868), Roma (1872), São Petersburgo (1875). No Congresso Internacional Telegráfico, realizado em Londres (1879), Valentim Evaristo do Rego (1825–1884), Director Geral dos Telégrafos, em representação de Portugal, teve uma participação bastante activa ao propor a fixação das taxas dos telegramas internacionais que mereceu a aprovação geral.

Também na Convenção de Berlim em (1885) se procedeu à revisão do Regulamento vigente, mas esta reunião seria muito relevante, pois pela primeira vez foram incorporadas disposições relativas ao serviço telefónico. Nesta mesma cidade, dois anos mais tarde seria assinada pelos países participantes a primeira Convenção Internacional Radiotelegráfica.

A 10ª Conferência da União Telegráfica Internacional (1908) reunida em Lisboa, teve a particularidade de, por iniciativa do Director-Geral dos Correios e Telégrafos de Portugal,

cross-border communication, for example by seeking to address language differences which hindered the expeditious exchange of telegraph dispatches; as such it was accepted that French, English, German, Italian and Spanish should be used as official language in international relations, while Portuguese was also granted official language rights at the Berne Conference (1858).

The next step would be to merge the two unions, a goal driven irreversibly by common will and interests. France took the initiative, and through its diplomatic missions, France invited all European states to send delegates to Paris to participate in a telegraph conference.

From 1 March to 17 May 1865, twenty delegates met from twenty European countries: Austria (Hungary), the Grand Duchy of Baden, Bavaria, Belgium, Denmark, France, Greece, Hamburg, Hanover, Italy, the Netherlands, Prussia, Russia, Saxony, Spain, Sweden and Norway, Switzerland, Turkey, Wurtemberg and Portugal. The Portuguese delegate and representative was José Vitorino Damásio (1807–1875), General Director of Telegraphs.

As proceedings concluded, the first International Telegraph Convention was signed and the International Telegraph Union was founded. And a set of other measures was approved: the Morse system was officially recognized and adopted for all international communications; telegrams could be written in any language of the European states; and new telegram fees were agreed.

The Paris Convention and its Regulations were revised in Vienna (1868), Rome (1872) and St. Petersburg (1875). At the International Telegraph Conference held in London (1879), Portugal was represented by Valentim Evaristo do Rego (1825–1884), General Director of Telegraphs, who took an active part, proposing the establishment of fees for international telegrams, which gained general approval.

The Regulations were revised again at the Berlin Conference (1885), although the great importance of this meeting was due to the inclusion, for the first time, of provisions related to the telephone service. In this same city, two years later, participating countries would sign the first International Radiotelegraph Convention.

The 10<sup>th</sup> Conference of the International Telegraph Union (1908), which gathered in Lisbon, was notable because the delegates approved a proposal to erect a memorial in

Conselheiro Alfredo Pereira (1853–1925), os delegados presentes terem aprovado a proposta de se erigir em Berna um monumento comemorativo do cinquentenário da União. Porém, o projecto foi adiado devido aos acontecimentos da 1ª Guerra Mundial (1914–18), mas o monumento foi finalmente erigido e inaugurado em 16 de Dezembro de 1922.

A existência de convenções internacionais de Telegrafia e de Radiotelegrafia colocava novos desafios de aproximação no diálogo dos intervenientes operacionais das telecomunicações mundiais. Até que os membros de ambas as convenções decidem reunir em Madrid (1932), de que resultou a fusão de ambos os acordos num único instrumento normativo – a Convenção Internacional das Telecomunicações, com a aprovação de novos Regulamentos de radiocomunicações, telegráfico e telefónico, passando a adotar a designação atual de União Internacional das Telecomunicações (UIT).

Com o final da Segunda Guerra Mundial (1939–1945) evidenciam-se os enormes progressos técnicos e científicos que aceleram o desenvolvimentos das telecomunicações, sobretudo pela relevância das radiocomunicações que inundaram o espectro radioelétrico, pelo que seria urgente estabelecer novos acordos internacionais com novos horizontes para as radiocomunicações. É neste contexto que em 1947 a UIT se torna uma agência especializada da Organização das Nações Unidas (ONU), e transfere a sua sede de Berna para Genebra, na Suíça (1948).

No período seguinte a União moderniza-se, promove e estimula os novos desafios e desenvolvimentos do sector das telecomunicações. Nos primeiros anos da década de 50 havia cerca de 90 milhões de postos telefónicos em todo o mundo, trinta anos depois este número ascendia a mais de 400 milhões. Sem dúvida que muito deste progresso se deveu às excelentes políticas globais de desenvolvimento e de cooperação internacional.

A União acompanha muito activamente todas as inovações tecnológicas das últimas décadas, como os satélites de comunicações, a digitalização, a fibra óptica, a computação, a internet ou as tecnologias móveis, criando dentro da sua estrutura funcional, Comités e grupos de trabalho para estudar, propor planos participativos de gestão de recursos e elaborar recomendações.

A atual estrutura da UIT, que resulta da Constituição e Convenção adotadas em 1992, integra três setores especializados para as suas principais áreas de intervenção – Radiocomunicações (UIT-R), Normalização

Bern, Switzerland, to mark the Union's 50<sup>th</sup> anniversary. The proposal was advanced on the initiative of the Director-General of Correios e Telégrafos de Portugal (Portugal Post, Telegraph), Alfredo Pereira (1853–1925). However, the project was delayed by the onset of World War One (1914–18), and it wasn't until on 16 December 1922 that the monument was finally completed and opened.

The existence of international telegraph and radiotelegraph conventions posed new challenges of approximation in the dialogue between operational players in global telecommunications. This was until members of both Conventions decided to meet in Madrid (1932), resulting in the merger of the two conventions into a single normative instrument – the International Telecommunication Convention, with the approval of new Radio, Telegraph and Telephone Regulations and adoption of the current name of International Telecommunication Union (ITU).

By the end of World War II (1939–1945), enormous technical and scientific advancements had accelerated the development of telecommunications and above all radio communications, inundating the radio spectrum; as a result, new international agreements were urgently required, with new approaches to radiocommunications. It was in this context that, in 1947, the ITU was made a specialized agency of the United Nations (UN) and transferred its headquarters from Bern to Geneva, Switzerland (1948).

Over the next year, the Union was modernised, going on to promote and foster new challenges and developments in the telecommunications sector. In the early 1950s there were about 90 million telephones worldwide, thirty years later there were around 400 million. Without doubt, a large part of this progress is due to the excellence of global policy designed to ensure development and international cooperation.

The Union has been actively following all the technological innovations of recent decades, such as in satellites communication, scanning, optical fibre, computing, the Internet and mobile technology, setting up committees and working groups within its functional structure to study, to propose participatory resource management plans and to make recommendations.

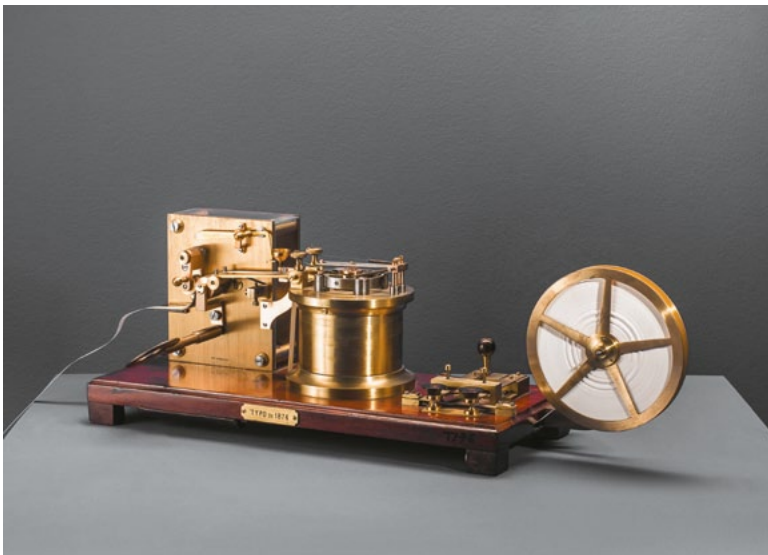
The ITU's current structure, which results from the Constitution and Convention adopted in 1992, includes three specialized sectors focusing on the main areas of the Union's activity - Radiocommunication Sector (ITU-R), Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) and Telecommunication

das Telecomunicações (UIT-T) e Desenvolvimento das Telecomunicações (UIT-D). Dela fazem parte 193 Estados Membros e mais de 700 Membros dos Sectores e Associados, constituídos por diferentes entidades com interesses no sector das telecomunicações, como operadores, fabricantes e instituições académicas.

Hoje a UIT é responsável pela regulação, normalização e desenvolvimento das telecomunicações a nível mundial, zelando e assegurando pela harmonização das políticas nacionais de telecomunicações dos Estados Membros, abrangendo todo o sector das Tecnologias de Informação e da Comunicação (TIC), desde a radiodifusão digital à Internet e das tecnologias móveis à TV 3D.

Standardization Sector (ITU-D). The Union is made up of 193 Member States and more than 700 Sector Members and Associates, comprising different entities with interests in the telecommunications sector, including operators, manufacturers and academic institutions.

Today, the ITU is responsible for the regulation, standardisation and development of telecommunications worldwide, safeguarding and ensuring the harmonisation of the national telecommunications policies of Member States, covering the entire Information and Communication Technology (ICT) sector, from digital broadcasting to the Internet, from mobile to 3D television.



Telégrafo de Bramão (1874).  
Bramão telegraph (1874).

## 150 ANOS DE INOVAÇÕES PORTUGUESAS NESTA EXPOSIÇÃO

**O Telégrafo de Bramão de 1874** – Cristiano Augusto Bramão (1840–1881) começa a desenvolver os seus inventos e inovações na telegrafia e na telefonia a partir de 1873. No ano seguinte, após a realização de algumas experiências bem sucedidas, começam a funcionar com regularidade, entre Lisboa, Porto, Coimbra e Bom Sucesso, dez aparelhos telegráficos por si concebidos e alterados que permitiam uma maior velocidade na comunicação e um menor consumo de fita telegráfica.

Poucos anos depois, foram apresentados na Exposição Universal de Paris, em 1878, os seguintes equipamentos de telegrafia por si inventados: dois galvanómetros, um denominado Galvanómetro Universal “Bramão”, e outro, Galvanómetro Universal Diferencial “Bramão”; três aparelhos telegráficos de tipos

## 150 YEARS OF PORTUGUESE INNOVATIONS IN THIS EXHIBITION

**The 1874 Bramão Telegraph** – Cristiano Augusto Bramão (1840–1881) began to develop his inventions and innovations in telegraphy and telephony from 1873. In the following year, after some successful experiments, ten telegraph devices began to operate regularly between Lisbon, Porto, Coimbra and Bom Sucesso, designed and modified to provide higher speeds of communication and to reduce consumption of telegraph tape.

A few years later, at the *Exposition Universelle* in Paris in 1878, the following telegraph devices were presented (invented by Bramão): two galvanometers – a so-called “Bramão” Universal Galvanometer and a “Bramão” Differential Universal Galvanometer; three telegraph instruments of different types – the early model of 1872, the modified model of 1873 and the definitive model of 1874; and a two-way telegraph table, built by Augusto Herrmann (1838–1913).

The innovative efforts and the success achieved at this international meeting earned recognition from Portugal’s *Direcção-Geral dos Telégrafos e Faróis* (Directorate-General of Telegraphs and Lighthouses) and Bramão was awarded a “Diploma de Honra” (Diploma of Honour), equivalent of a “Grand Medal”.

**The Bramão Table Telephone of 1879** – Alexander G. Bell, registered a patent for a telephone model in 1876 and in the following year, the first successful experiments with telephone devices using Bell’s system took place in Portugal between Carcavelos and Lisbon; these were led by Cristiano Augusto Bramão.

Excited by this new and powerful means of communication, Bramão invented a new telephone model – this was considered as an





Telefone de mesa de Bramão (1879).  
Bramão table telephone (1879).

MIMO da TMN, o primeiro serviço de telemóvel pré-pago do mundo (1995).  
MIMO, from TMN, the world's first pre-paid mobile service (1995).

diferentes, o primitivo de 1872, o modificado de 1873 e o definitivo de 1874; uma mesa telegráfica de duas direcções, construída por Augusto Herrmann (1838–1913). O esforço inovador e o êxito obtido neste encontro internacional foram premiados com a atribuição à Direcção-Geral dos Telégrafos e Faróis portugueses de um “Diploma de Honra” equivalente a “Grande Medalha”.

**O telefone de mesa Bramão de 1879** – Alexander G. Bell, registou a patente do seu modelo de telefone em 1876 e no ano seguinte já se realizavam em Portugal, entre Carcavelos e Lisboa, as primeiras experiências bem sucedidas com aparelhos telefónicos do sistema daquele inventor, dirigidas por Cristiano Augusto Bramão. Estusiasmado por este novo e poderoso meio de comunicação, Bramão inventa um novo modelo de telefone, considerado uma referência a nível internacional, por ter sido o primeiro aparelho do mundo a apresentar reunidos numa única peça, o auscultador e o microfone. Solução adotada pela indústria do sector, alguns anos mais tarde.

**O MIMO, da TMN** – O primeiro serviço de telemóvel pré-pago do mundo (Cartão MIMO) foi lançado em Portugal em 1995 com enorme êxito. Desde então todas as grandes operadoras nacionais e internacionais irão adoptar esta solução comercial no universo das telecomunicações.

international reference as the first telephone in the world featuring the transmitter and receiver in a single piece. It was a solution that was adopted by the industry some years later.

**MIMO** pre-paid mobile phone service, from TMN – The world's first pre-paid mobile phone service (MIMO) was launched in Portugal in 1995 with great success. Since then all major national and international telecom operators have adopted commercial models based on this solution.

## ANEXO I / APPENDIX I BREVE CRONOLOGIA MUNDIAL DO CABO SUBMARINO (1850–2015) BRIEF GLOBAL CHRONOLOGY OF THE SUBMARINE CABLE (1850–2015)

**1850** Primeiro cabo submarino internacional (França – Reino Unido). [First international submarine cable \(France – United Kingdom\)](#).

**1858** Primeiro cabo submarino transatlântico (Irlanda – Canadá). Capacidade de transmissão média de 6 palavras / hora. [First transatlantic submarine cable \(Ireland – Canada\)](#). [Average transmission capacity of 6 words / hour](#).

**1866** Primeiro cabo submarino transatlântico com qualidade e continuidade de serviço (Irlanda – Canadá). Capacidade de transmissão: 8 palavras por minuto. [First transatlantic submarine cable with quality and service continuity \(Ireland – Canada\)](#). [Transmission capacity: 8 wpm](#).

**1870** Primeiro cabo submarino internacional amarrado em Portugal. [First International submarine cable landing in Portugal](#).

**1872/75** Sistemas com multiplexagem e transmissão duplex. Capacidade de transmissão: 40 palavras / minuto. [Duplex and multiplexing transmission systems](#). [Transmission capacity: 40 wpm](#)

**1891** Primeiro cabo submarino internacional para comunicações telefónicas (França – Reino Unido). [First international submarine cable for telephone communications \(France – United Kingdom\)](#).

**1898** Regeneração automática nas estações intermédias dos cabos submarinos. [Automatic regeneration in relay submarine cable stations](#).

**1921** Primeiro cabo submarino telefónico de grande profundidade (Cuba – EUA). [First submarine telephone cable laid at great depth \(Cuba – USA\)](#).

**1924** Primeiro cabo submarino com carga indutiva contínua com liga permalói e amplificação eletrónica (Açores – EUA). Capacidade de transmissão: 400 palavras / minuto. [First submarine cable with continuous inductive loading using permalloy and electronic amplification \(Azores – USA\)](#). [Transmission capacity: 400 wpm](#).

**1928** Último cabo submarino telegráfico transatlântico instalado (Açores – Canadá). [The last installed transatlantic telegraph submarine cable \(Azores – Canada\)](#)

**1936** Varioplex – permite o envio de 36 mensagens simultâneas em cada direcção. Capacidade de transmissão: 4000 palavras / minuto. [Varioplex – allows transmission of 36 simultaneous messages in each direction](#). [Transmission capacity: about 400 wpm](#).

**1943** Primeiro cabo submarino coaxial telefónico com amplificação do sinal em repetidores inseridos

no próprio cabo (Gales – Ilha Man). [First telephone coaxial submarine cable with signal amplification in repeaters inserted in the cable \(Wales – Isle of Man\)](#).

**1956** Primeiro cabo submarino transatlântico coaxial (Escócia – Canadá). Capacidade de transmissão: 36 conversações vocais simultâneas. [First transatlantic coaxial submarine cable \(Scotland – Canada\)](#). [Transmission capacity: 36 telephone simultaneous conversations](#).

**1969** Primeiros cabos submarinos coaxiais amarrados em Portugal (Portugal – África do Sul e Portugal – Reino Unido). Capacidade de transmissão: 360 e 640 conversações vocais simultâneas, respetivamente. [First two coaxial submarine cables landed in Portugal \(Portugal – South Africa and Portugal – United Kingdom\)](#). [Transmission capacity: 360 and 640 telephone simultaneous conversations, respectively](#).

**1983** Último cabo submarino coaxial transatlântico a ser lançado (Reino Unido – Estados Unidos). Capacidade de transmissão: 4000 conversações vocais simultâneas. [Last transatlantic coaxial submarine cable to be installed \(United Kingdom – USA\)](#). [Transmission capacity: 4,000 telephone simultaneous conversations](#).

**1988** Primeiro sistema submarino transatlântico ótico e com unidade de derivação (EUA – Reino Unido – França). Capacidade de transmissão: 40 000 conversações vocais simultâneas. [First transatlantic optical submarine system with a branching unit \(USA – United Kingdom – France\)](#). [Transmission capacity: 40,000 telephone simultaneous conversations](#)

**1992** Primeiro sistema submarino ótico amarrado em Portugal (Continente – França – Marrocos – Madeira). [First optical submarine system landed in Portugal \(Mainland – France – Morocco – Madeira Isles\)](#).

**1996** Amplificação ótica nos repetidores no sistema transatlântico TAT-12. Capacidade de transmissão: 600 000 conversações vocais simultâneas. [Optical amplification in the repeaters of the TAT-12 transatlantic system](#). [Transmission capacity: 600,000 telephone simultaneous conversations](#)

**1999** Maior comprimento (40 000 km) dum sistema de cabo submarino e com utilização de multiplexagem ótica (Wavelength Division Multiplexing – WDM). [Longest submarine cable system ever installed \(40,000 km\) with optical multiplexing technology \(Wavelength Division Multiplexing - WDM\)](#).

**2001** Primeira utilização de unidades de derivação de comprimentos de onda – (Optical Add-Drop Multiplexer - OADM). [First use of optical add-drop multiplexer \(OADM\) in branching units](#).

**2015** Detecção coerente com débito de 100 Gbps por comprimento de onda, permitindo transmissão de 10 Tbps por fibra. Capacidade de transmissão: 10 000 milhões de conversações de voz ou 10 milhões de canais TV ou descarregamento de 5 milhões de livros por segundo.

Coherent detection achieving a rate of 100 Gbps per wavelength, thus enabling a transmission of 10 Tbps in an optical fibre. Transmission capacity: 10 billion telephone simultaneous conversations or 10 million TV channels or downloading 5 million books per second.

## **ANEXO II / APPENDIX II DATAS DOS CABOS SUBMARINOS EM PORTUGAL (1855–2015) DATES OF SUBMARINE CABLES IN PORTUGAL (1855–2015)**

**1855** Inauguração da rede de telegrafia eléctrica em Portugal. A partir deste ano as grandes companhias internacionais de cabos submarinos fazem chegar várias propostas de amarração de cabos em território português. *Inauguration of the electric telegraph network in Portugal. Starting this year, large international submarine cable companies present proposals to land cables on Portuguese territory.*

**1856** Lançados os primeiros três cabos telegráficos submarinos (subfluviais), no rio Tejo, na ria de Samora e no vau de Alcochete, para passagem das linhas telegráficas à margem sul e ligação a Elvas. *The first three underwater (subfluvial) telegraph cables are laid, under the river Tagus, under the Samora estuary and under the ford of Alcochete, to carry telegraph lines to the south bank and link to Elvas.*

**1870** Lançamento do primeiro cabo telegráfico submarino ligando Portugal a Inglaterra e Gibraltar, permitindo ligações com Malta, Índia e China. *First telegraph submarine cable laid linking Portugal to England and Gibraltar, enabling onward connections to Malta, India and China.*

**1872** Duplicação do cabo Porthcurno (Inglaterra) –Carcavelos (Portugal) que tinha sido construído em 1870. *Duplication of Porthcurno (England) – Carcavelos (Portugal) Cable, built in 1870.*

**1873** Construído o cabo Porthcurno – Vigo (Espanha) – Carcavelos. *Construction of the Porthcurno – Vigo (Spain) – Carcavelos Cable.*

**1874** Ligação, por cabo submarino, entre as ilhas da Madeira e S. Vicente (Cabo Verde). O Brasil passou a estar ligado à Europa, através de Carcavelos, Madeira e Cabo Verde. *Connection, by submarine cable between the islands of Madeira and S. Vicente (Cabo Verde). Brazil became connected to Europe through Carcavelos, Madeira and Cabo Verde.*

**1876** Construído o cabo telegráfico submarino Vigo (Espanha) – Caminha (Portugal). *Construction of the telegraph submarine cable, Vigo (Spain) – Caminha (Portugal).*

**1883** A rede de cabos submarinos abrange as ligações: Lisboa – Madeira – S.Vicente Cabo Verde) – Pernambuco (Brasil); Caminha a Vigo; Lisboa a Falmouth (Inglaterra); Vila Real de Santo António a

Gibraltar e Lisboa a Gibraltar. The submarine cable network covers the following links: Lisbon – Madeira – Sao Vicente (Cabo Verde) – Pernambuco (Brazil); Caminha to Vigo; Lisbon to Falmouth (England); Vila Real de Santo António to Gibraltar and Lisbon to Gibraltar.

**1885** Entrada em funcionamento de novos cabos submarinos: Carcavelos a Vigo; Moçambique – Zanzibar; Moçambique – Lourenço Marques; Lourenço Marques – Durban e Macau – Hong Kong. *Entry into operation of new submarine cables: Carcavelos to Vigo; Mozambique – Zanzibar; Mozambique – Lourenço Marques; Lourenço Marques – Durban and Macau – Hong Kong.*

**1886** Lançamento de novos cabos submarinos: Bolama – Bathurst; Santiago – Bathurst; São Tomé – Porto Novo; São Tomé – Libreville; São Tomé – Príncipe – Luanda. Inauguração do serviço telegráfico submarino entre Lisboa e Luanda. *Launch of new submarine cables: Bolama – Bathurst; Santiago – Bathurst; São Tomé – Porto Novo; São Tomé – Libreville; São Tomé – Príncipe – Luanda. Inauguration of telegraphic submarine service between Lisbon and Luanda.*

**1888** Prolongamento do cabo submarino amarrado na Cidade do Cabo, até Luanda, pela Eastern & South African Telegraph Company. Construído o cabo submarino Vila Real de Santo António – Cadiz – Gibraltar. *Submarine cable landed in Cape Town extended to Luanda by Eastern & South African Telegraph Company. Construction of the submarine cable, Vila Real de Santo António – Cadiz – Gibraltar.*

**1893** Lançamento do cabo telegráfico submarino entre o continente (Carcavelos) e os Açores (Ponta Delgada). Na cerimónia de inauguração da estação de Carcavelos estiveram presentes o rei D. Carlos, as rainhas D. Amélia e D. Maria Pia e o infante D. Pedro, bem como o presidente da Câmara dos Deputados, o presidente do Conselho e os ministros da Guerra e das Obras Públicas. Entrada em funcionamento dos cabos submarinos Faial – Pico – São Jorge – Terceira. *Launch of the telegraph submarine cable between the Portuguese mainland (Carcavelos) and the Azores (Ponta Delgada). Opening ceremony of the Carcavelos station attended by King D. Carlos, Queen D. Amélia and Queen D. Maria Pia and Infante D. Pedro, as well as the Speaker of the Chamber of Deputies, the President of the Council and the Ministers of War and Public Works. Entry into service of submarine cables Faial – Pico – São Jorge – Terceira.*

**1895** Entrada em exploração do cabo submarino telegráfico entre Moçambique e Madagáscar. *Entry into service of the telegraph submarine cable between Mozambique and Madagascar.*

**1900** O navio inglês “Anglia” concluiu a amarração do cabo alemão Borkum I, lançado entre Emden (Alemanha) e o Faial (Açores). Ligação de um cabo submarino entre Horta e Canso (Canadá). *The English ship “Anglia” completed landing of the German cable Borkum I, laid between Emden*

(Germany) and Faial (Azores). Connection of a submarine cable between Horta and Canso (Canada).

**1901** Ligação por cabo telegráfico submarino, da Commercial Cable Company, entre a Horta e Waterville, na Irlanda (1.216.530 milhas). Connection by telegraph submarine cable, of the Commercial Cable Company, between Horta and Waterville, Ireland (1,216,530 miles).

**1903** O Borkum II, lançado pela alemã D.A.T., é amarrado na Horta. Borkum II, launched by German DAT, is landed at Horta.

**1904** Lançamento do New York II, com amarração na Horta (Açores). Laying of New York II, landed at Horta (Azores).

**1906** Lançamento do cabo Horta – Porthcurno pela companhia Europe and Azores. Lançamento de um cabo da Europe and Azores, permitindo o tráfego para o Rio de Janeiro e a África do Sul a partir da Horta. Launch of Horta – Porthcurno cable by the Europe and Azores company. Laying of a cable by the Europe and Azores Company, enabling traffic to Rio de Janeiro and South Africa from Horta.

**1914** Montagem de um cabo submarino entre Moçambique e Mossuril, com 4 km. Installation of a submarine cable between Mozambique and Mossuril, 4 km.

**1923** A Commercial Cable lança um cabo entre a Horta, Canso e Nova Iorque. A Commercial Cable lança novo cabo entre a Horta e Waterville. Commercial Cable lays a cable between Horta, Canso and New York. Commercial Cable lays a new cable between Horta and Waterville.

**1924** A Western Union lança o primeiro cabo com uso de permalói entre Rockway Beach (Nova Iorque) entre e os Açores (Horta). Western Union launches the first cable using permalloy from between Rockway Beach (New York) and the Azores (Horta).

**1926** É lançado pela companhia alemã D.A.T. um novo cabo entre a Horta e Borkum. The German company DAT launches a new cable between Horta and Borkum.

**1928** A Western Union lança um segundo cabo entre o Canadá (Bay Roberts) e os Açores (Horta). Western Union lays a second cable between Canada (Bay Roberts) and the Azores (Horta).

**1969** Inauguração da rede dos primeiros cabos submarinos em Sesimbra, o SAT-1, sistema de cabo coaxial com uma extensão total de 10.950 km e uma capacidade de 360 circuitos telefónicos, para a ligação entre Portugal e a África do Sul, com os seguintes cabos: Cidade do Cabo (Melkbosstrand) – Ilha de Ascensão (4.810 km); Ilha de Ascensão – Cabo Verde (Sal) (3.160); Cabo Verde (Sal) – Canárias (Tenerife) (1.600 km), Canárias (Tenerife) – Portugal (Sesimbra) (1.380 km). Esteve em funcionamento até 1993. Inauguration of the network of the first submarine cables in Sesimbra, SAT-1, coaxial cable system with a total length of 10,950 km and a capacity of

360 telephone circuits connecting Portugal and South Africa, with the following cables: Cape Town (Melkbosstrand) – Ascension Island (4,810 km); Ascension Island – Cabo Verde (Sal) (3,160 km); Cabo Verde (Sal) – Canary Islands (Tenerife) (1,600 km), Canary Islands (Tenerife) – Portugal (Sesimbra) (1,380 km). It remained in operation until 1993.

**1970** Inauguração do cabo transatlântico TAT-5 – MAT-1, entre Itália e Estados Unidos com amarração em Sesimbra. Sistema de cabo coaxial, com uma extensão de 6.410 km e capacidade para 845 circuitos. Inauguration of the transatlantic cable TAT-5 – MAT-1, between Italy and the United States with a landing in Sesimbra. Coaxial cable system with a length of 6,410 km and a capacity of 845 circuits.

**1972** Inauguração do serviço de telefone automático entre o Funchal e Lisboa através de cabo submarino. O sistema de cabo coaxial CAM-1 amarrava em Sesimbra e Porto Novo (Madeira), com uma extensão de 1.150 km e capacidade para 1.440 circuitos, operou até 1993. Inauguration of the automatic telephone service between Funchal and Lisbon by submarine cable. The coaxial cable system CAM-1 was landed in Sesimbra and Porto Novo (Madeira), with a length of 1,150 km and capacity of 1,440 circuits, operated until 1993.

**1979** Colocação (do lado português) do cabo coaxial submarino telefónico, TÁGIDE-1, entre Portugal (Sesimbra) e França (Penmarc'h), lançado em Novembro, com uma extensão de 1.500 km e capacidade para 2.580 circuitos telefónicos. Installation (from the Portuguese side) of the coaxial telephone submarine cable, TÁGIDE-1, between Portugal (Sesimbra) and France (Penmarc'h), launched in November, with a length of 1,500 km and capacity of 2,580 telephone circuits.

**1982** Entra em serviço o Sistema ATLANTIS 1, fazendo a ligação Portugal (Burgau) – Senegal (Dakar) – Brasil (Recife), com uma extensão total de 6.400 km e capacidade global de 3.960 circuitos. Sistema de cabo coaxial, com os seguintes cabos: Burgau – Dakar com 2.900 km e capacidade para 2.580 circuitos; Dakar – Recife com 3.500 km e capacidade para 1.380 circuitos. Lançamento do cabo submarino ATLAS, entre Portugal (Burgau) e Marrocos (Asilah), sistema de cabo coaxial com uma extensão de 350 km e capacidade para 1.260 circuitos telefónicos. Operou até 2007. Entry into service of the ATLANTIS system 1, linking Portugal (Burgau) – Senegal (Dakar) – Brazil (Recife), with a total length of 6,400 km and overall capacity of 3,960 circuits. Coaxial cable system with the following cables: Burgau – Dakar with a length of 2,900 km and a capacity of 2,580 circuits; Dakar – Recife with a length of 3,500 km and capacity for 1,380 circuits. Laying of Submarine cable ATLAS between Portugal (Burgau) and Morocco (Asilah), coaxial cable system with a length of 350 km and a capacity of 1,260 telephone circuits. It continued to operate until 2007.

**1988** Entrada em funcionamento do primeiro cabo submarino Intercontinental em fibras ópticas (Sistema TAT-8), ligando a Europa aos Estados Unidos, cujos encargos foram suportados pela maioria dos países da CEPT e pelo Canadá, México e EUA.



Entry into operation of the first Intercontinental optical fibre submarine cable (TAT-8 System), connecting Europe to the United States, whose costs were supported by the majority of CEPT countries and Canada, Mexico and USA.

**1992** Lançamento do primeiro sistema de cabos submarinos de fibra óptica a amarrar em Portugal, o EURÁFRICA, ligando França a Marrocos, numa extensão total de 3.100 km e capacidade global para 49.180 circuitos. De St. Hilaire (França) a Sesimbra, com uma extensão de 1.590 km e capacidade para 15.360 circuitos; Sesimbra a Burgau com 390 km e capacidade para 15.360 circuitos; Burgau a Funchal com 770 km e capacidade para 7.680 circuitos; Burgau a Casablanca (Marrocos) com 350 km e capacidade para 7.680 circuitos. Actualmente fora de serviço. *Launch of the first optical fibre submarine cable system to land in Portugal, EURAFRICA, linking France to Morocco, with a total length of 3,100 km and overall capacity for 49,180 circuits. From St. Hilaire (France) to Sesimbra, with a length of 1,590 km and capacity of 15,360 circuits; Sesimbra to Burgau with 390 km and a capacity of 15,360 circuits; Burgau to Funchal with a length of 770 km and a capacity of 7,680 circuits; Burgau to Casablanca (Morocco) with a length of 350 km and capacity of 7,680 circuits. Currently out of service.*

**1993** Entra em funcionamento o terceiro maior cabo de fibra óptica do mundo, o sistema SAT-2, ligando a África do Sul à Madeira, numa extensão total de 9.500 km e capacidade global de 46.080 circuitos. Tem as seguintes ligações: África do Sul (Melkbosstrand) – Burgau, com uma extensão de 8.600 km e capacidade para 15.360 circuitos; Burgau – Canárias (Tenerife), com uma extensão de 230 km e capacidade para 15.360 circuitos e Burgau – Madeira (Funchal), com uma extensão de 670 km e capacidade para 15.360 circuitos. Actualmente fora de serviço. *Entry into service of the world's third largest optical fibre cable, the SAT-2 system, linking South Africa to Madeira, with a total length of 9,500 km and overall capacity of 46,080 circuits. It has the following links: South Africa (Melkbosstrand) – Burgau, with a length of 8,600 km and a capacity of 15,360 circuits; Burgau – Canary Islands (Tenerife), with a length of 230 km and a capacity of 15,360 circuits and Burgau – Madeira (Funchal), with a length of 670 km and capacity of 15,360 circuits. Currently out of service.*

**1994** Lançamento do sistema de cabos óticos submarinos COLUMBUS II, numa extensão total de 12.290 km e uma capacidade global de 151.200 circuitos. Tem as seguintes ligações, extensões e capacidade de circuitos: México (Cancun) – Estados Unidos (W.P.Beach), 1.100 km e 15.120 circuitos; Estados Unidos (W.P.Beach) – Estados Unidos (Magens Bay), 2.070 km e 60.480 circuitos; Estados Unidos (W.P.Beach) – Burgau 1, 5.530 km e 22.680 circuitos; Burgau 1 – Canárias (Sardina), 50 km e 22.680 circuitos; Burgau 1 – Burgau 2, 390 km e 15.120 circuitos; Burgau 2 – Itália (Palermo), com 3.000 km e 7.560 circuitos; Burgau 2 – Madeira (Funchal), com 140 km e 7.560 circuitos. Actualmente fora de serviço. *Launch of the optical submarine cable system COLUMBUS II, with a total length of 12,290 km*

and overall capacity of 151,200 circuits. It has the following connections, lengths and circuit capacity: Mexico (Cancun) – United States (W.P.Beach), 1,100 km and 15,120 circuits; United States (W.P.Beach) – United States (Magens Bay), 2,070 km and 60,480 circuits; United States (W.P.Beach) – Burgau 1, 5,530 kilometres and 22,680 circuits; Burgau 1 – Canary Islands (Sardina), 50 km and 22 680 circuits; Burgau 1 – Burgau 2, 390 km and 15,120 circuits; Burgau 2 – Italy (Palermo), 3,000 km and 7,560 circuits; Burgau 2 – Madeira (Funchal), 140 km and 7,560 circuits. Currently out of service.

**1996** Entrada em serviço do sistema de cabos óticos submarinos BUGIO, entre Sesimbra e Carcavelos, com uma extensão de 72,594 km e capacidade de 12 x Fibra escura (Inst. 72 Gbps). Encontra-se em serviço. *Entry into service of the optical submarine cable system BUGIO, between Sesimbra and Carcavelos, with a length of 72,594 km and capacity for 12 x dark fibre (Inst. 72 Gbps). Currently in service.*

**1998** Entrada em serviço do sistema de cabos óticos submarinos SAGRES, entre Sesimbra e Burgau, com uma extensão de 302,525 km e capacidade de 202,5 Gbps. Encontra-se em serviço. Entrada em serviço do sistema de cabos óticos submarinos ANEL AÇORES, entre o Grupo Central e Grupo Oriental do arquipélago dos Açores, com uma extensão de 839,357 km e capacidade de 60 Gbps por segmento. Encontra-se em serviço. *Entry into service of the optical submarine cable system SAGRES, between Sesimbra and Burgau, with a length of 302,525 km and capacity of 202,5 Gbps. Currently in service. Entry into service of the optical submarine cable system ANEL AÇORES, between the Central Group and Eastern Group of the Azores archipelago, with a length of 839,357 km and capacity of 60 Gbps per segment. Currently in service.*

**1999** Entra em funcionamento o sistema de cabos óticos submarinos SEA-ME-WE 3, ligando a Dinamarca, Portugal (Sesimbra), Macau, Austrália e Japão, numa extensão de 39.000 km e capacidade de 980 Gbps, encontrando-se em serviço. Entra em funcionamento o sistema de cabos óticos submarinos COLUMBUS 3, ligando Itália aos Estados Unidos, numa extensão de 9.833 km e capacidade de 180 Gbps, com ligação aos Açores (Ponta Delgada) e continente (Carcavelos), encontrando-se em serviço. *Entry into operation of the optical submarine cable system SEA-ME-WE 3, linking Denmark, Portugal (Sesimbra), Macau, Australia and Japan, with a length of 39,000 km and capacity of 980 Gbps. Currently in service. Entry into operation of the optical submarine cable system COLUMBUS 3, connecting Italy to the United States, with a length of 9,833 km and capacity of 180 Gbps, connecting the Azores (Ponta Delgada) and the mainland (Carcavelos). Currently in service.*

**2000** Entrada em serviço do sistema de cabos óticos submarinos PORTUGAL – MADEIRA (dentro do sistema ATLANTIS II), entre as estações de Carcavelos e Funchal, com uma extensão de 848,445 km e capacidade de 135 Gbps. Entrada em serviço do sistema de cabos óticos submarinos PORTUGAL – AÇORES (dentro do sistema COLUMBUS III), entre

as estações de Carcavelos e de Ponta Delgada, com uma extensão de 1.829,023 km e capacidade de 135 Gbps por segmento. Lançamento do sistema de cabos óticos submarinos ATLANTIS 2, ligando Portugal (Carcavelos) à Argentina, com amarração em Cabo Verde (Praia) e Brasil (Recife e Fortaleza), numa extensão de 8.500 km e capacidade de 40 Gbps, encontra-se em serviço. [Entry into service of the optical submarine cable system PORTUGAL – MADEIRA \(part of the ATLANTIS II system\), between the stations of Carcavelos and Funchal, with a length of 848.445 km and capacity of 135 Gbps. Entry into service of the optical submarine cable system PORTUGAL-AÇORES \(part of the COLUMBUS III system\), between the stations of Carcavelos and Ponta Delgada, with a length of 1,829.023 km and capacity of 135 Gbps per segment. Launch of optical submarine cable system ATLANTIS 2, linking Portugal \(Carcavelos\) to Argentina, landing at Cabo Verde \(Praia\) and Brazil \(Recife and Fortaleza\), with a distance of 8,500 kilometres and capacity of 40 Gbps. Currently in service.](#)

**2002** Entrada em funcionamento do sistema de cabos óticos submarinos SAT-3/WASC/SAFE, ligando Portugal (Sesimbra) à África do Sul, com uma estação no Cacuaço (Angola). Tem uma extensão de 14.350 km e capacidade de 920 Gbps, encontrando-se em serviço. Entrada em funcionamento do sistema de cabos óticos submarinos TGN-WEN, ligando a Inglaterra a Portugal (Seixal), numa extensão de 3.578 km e capacidade de 3,84 Tbps, encontrando-se em serviço. [Entry into service of the optical submarine cable system SAT-3/WASC/SAFE linking Portugal \(Sesimbra\) to South Africa, with a station in Cacuaço \(Angola\). It has a length of 14,350 km and capacity of 920 Gbps. Currently in service. Entry into service of the optical submarine cable system TGN-WEN, linking England to Portugal \(Seixal\), a distance of 3,578 km and capacity of 3.84 Tbps. Currently in service.](#)

**2003** Entrada em serviço do sistema de cabos óticos submarinos MADEIRA-PORTO SANTO, entre as estações de Porto da Cruz e Porto Santo, com uma extensão de 83,808 km e capacidade de 72,5 Gbps. Entrada em serviço do sistema de cabos óticos submarinos AÇORES-MADEIRA, entre as estações de Ponta Delgada e Funchal, com uma extensão de 1.132,366 km e capacidade de 140 Gbps por segmento. [Entry into service of the optical submarine cable system MADEIRA-PORTO SANTO, between the stations of Porto da Cruz and Porto Santo, with a length of 83.808 km and capacity of 72.5 Gbps. Entry into service of the optical submarine cable system AÇORES-MADEIRA, between the stations of Ponta Delgada and Funchal, with a length of 1,132.366 km and capacity of 140 Gbps per segment.](#)

**2010** Entrada em funcionamento do sistema de cabos óticos submarinos MAIN ONE, ligando Portugal (Seixal) à Nigéria numa extensão de 7.000 km e capacidade de 1,92 Tbps, encontrando-se em serviço. [Entry into service of the optical submarine cable system MAIN ONE, linking Portugal \(Seixal\) to Nigeria, with a length of 7,000 km and capacity of 1.92 Tbps. Currently in service.](#)

**2011** Entrada em funcionamento do sistema de cabos óticos submarinos EIG, ligando a Inglaterra à Índia, com uma estação em Portugal (Sesimbra), numa extensão de 15.000 km e capacidade de 1,3 Tbps, encontrando-se em serviço. [Entry into service of the optical submarine cable system EIG, linking England to India, with a station in Portugal \(Sesimbra\), with a length of 15,000 km and capacity of 1.3 Tbps. Currently in service.](#)

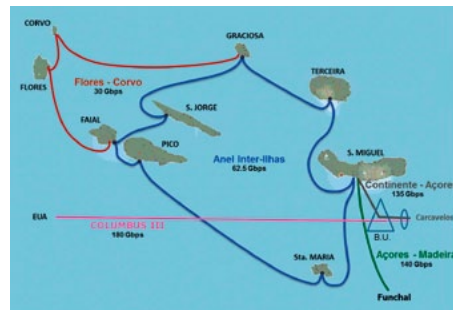
**2012** Entrada em funcionamento do sistema de cabos óticos submarinos WACS, ligando a Inglaterra à África do Sul, com uma estação em Portugal (Sesimbra), em Cabo Verde (Praia) e Angola (Sangano), numa extensão de 14.916 km e capacidade de 5,2 Tbps, encontrando-se em serviço. Entrada em funcionamento do sistema de cabos óticos submarinos ACE, ligando a França à África do Sul, com uma estação em Portugal (Carcavelos), em S. Tomé e Príncipe (Santana) e Angola (Luanda), numa extensão de 17.000 km e capacidade de 80 Gbps, encontrando-se em serviço. [Entry into service of the optical submarine cable system WACS, linking England to South Africa, with a station in Portugal \(Sesimbra\), Cabo Verde \(Praia\) and Angola \(Sangano\), with a length of 14,916 km and capacity of 5.2 Tbps. Currently in service. Entry into service of the optical submarine cable system ACE, linking France to South Africa, with a station in Portugal \(Carcavelos\), in S. Tome and Principe \(Santana\) and Angola \(Luanda\), with a length of 17,000 km and capacity of 80 Gbps. Currently in service.](#)

**2013** Entrada em serviço do sistema de cabos óticos submarinos FLORES-CORVO, entre o Grupo Central e o Grupo Oriental do arquipélago dos Açores, com uma extensão de 635 km e capacidade de 30 Gbps. [Entry into service of the optical submarine cable system service FLORES-CORVO, between the Central Group and Eastern Group of the Azores archipelago, with a length of 635 km and capacity of 30 Gbps.](#)

Autor/Author: José Vilela

Agradecimento: Aos Eng<sup>os</sup> Joaquim Sousa e Vasco Morais e Sá pelas suas valiosas informações.  
[Acknowledgements: Joaquim Sousa and Vasco Morais e Sá for the valuable information provided.](#)

**ANEXO III / APPENDIX III**  
**MAPA DOS CABOS SUBMARINOS EM SERVIÇO**  
**COM AMARRAÇÃO EM PORTUGAL**  
**SUBMARINE CABLES MAP IN SERVICE**  
**WITH LANDINGS IN PORTUGAL**



Fonte: PT Portugal

**ANEXO IV / APPENDIX IV**  
**LISTAGEM DOS CABOS SUBMARINOS EM SERVIÇO**  
**COM AMARRAÇÃO EM PORTUGAL**  
**SUBMARINE CABLES LIST IN SERVICE**  
**WITH LANDINGS IN PORTUGAL**

SISTEMA SYSTEM	EXTENSÃO (km) LENGTH	DE/PARA FROM/TO
SEA-ME-WE 3	39 000	Dinamarca/Austrália/Japão
ATLANTIS 2	8 500	Portugal/Argentina
COLUMBUS III	9 833	Itália/EUA
SAT3/WASC/SAFE	14 350	Portugal/África do Sul
TGN	3 578	Inglaterra/Portugal
MAIN ONE	7 000	Portugal/Nigéria
EIG	15 000	Inglaterra/Índia
WACS	14 916	Inglaterra/África do Sul
ACE	17 000	França/África do Sul
BUGIO	72 594	Sesimbra/Carcavelos
SAGRES	302 525	Sesimbra/Burgau
Anel Açores	839 357	Grupo Central/Grupo Oriental
Portugal-Madeira	848 445	Carcavelos/Funchal
Portugal-Açores	1 829 023	Carcavelos/Ponta Delgada
Açores-Madeira	1 132 366	Ponta Delgada/Funchal
Madeira-Porto Santo	83 808	Porto da Cruz/Porto Santo
Flores-Corvo	635	Grupo Central/Grupo Ocidental

Fonte/Source: PT Portugal

## BIBLIOGRAFIA BIBLIOGRAPHY

ASSOCIAÇÃO DOS ANTIGOS ALUNOS DO LICEU DA HORTA – *Valor Universal do Património Local*. Associação dos Antigos Alunos do Liceu da Horta, 2013.

ASSOCIAÇÃO DOS ANTIGOS ALUNOS DO LICEU DA HORTA -Foi há 120 Anos. Associação dos Antigos Alunos do Liceu da Horta, 2014.

ALVES, Jorge Fernandes e VILELA, José Luís – *José Vitorino Damásio e a Telegrafia Eléctrica em Portugal*. Lisboa: Portugal Telecom, 1995.

BARROS, Guilhermino Augusto – *Memória histórica acerca da Telegrafia Eléctrica em Portugal*. 2ª edição. In Separata do Guia Oficial dos CTT. Lisboa: CTT, 1944.

BERTHO LAVENIR, Catherine – *Telecommunications. Suíça: UIT*, 1991.

CARDOSO, Eurico Carlos Esteves Lage – *História dos Correios em Portugal em datas e ilustrada*. Lisboa: 2ª ed. rev. e aumentada. Lisboa: E.C.E.L., 2001.

DAVIES, Enyl, *Telecommunications: a technology for change*. London: Science Museum, 1983.

FARIA, Miguel Figueira de – *Companhia Portuguesa Rádio Marconi – 75 anos de Comunicações Internacionais*, Lisboa, CPRM, S.A., 2000.

FINN, Bernard S. – *Submarine Telegraphy. The Grand Victorian Technology*. London: Science Museum, 1973.

FIRMINO, Maria da Glória Pires. *Alguns apontamentos acerca da Secção Telegráfica do Museu dos CTT. Guia Oficial dos CTT*. Lisboa (Agosto de 1965) 288.

FUNDAÇÃO PORTUGUESA DAS COMUNICAÇÕES Exposição “Geração C – all Connected. Do Ábaco à Cloud”. Lisboa: Fundação Portuguesa das Comunicações, 2014.

GIUNTINI, Andrea e SILVA, Ana Paula – *Economics and politics in submarine telegraph cables (XIX<sup>th</sup> and XX<sup>th</sup> centuries). A global perspective between history, heritage and preservation*. Storia economica. Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane, fasc. 2/13 (2013), pp.235–238.

MUSEU DA HORTA E ASSOCIAÇÃO DOS ANTIGOS ALUNOS DO LICEU DA HORTA, *O Tempo dos Cabos Submarinos*. Museu da Horta e Associação dos Antigos Alunos do Liceu da Horta, 2011.

MUSEU DOS CTT – *Bramão e outros inventores portugueses no Museu dos CTT/TLP. Exposição comemorativa do 1º centenário do telefone Bramão 1879–1979*. Lisboa: Correios e Telecomunicações de Portugal e Telefones de Lisboa e Porto, 1979. Notas Históricas. In *CTT – Relatório Geral dos CTT*. Lisboa: CTT, 1972.

PORTUGAL. CTT – *I Centenário da União Internacional das Telecomunicações*. Lisboa: CTT, 1965. *Qu'est-ce que l'UIT?* Genève: Union International des Télécommunications, 1979.

ROGERS, Francis M. – *A Horta dos Cabos Submarinos*. Açores: Direcção Regional de Turismo, 1983

ROLLO, Maria Fernanda, coordenação e textos – *História das Telecomunicações em Portugal. Da Direcção-Geral dos Telégrafos do Reino à Portugal Telecom*. Lisboa: Tinta da China, 2009.

ROLLO, Maria Fernanda – *Mar de Cabos – Portugal na Rede Mundial de Cabos Submarinos*. Ingenium : Revista da Ordem dos Engenheiros. Lisboa: O.E., n.º 134 (Março/Abril 2013).

SILVA, Ana Paula Lopes da – *A introdução das telecomunicações Eléctricas em Portugal: 1855–1939*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2007. Tese de Doutoramento.

SILVA, Ana Paula Lopes da – *Cabos Submarinos*. In ROLLO, Maria Fernanda coord. – *Dicionário da I República e do Republicanismo*. Lisboa: Assembleia da República, 2013.

SILVA, Ana Paula Lopes da – *Portugal and the Building of Atlantic Telegraph Networks – the role of a loser or a winner?* HoST – Journal of History of Science and Technology. Lisboa: Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa [etc.], vol. 2, fall 2008.

SILVA, Ana Paula Lopes da – *Portugal e os cabos submarinos (1869–1939) – O papel do País no desenvolvimento da rede internacional*. In *Seminário Marconi*. Lisboa: Fundação PT, 1998.

SILVEIRA, Carlos M. Ramos da – *O Cabo Submarino e outras Crónicas Faialenses*. Edição do Núcleo Cultural da Horta, 2002.

TELECOM PORTUGAL – *Relatório e Contas de 1993*. Lisboa: Telecom Portugal, 1994.

TELO, António José – *Os Açores e o Controlo do Atlântico*. Lisboa: Ed. Asa, 1993.

VERDIERE, René de – *Les Télécommunications Internationales. Histoire et Avenir*. Paris: Musée des Télécommunications de Pleumeur Bodou, 1993.

## SITES E VÍDEOS CONSULTADOS WEBSITES AND VIDEOS CONSULTED AND PRESENT AT THE EXHIBITION

ALCATEL– *Alcatel Undersea Fiber Optic Systems* [em linha]. [Consult. \_\_\_2015]. Disponível na Internet <<https://www.youtube.com/watch?v=Ncf4jRUQcll>>.

BARNES, Christopher R. – *Building Cables of the future*. ITU [em linha]. Paris: ITU International Telecommunication Union. [Consult. \_\_2015]. Disponível na Internet <[http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/task-force-sc/Documents/SNW14/SNW%20White%20Paper\\_Barnes\\_Building%20cables%20of%20the%20future.pdf](http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/task-force-sc/Documents/SNW14/SNW%20White%20Paper_Barnes_Building%20cables%20of%20the%20future.pdf)>

BURNS, Bill – *History of the Atlantic Cable & Undersea Communications – from the first submarine cable of 1850 to the worldwide fiber optic network* [em linha]. [Consult. \_\_\_2015]. Disponível na Internet <<http://atlantic-cable.com/>>.

CARTER, Lionel and BURNETT, Doug (compil.) – *About Submarine Telecommunications Cables*. International Cable Protection Committee Ltd. [Consult. \_\_\_\_ 2015]. Disponível na Internet <<https://www.iscpc.org/documents/?id=1753>>.

CARTER L., BURNETT D [et al.]. (2009). *Submarine Cables and the Oceans – Connecting the World*. UNEP-WCMC Biodiversity Series No. 31. ICPC/UNEP/ UNEP-WCMC. [Consult. \_\_\_2015]. Disponível na Internet <<https://www.iscpc.org/documents/?id=132>>.

Contribuidores da Wikipédia – Cabo submarino. *Wikipédia, a enciclopédia livre* [em linha]. Flórida:



- Wikimedia Foundation, 2015, rev. 4 Junho 2015. [Consult. \_\_\_\_ 2015]. Disponível na Internet <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Cabo\\_submarino&oldid=42517739](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Cabo_submarino&oldid=42517739)>.
- Corning Incorporated – *Fiber 101* (updated 2013) [em linha]. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <[https://www.youtube.com/watch?v=N\\_kA8EpCUQo](https://www.youtube.com/watch?v=N_kA8EpCUQo)>.
- DIERSSEN, Heidi M. e THEBERGE Jr., Albert E. – *Bathymetry: History of Seafloor Mapping* [em linha]. USA: University of Connecticut [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <[http://www.colors.uconn.edu/pubs/DIERSSEN-Bathymetry\\_history\\_LO.pdf](http://www.colors.uconn.edu/pubs/DIERSSEN-Bathymetry_history_LO.pdf)>.
- Discovery Science Channel's – *How It's Made: Fiber Optics episode* [em linha]. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <<https://www.youtube.com/watch?v=u1DRrAhQJfM>>.
- FORDEN, Eric – *The Undersea Cable Boom in Sub-Saharan Africa* [em linha]. USA: United States International Trade Commission. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <[http://www.usitc.gov/publications/332/executive\\_briefings/forden\\_submarine\\_cables\\_june2015.pdf](http://www.usitc.gov/publications/332/executive_briefings/forden_submarine_cables_june2015.pdf)>.
- Geodienst RUG – *Submarine Communication Cables* [em linha]. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <<https://www.youtube.com/watch?v=wHBSXJadKfM>>.
- Huawei Marine Networks – *Marine's Sea Trial of Second Generation Repeater and Branching Unit* [em linha]. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <<https://www.youtube.com/watch?v=GNwaOvHqIT4>>.
- ITU INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION – *ITU* [em linha]. Paris: ITU International Telecommunication Union. Atual s/d. [Consult. 12 Mar. 2015]. Disponível na Internet <URL: <http://www.itu.int>>
- MOEDA, Yoichi e MONTALTI, Francesco – *Optical fibres, cables and systems* [em linha]. Paris: ITU International Telecommunication Union, 2009. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <<https://www.itu.int/pub/T-HDB-OUT.10-2009-1>>.
- NEC – *Optical Submarine Cable Systems / Seismological and Ocean Science Systems* [em linha]. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <[https://www.youtube.com/watch?v=-M3Ns\\_WY4W4](https://www.youtube.com/watch?v=-M3Ns_WY4W4)>.
- NEC TECHNICAL JOURNAL [em linha]. NEC Corporation, Vol.5 N.º 1/2010 [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet: <[http://search.nec.jp/en\\_all/search.x?q=NEC+TECHNICAL+JOURNAL+Vol.5+No.1%2F2010](http://search.nec.jp/en_all/search.x?q=NEC+TECHNICAL+JOURNAL+Vol.5+No.1%2F2010)>.
- PORTUGAL. ANACOM AUTORIDADE NACIONAL DE COMUNICAÇÕES – Anacom [em linha]. Lisboa: Anacom Autoridade Nacional de Comunicações, atual s/d. [Consult. 12 Mar. 2015]. Disponível na Internet <URL: <http://www.anacom.pt/>>.
- Portugal. Biblioteca da Universidade de Aveiro – SCOPUS [em linha]. Aveiro: SBIDM. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <<http://www.ua.pt/sbidm/biblioteca/>>.
- PORTUGAL. PORTUGAL TELECOM – *Telecom* [em linha]. Lisboa: Portugal Telecom, atual s/d. [Consult. 12 Mar. 2015]. Disponível na Internet <URL: <http://www.telecom.pt>>.
- SEACOM – *How undersea cables are laid*. [em linha]. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <[https://www.youtube.com/watch?v=XQVzU\\_YQ3IQ](https://www.youtube.com/watch?v=XQVzU_YQ3IQ)>.
- Shark Bites Fiber Optic Cables Undersea* 15.8.2014 [em linha]. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <<https://www.youtube.com/watch?v=XMxkRh7sX84>>.
- TE SubCom – *Repeatered Undersea Cable Networks*. [em linha]. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <<https://www.youtube.com/watch?v=Q61DHtgFqa0>>.
- TE SubCom – *Installation Animation – Undersea Fiber Optic Cable* [em linha]. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <[https://www.youtube.com/watch?v=Gsoo\\_BOwrrM](https://www.youtube.com/watch?v=Gsoo_BOwrrM)>.
- TELEGEOGRAPHY – *Submarine Cable Map 2015* [em linha]. USA: Telegeography. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <<http://submarine-cable-map-2015.telegeography.com/>>
- TERABIT Consulting – *Submarine Telecom Industry Report* [em linha]. USA: Terabit Consulting, Issue 3, 2014 [Consult \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <<http://www.terabitconsulting.com/downloads/2014-submarine-cable-market-industry-report.pdf>>.
- Wikipedia contributors – *Submarine communications cable*. Wikipedia, The Free Encyclopedia [em linha]. Flórida: Wikimedia Foundation, 2015. [Consult \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <[https://en.wikipedia.org/wiki/Submarine\\_communications\\_cable](https://en.wikipedia.org/wiki/Submarine_communications_cable)>.
- XTERA Communications Inc.– *May 2013 Armored Repeater Sea Trial* [em linha]. [Consult. \_\_\_\_2015]. Disponível na Internet <<https://www.youtube.com/watch?v=3CLVHzmRgG8>>.

12:08

14:08

16:08

18:08

20:08

22:08

10:08

15:08

14:08

18:08

18:08

50:08

55:08

12:08

14:08

16:08

18:08

20:08

0:08

22:08

20:08

0:08

12:08

14:08

16:08





Vista a partir da sala  
“O fundo marinho, a  
plataforma natural dos  
cabos submarino”.  
View from the room  
“The seabed, the natural  
platform for submarine  
cables”.



## FICHA TÉCNICA DA EXPOSIÇÃO E CATÁLOGO EXHIBITION AND CATALOGUE DATASHEET

Promotor / *Promoter*  
Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM)

Direção do projeto e comunicação  
*Project management and communication*  
Fundação Portuguesa das Comunicações (FPC)

Apoios institucionais: Governo Regional dos Açores, Marinha Portuguesa, Fundação para a Ciência e a Tecnologia, PT Portugal, CTT - Correios de Portugal.  
*Institutional support: Regional Government of the Azores, Portuguese Navy, Fundação para a Ciência e a Tecnologia (Foundation for Science and Technology), PT Portugal, CTT - Correios de Portugal.*

Comissário / *Commissary*  
José Morais de Oliveira

Coordenação científico-técnica, produção e seleção de conteúdos  
*Scientific and technical coordination, content selection and production*  
Henrique Melo Barreiros, John Ross, José Almeida Mota, Vasco de Sá

Conceção multimédia e realização audiovisual  
*Multimedia conception and audiovisual direction*  
Joel de Almeida

Investigação histórica, seleção documental e património museológico  
*Historical research, document selection and museological heritage*  
FPC

Sistemas e aplicações multimédia  
*Multimedia systems and applications*  
Subvertice

Arquitetura / *Architecture*  
Rui Órfão

Textos / *Texts*  
José Morais de Oliveira  
José Vilela

Revisão editorial / *Editorial Review*  
DNA Solutions

Design gráfico / *Graphic design*  
Arne Kaiser

Fotografia / *Photography*  
Pedro Ferreira

Tradução / *Translation*  
Isarey Language Services, Ltd.

## CONTRIBUTOS E AGRADECIMENTOS CONTRIBUTIONS AND ACKNOWLEDGMENTS

Alcatel-Lucent, Associação dos Antigos Alunos do Liceu da Horta, Carlos Moreira, Corning, Escola de Mergulhadores da Armada, Geodienst - University of Groningen, Huawei, Instituto Hidrográfico, International Cable Protection Committee - ICPC, Museu da Horta, NEC, Science Museum of London, University Oxford - Professor Mark Graham and Dr. Stefano de Sabbata of Oxford Internet Institute, TE Subcom, Telegraph Museum Porthcurno, Xtera.

Impressão / *Printing*  
MR Artes Gráficas  
300 exemplares / *copies*  
Depósito legal 399421/15

Fotografia da capa / *Cover image*  
Navio John Mackay amarrando o cabo submarino SAT-1 no Sal, Cabo Verde, FPC, 1968  
*Cables ship John Mackay landing the SAT-1 submarine cable in Sal, Cape Verde, FPC, 1968*







COM O ALTO PATROCÍNIO  
DE SUA EXCELENÇA



*O Presidente da República*

