

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	1 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

**GRUPO DE IMPLANTAÇÃO DO PROCESSO DE
REDISTRIBUIÇÃO E DIGITALIZAÇÃO DE
CANAIS DE TV E RTV**

**Programa Norte Conectado (PAIS)
Infovia 01
Rota Santarém – Manaus**

**DOCUMENTO TÉCNICO
CABO ÓPTICO SUBAQUÁTICO
(DT-NC-INFOVIA-01-COS)**

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	2 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

Índice

1. JUSTIFICATIVA	3
2. FUNDAMENTOS JURÍDICOS	5
3. CRITÉRIOS DE DEFINIÇÃO DO COS	6
4. REFERÊNCIAS.....	21
5. ABREVIATURAS.....	22

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	3 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

1. JUSTIFICATIVA

Este documento visa o esclarecimento e uniformização de **critérios para seleção de solução tecnológica para o Cabo Óptico Subaquático (COS)** a ser adquirido pela Entidade Administradora de Processo de Redistribuição e Digitalização de Canais TV e RTV – EAD para cumprimento de obrigações de execução do Projeto Adicional Norte Conectado, (Projeto PAIS), Infovia 01, estabelecido no Acórdão Nº 242 da ANATEL, de 28 de junho de 2021.

Conforme ainda o Acórdão Nº 635 da ANATEL, de 01 de dezembro de 2020, que versa sobre as responsabilidades das EAD na execução dos Projetos Adicionais, em seu item 8 é destacado que (*nosso grifo a seguir*):

“A execução do Projeto Adicional PAIS (Programa Amazônia Integrada e Sustentável) será de responsabilidade da EAD, a qual terá autonomia para a construção da infraestrutura em questão. Nessa condição, a EAD poderá escolher os agentes do mercado que entender mais adequados para essa empreitada, pautando-se pelos princípios da economicidade, modicidade, eficiência, probidade administrativa e ética, conforme previsto no Edital nº 2/2014-SOR-/SPR/CD-Anatel.

Esclarecemos ainda que o Programa Norte Conectado, sob responsabilidade do Ministério das Comunicações (MCOM), tem a finalidade de expandir a infraestrutura de comunicações na Região Amazônica, por meio da implantação de um **backbone em fibra óptica subfluvial** de alta capacidade e baixa latência, visando atender às políticas públicas de telecomunicações, educação, pesquisa, saúde, defesa e do judiciário, e ainda outras políticas públicas que venham a se integrar ao escopo do Programa. Além disso, objetiva-se ampliar o acesso à Internet da região, com possibilidade de integração aos países vizinhos que compõem a Pan Amazônia. Estas informações e maiores detalhes são encontrados no sítio eletrônico do MCOM: <https://www.gov.br/mcom/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/norte-conectado>

Em sua Nota Informativa Nº 197/2021/MCOM, o Ministério das Comunicações informa que o Projeto PAIS “*prevê a instalação de nove Infovias, sendo uma em caráter piloto chamada de Infovia 00 (já em execução), que utilizou recursos do Orçamento Federal e da Seguridade Social - OFSS) e outra, chamada **Infovia 01**, a qual utilizará recursos do saldo remanescente do processo migração dos canais de televisão que*

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	4 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

ocupavam a faixa de 700 MHz ora em discussão”. A Nota Informativa complementa ainda, informando que “a construção da **Infovia 01** permitirá a interligação entre a Infovia 00, que está sendo implementada pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa – RNP e Ministério das Comunicações, com recursos do Orçamento Fiscal e da Seguridade Social – OFSS e previsão de término ainda em 2021, e as Infovias PAC 01 e PAC 02 do Programa Amazônia Conectada - PAC, já implantadas pelo Exército Brasileiro e Ministério da Defesa.” O mapa a seguir ilustra as Infovias integrantes do Programa Norte Conectado (PAIS) e do Programa Amazônia Conectada (PAC).



Figura 1. Mapa representando as rotas ópticas subfluviais (Infovias) planejados no PAIS.

Baseados neste histórico de implantação, a Infovia 01 deverá se integrar aos projetos já executados pelo PAC e a Infovia 00 pela RNP, estabelecendo a conectividade de *backbone* entre as Infovias existentes nas cidades de Manaus/AM e Santarém/PA. Este se estabelece como um dos principais objetivos do projeto da Infovia 01, além do atendimento das nove (09) cidades prioritizadas, sendo elas: (1) Curuá/PA, (2) Óbidos/PA, (3) Oriximiná/PA, (4) Juruti/PA, (5) Terra Santa/PA, (6) Parintins/AM, (7) Urucurituba/AM, (8) Itacoatiara/AM e (9) Autazes/AM.

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	5 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

2. FUNDAMENTOS JURÍDICOS

A execução de projetos adicionais com parte do saldo remanescente da EAD consta inicialmente no item 7 do Anexo II-B do Edital:

*“7. Após a utilização dos recursos referidos no item 3.1 para ressarcir os custos decorrentes da redistribuição de canais de TV e RTV e implementar as soluções para os problemas de interferência prejudicial nos sistemas de radiocomunicação, na forma dos itens 5 e 6 e subitens, o saldo de recursos remanescente, se houver, deverá ser destinado à distribuição de Conversores de TV Digital Terrestre com interatividade e com desempenho otimizado, ou com filtro 700 MHz, às famílias que já não os tenham recebido, **dentre outros projetos, sob critérios a serem propostos pelo Grupo de que trata o item 14 e decididos pelo Conselho Diretor da Anatel.**” (grifo nosso)*

A Portaria nº 6.370, de 19 de novembro de 2019, do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, alterada pela Portaria nº 1.460 do mesmo Ministério, de 23 de novembro de 2020, dispondo sobre a destinação de saldo de recursos remanescente da EAD, indicou como um dos projetos adicionais a serem executados a:

“Art. 1º...

III - projetos visando massificar o acesso a serviços de conexão à internet em banda larga e a promoção da inclusão digital a partir da ampliação da infraestrutura de transporte de telecomunicações de alta capacidade em fibra óptica em todo o País, em especial nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.”

Após debates no âmbito do GIRED e decisão do Conselho Diretor da ANATEL consubstanciada no Acórdão nº 635, de 1o. de dezembro de 2020, o “Projeto PAIS” foi aprovado como aderente aos termos do Edital, conforme segue:

Vistos, relatados e discutidos os presentes autos, acordam os membros do Conselho Diretor da Anatel, por unanimidade, nos termos da Análise nº 14/2020/AS (SEI nº 6220178), integrante deste acórdão:

(...)

c) aprovar os seguintes Projetos Adicionais para utilização do saldo remanescente da EAD:

(...)

II - Projeto de Expansão da Infraestrutura de Comunicações na Região Amazônica por meio da Implantação de Backbone em Fibra Óptica, proposto pelo então Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), atual Ministério das Comunicações (MCOM), também referido como Projeto PAIS (Programa Amazônia Integrada e Sustentável),

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	6 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

3. CRITÉRIOS DE DEFINIÇÃO DO COS

3.1. Introdução

Conforme definido no documento do Ministério das Comunicações, Nota Informativa N° 197/2021/MCOM¹ (item 30), as características dos elementos tecnológicos que comporão o *backbone* do sistema óptico subfluvial a ser implantado pela EAD deverão conter “*um cabo óptico subfluvial de 48 fibras, sendo que 12 destas fibras (1 tubete) deverão ser reservadas para uso do Setor Público.*” (texto itálico original do documento e grifo nosso). Esta definição de capacidade (48 fibras, 24 pares) já estabelece um parâmetro de requisito técnico do cabo óptico subaquático a ser adquirido, sendo compatível com as características de dimensionamento adotadas no projeto da Infovia 00.

A extensão estimada da Infovia 01 deverá ser de mais de 1.000 km (um mil quilômetros). Esta estimativa não considera ainda a reserva técnica, normalmente de 20% (vinte por cento), utilizada ao longo da rota para possibilitar o recolhimento e recuperação do cabo óptico durante sua manutenção, ou necessidade de seccionamento. Após o Estudo de Viabilidade de Rota (EVR), primeira análise geológica e geofísica das rotas da Infovia 01, em processo de execução por contratada da EAD, as distâncias mais exatas dos diversos segmentos serão confirmadas.

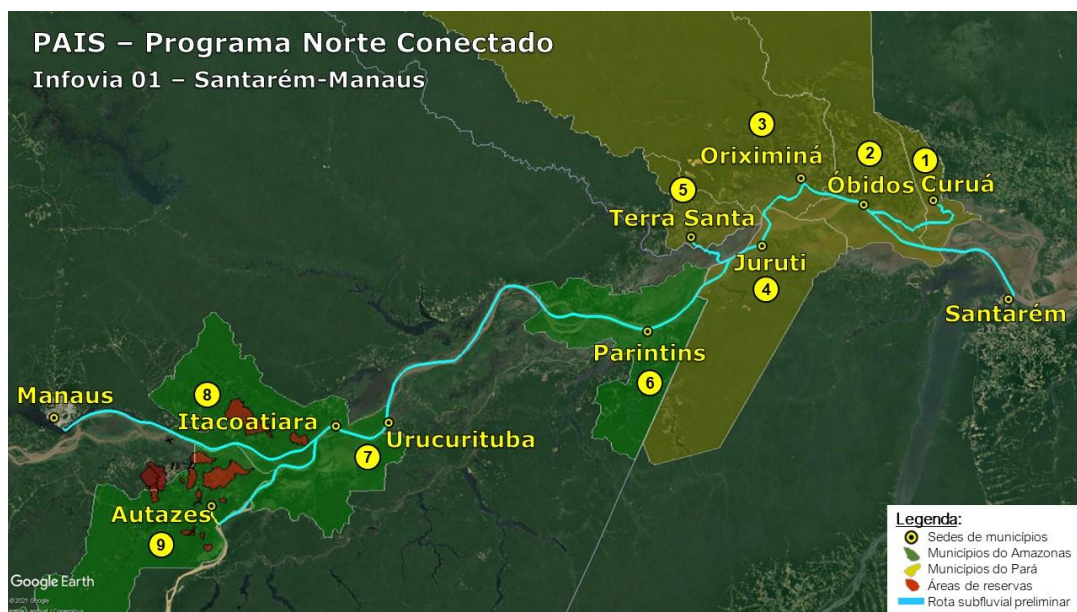


Figura 2. Mapa georreferenciado representando a rota subfluvial preliminar (em azul) da Infovia 01.

¹ MCOM - Ministério das Comunicações: Nota Informativa N° 197/2021/MCOM de 09 de fevereiro de 2021 - SEC/MCTI – 6489840, item 24 (página 4).

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	7 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

No **Documento Técnico de Detalhamento de Escopo da Infovia 01**, aprovado na 77ª Reunião Ordinária do GIRED (remota), em 24 de agosto de 2021, foram apresentados os principais componentes da infraestrutura tecnológica a ser empregados na execução do projeto da Infovia 01. A seguir replicamos o texto descritivo apresentado naquele documento referente ao cabo óptico subfluvial, que para fins de projeto passamos a denominar como Cabo Óptico Subaquático (COS).

Um dos componentes da infraestrutura do Programa Norte Conectado é o cabo, contendo as fibras ópticas. Elas transmitem os dados a altíssimas velocidades e com baixas perdas, logo a longas distâncias, e é isso que viabiliza as comunicações de elevada capacidade e de longa distância, e diversas aplicações, tais como telefonia fixa e móvel, TV, videoconferência, e-mail, acesso a dados e informações, ensino a distância e telemedicina e outras.²



Figura 3. Ilustração de um cabo óptico subaquático – Fonte: Tecnoblog.

As fibras ópticas são muito sensíveis, podendo as suas características serem alteradas, e, por causa disso, os cabos que as contém possuem uma série de elementos construtivos e de fabricação que visam proteger as fibras de quaisquer danos. Ao serem transportados, armazenados e instalados, os cabos de fibras ópticas devem ser tratados

² Site oficial do Programa Norte Conectado, documento publicado: https://nortecnectado.mp.br/sites/default/files/2020-08/NoCo_Construcao_da_Infraestrutura_de_Fibras_Opticas_WebsiteNoCo_20200830.pdf

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	8 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

com muito cuidado, para evitar danos e a deterioração ou inutilização do cabo ou parte dele. Trata-se de se assegurar que o cabo tenha uma **vida de operação** longa, tipicamente **25 anos** (referência da Recomendação ITU-T G.973.1 de 11/2009).

Além disso, a maior parte dos cabos que se vai utilizar para a construção das infovias do Norte Conectado passarão ao longo do leito dos rios, debaixo da água, e o cabo e as fibras ópticas têm que funcionar nessas condições ininterruptamente. No percurso dos cabos pelo fundo do leito dos rios os deixará expostos a pressão e correntezas da água e têm que ser protegidos de materiais, como lodo, areia e pedras e outros detritos, que o rio arrasta e, também, dos seres vivos que vivem e agem dentro da água. Isso inclui também seres humanos, com suas ferramentas para pescar e âncoras. Assim sendo, trata-se de um cabo com características bem especiais.³

Será parte do **escopo do projeto da Infovia 01** a aquisição de Cabo Óptico Subaquático (COS) pelo projeto especificando suas características técnicas e operacionais em conformidade com padrões internacionais de cabos ópticos submarinos (ITU, IEC e ISO), e orientados pela experiência das seleções técnicas conduzidas para a Infovia 00 (RNP) e projetos do PAC-1 e PAC-2 (EB).

Após a execução do Estudo de Viabilidade de Rota (EVR), primeira análise geológica e geofísica da rota (em andamento), a confirmação das distâncias dos diversos segmentos do cabo óptico subaquático serão confirmados, assim como características do ambiente fluvial que exijam propriedades específicas do cabo em determinado segmento da rota.

A próxima sessão deste documento será dedicada ao detalhamento das características técnicas do Cabo Óptico Subaquático (COS) que deverá ser adquirido pela EAD para o projeto da Infovia 01 do Programa Norte Conectado (PAIS). Além da experiência em projetos subfluviais anteriores, mencionados acima, as especificações técnicas serão ainda submetidas a um processo de consulta técnica de mercado (**RFI**) a ser enviado aos maiores fabricantes de cabos ópticos submarinos mundiais, entre eles, Alcatel Submarine Networks (ASN), Hengtong (HMN), NEC Corporation (Sumitomo), Nexans, Prysmian Group (NSW) e SubCom.

³ Site oficial do Programa Norte Conectado, documento publicado: https://nortecnectado.mp.br/sites/default/files/2020-08/NoCo_Construcao_da_Infraestrutura_de_Fibras_Opticas_WebsiteNoCo_20200830.pdf

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	9 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

3.2. Detalhamento das Características Técnicas

O Cabo Óptico Subaquático (COS) é especialmente desenvolvido para garantir proteção às fibras contra a agressões físicas, propagação longitudinal da água, reações químicas e o efeito contaminante do hidrogênio ao longo de sua vida útil. O COS deve ser projetado também para garantir que não haverá degradação no desempenho da fibra quando o cabo é colocado, enterrado, recuperado e operado.

Serão requisitados no processo aquisitivo (RFP) os padrões internacionais da indústria, em particular as Recomendações da série G da ITU (*International Telecommunication Union*) setor de padronizações de telecomunicações (ITU-T), especialmente aquelas contidas na G.978 de 07/2010. A Recomendação ITU-T G.978 trata das características dos cabos submarinos de fibra óptica utilizado nas recomendações ITU-T G.973, ITU-T G.973.1, ITU-T G.974 e ITU-T G.977. Esta recomendação cobre características de transmissão de cabos submarinos de fibra óptica, o tipo de fibras ópticas utilizadas, incluindo características mecânicas e resistência ao ambiente e outros campos eletromagnéticos.

Além deste padrão específico para cabos ópticos submarinos, o projeto ainda deverá considerar os seguintes padrões de normatização e referências internacionais:

- IEC 60793- Generic Specification Optical Fibers, IEC 60794- Optical Fiber Cables,
- ITU-T G.652- Characteristics of a single-mode optical fiber and cable,
- ITU-T Rec. Series G supplement 40 e 59, ITU-T Rec. L.97,
- ITU-T Rec. G.654, TIA-598-C- Optical Fiber Cable Color Coding,
- ISO 9001- Quality management systems, Requirements (ISO 9001:2008),
- ISO 14001- Environmental management systems (2004).

3.2.1. Características das Fibras Ópticas

Quando as fibras ópticas que compõe a parte central do COS, são normalmente especificadas para esta modalidade de cabos com **Fibras Monomodo** (*single-mode fibre* – SM). A principal diferença entre a Fibra Multimodo (MM) e Monomodo (SM) é o diâmetro de seu núcleo. A multimodo (MM) possui um núcleo mais largo, por isso a luz propaga-se de forma mais dispersa, diminuindo a velocidade da transmissão.

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	10 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

O diâmetro do núcleo de uma fibra multimodo (MM) pode variar em 62,5 ou 50 micrômetros, com diâmetro do revestimento em 125µm. Por isso, em alguns cabos/*patch cords*, pode-se encontrar a informação do tipo de fibra através do código 62,5/125µm ou 50/125µm. A fibra multimodo (MM) alcança distâncias menores, quando comparado a monomodo (SM), geralmente até 2km, porém a distância máxima pode variar de acordo com o fabricante. Sendo mais indicada para ambientes internos.

Já a fibra monomodo (SM), possui um núcleo bem menor, variando entre 8 e 10 micrômetros, normalmente 9µm, com diâmetro do revestimento em 125µm. Por isso, a propagação da luz ocorre de forma direta, o que promove mais segurança na transmissão de dados, já que existe menos possibilidades que eles sejam corrompidos ou vazados.

Além disso, a fibra monomodo (SM) atinge distâncias bem maiores em relação a multimodo, por isso é mais indicada para áreas externas, sendo bastante utilizada por empresas de telefonia já que é possível alcançar maiores distâncias, e maior banda.

O **COS da Infovia 01** deverá ser composto por **Fibras Monomodo (SM)** seguindo os padrões internacionais e de mercado para sistemas de telecomunicações de longa distância.

As seguintes Recomendações do ITU-T para as fibras ópticas Monomodo (SM) em cabos ópticos subaquáticos serão observadas:

- [ITU-T G.650.1] : *Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable.*
- [ITU-T G.650.2] : *Definitions and test methods for statistical and non-linear related attributes of single-mode fibre and cable.*
- [ITU-T G.652] : *Characteristics of a single-mode optical fibre and cable.*
- [ITU-T G.653] : *Characteristics of a dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.*
- [ITU-T G.654] : *Characteristics of a cut-off shifted single-mode optical fibre and cable.*
- [ITU-T G.655] : *Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.*
- [ITU-T G.656] : *Characteristics of a fibre and cable with non-zero dispersion for wideband optical transport.*
- [ITU-T G.667] : *Characteristics of adaptive chromatic dispersion compensators.*

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	11 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

Segundo a Recomendação ITU-T G.978, as características de transmissão das fibras antes da instalação do cabo deverão ser semelhantes, ou o mesmo que, aqueles especificados em [ITU-T G.652], [ITU-T G.653], [ITU-T G.654], [ITU-T G.655] e [ITU-T G.656]. Os tipos de fibras deverão ser escolhidos para otimizar o custo global do sistema e desempenho.

Ainda segundo a Recomendação, as características de transmissão das fibras instaladas em uma seção de cabo devem estar dentro de um limite especificado de variação das características da fibra antes da instalação, em particular, o desenho do cabo, suas emendas e fibras devem ser tal que dobras das fibras não criem um aumento de atenuação significativa. Isso deve ser levado em conta para determinar o mínimo raio de dobra da fibra no cabo e no elemento conectado (emendas do cabo óptico, terminação, repetidores, etc). A atenuação da fibra, a dispersão cromática e a PMD devem permanecer estáveis dentro dos limites especificados para a vida útil do projeto do sistema; em particular, o desenho do cabo deve minimizar a níveis aceitáveis, tanto a penetração de hidrogênio de fora, quanto a geração de hidrogênio dentro do cabo, mesmo depois de um quebra do cabo na profundidade da utilização; a sensibilidade da fibra óptica à radiação gama também deve ser levado em conta.

Conforme Recomendação ITU-T G.973.1⁴, referente a sistemas de cabos ópticos subaquáticos sem repetidor utilizando aplicação de DWDM, a faixa de operação (*operating wavelength range*) em banda C convencional é de 1530 (Min) a 1565 (Max), conforme previsto para o projeto do COS da Infovia 01.

Ainda conforme esta recomendação, o valor de dispersão cromática de um segmento óptico (*optical path*) deve ser mantido em uma tolerância de valor aceitável. Por outro lado, para sistemas DWDM, o coeficiente de dispersão local da transmissão a fibra deve ter um valor mínimo para evitar o prejuízo causado por efeitos não lineares, como mistura de quatro ondas (*four-wave mixing*) e modulação de fase cruzada (*cross-phase modulation*). Esses efeitos não lineares em uma fibra são fortes quando o coeficiente de dispersão cromática na região de comprimento de onda operacional está perto de zero e induzem degradação no desempenho da transmissão. O prejuízo causado por efeitos não lineares depende de muitos aspectos do projeto do sistema, como o espaçamento do canal, potência nível e comprimento do caminho. Em geral, sistemas DWDM com espaçamento

⁴ Página online do ITU: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.973.1/en>

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	12 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

de canal estreito, alto nível de potência e segmentos longos são mais propensos a sofrer esses efeitos. Em tais sistemas, é especialmente necessário ter um cuidado especial sobre o valor mínimo do coeficiente de dispersão cromática local para evitar a ocorrência de efeitos não lineares.

Lembramos que na Infovia 01 haverá trechos com mais de 200 quilômetros, havendo necessidade de minimizar os efeitos descritos acima, e mantendo parâmetros como dispersão cromática das fibras utilizadas em seus valores mínimos possíveis. De acordo com a Recomendação ITU-T G.973.1, considerando a utilização de canais ópticos de 100Gbps no sistema DWDM a ser implantado, o atraso máximo do grupo diferencial, DGD (*differential group delay*) não deve ultrapassar 7,5 ps/(nm.km), sendo que utilizamos na especificação do projeto 4,0 ps/(nm.km) para comprimentos de onda de 1285-1330 nm, e 18,0 para 1550 nm.

As fibras ópticas que deverão ser usadas no **COS da Infovia 01** devem seguir as características mencionadas na recomendação G.652.D da ITU-T, cujas faixas de valores para os parâmetros mais significativos para a qualidade da transmissão de dados estão expressas na tabela a seguir.

Fibra Óptica: Monomodo (<i>single-mode fibre</i>)				
Referências: Recomendação do ITU-T G.652.D				
Características	Unid.	Valor Min	Valor Típico	Valor Max
Faixa de operação	nm	1530	1550	1565
Atenuação @ 1550nm, G.652.D	dB/km	-	-	0,19
Dispersão cromática @ 1285-1330 nm	ps/(nm.km)	-	-	4
Dispersão cromática @ 1550nm	ps/(nm.km)	-	-	18
Dispersão pelo modo de polarização, PMD	ps/ $\sqrt{\text{km}}$	-	-	0,2

Tabela 1 – Características das fibras ópticas a serem usadas no projeto da Infovia 01.

A utilização de fibras ópticas G.652.D, será confirmada após a avaliação do projeto de engenharia da rota a ser concluído com a apresentação de resultados do Estudo de Viabilidade de Rota (EVR) que confirmará as distâncias de cada segmento e características adicionais do ambiente aquático e geofísico que possam impactar no desempenho do sistema como um todo, principalmente as distâncias (em quilômetros) dos segmentos ópticos (*optical path*) entre as 9 (nove) localidades terrestres definidas para serem atendidas pelo projeto.

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	13 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

3.2.2. Tipos de Cabos Ópticos Subaquáticos (submarinos)

A Recomendação ITU-T G.978 descreve que o COS deve fornecer proteção contra os riscos ambientais em sua profundidade de aproveitamento: proteção contra a vida marinha, rompimento por animais e vegetais flutuantes, abrasão, e as armaduras contra atividades de agressão como ancoras de navios. Diferentes tipos de cabo protegido são definidos na Recomendação ITU-T G.972, em particular, e seguido pelos grandes fabricantes mundiais (nomenclatura em inglês):

- Lightweight cable (LW);
- Lightweight protected cable (LWP);
- Single armoured cable (SA);
- Double armoured cable (DA);
- Rock armoured cable (RA).

Conforme definição da Recomendação ITU-T G.978, o cabo LW é adequado para colocação, recuperação e operação submarina, onde nenhuma proteção especial é necessária, sendo que o cabo LWP possui as mesmas características com alguma proteção, porém ainda em ambientes não agressivos.

A Recomendação ainda define o **cabo SA** como adequado para colocação, enterro, recuperação e operação subaquático, com proteção de armadura metálica (*Armour*) sendo apropriado para áreas específicas em **águas rasas**. No caso do **cabo DA** com dupla armadura metálica (*Double Armour*) é considerado pela Recomendação adequado para áreas de águas rasas com características de riscos maiores de ruptura. O cabo RA é considerado adequadamente protegido para áreas específicas em águas rasas em ambientes rochosos e de extremos riscos de rompimento.

Tipicamente a seleção do tipo de cabo é definido em função das profundidades em que o cabo será instalado e operará. A Recomendação G.978 apresenta a seguinte tabela classificando cada tipo de cabo de acordo com a profundidade (*Depth*) em metros (m):

	LW/LWP cable	SA cable	DA cable	RA cable
Depth (m)	> 1000	> 20 – 1500	0 – 20	0 – 20

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	14 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

A figura a seguir ilustra estas configurações de cabos classificados pela Recomendação ITU-T G.978.



Figura 4 – Ilustrações dos tipos de cabos ópticos subaquáticos classificados na Recomendação ITU-T G.978.

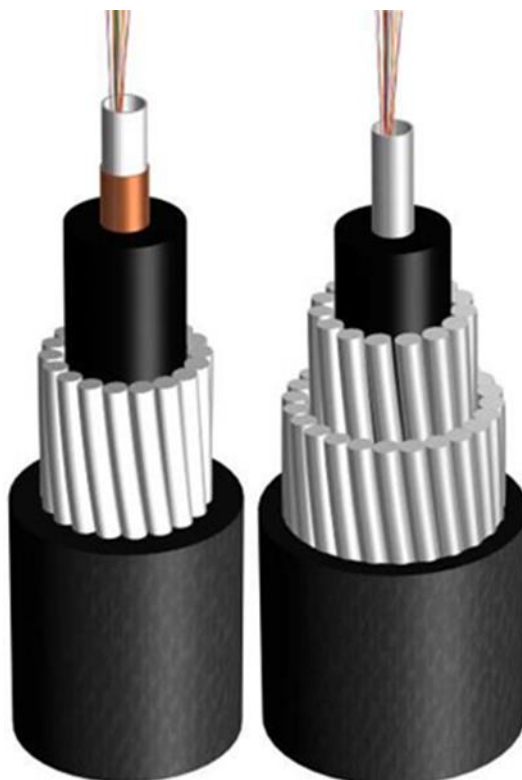


Figura 5 – Detalhe ilustrativo dos cabos de armadura simples (SA) e armadura dupla (DA).

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	15 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

Como ilustrado nas figuras acima, além da armadura interior que é composta de cordoalhas de aço galvanizado com tratamento anticorrosivo, separadas do núcleo (*core*) por um revestimento em policarbonato de alta densidade. Em seu núcleo (*core*), o cabo tem suas fibras inseridas em um tubo de aço inoxidável preenchido com material bloqueador de água, uma camada de cobre para continuidade elétrica. Finalmente a camada mais externa é composta por fios de polietileno com acabamento betuminoso (composto asfáltico).

O projeto da Infovia 01 deverá considerar entre os cabos SA e DA, mais comuns para ambientes subaquáticos em profundidades entre 20 e 50 metros que serão encontradas na rota do rio Amazonas entre Manaus e Santarém. Adicionalmente, a própria recomendação G.978 descreve que os cabos com armadura (SA, DA e RA) são apropriados a ambientes subaquáticos e terrestres em que o cabo necessite ser enterrado diretamente, e mantém o potencial da terra com sua camada metálica.

Após a análise das características geológicas e geofísicas de todos os segmentos fluviais envolvidos, efetuado preliminarmente no EVR, a decisão sobre o uso de uma ou outra configuração (SA e/ou DA) deverá ser tomada.

Se for considerada a **energização do cabo para fins de localização**, pois no projeto da Infovia 01 não deverá haver repetidores onde tal função é obrigatória, recomenda-se que o cabo tenha um caminho para fornecer a corrente elétrica em sua estrutura, normalmente na camada de cobre. A corrente elétrica a ser injetada no segmento do cabo é fornecida a partir de uma estação terminal terrestre com a potência necessária para a localização do cabo, e com uma frequência de cerca de 4 a 40 Hz. Tal funcionalidade está sendo avaliada para o projeto da Infovia 01, em função da turbidez do rio e sua interferência na detecção magnética necessária para localizar o cabo em determinada profundidade.

O projeto deve ainda garantir que não haja degradação da performance das fibras durante o lançamento, enterramento e recuperação do cabo quando aplicadas as técnicas padrão de instalação. Os principais parâmetros mecânicos são:

- **CBL** (Cable Breaking Load)
- **NTTS** (Nominal Transient Tensile Strength)
- **NOTS** (Nominal Operating Tensile Strength)

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	16 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

- **NPTS** (Nominal Permanent Tensile Strength)

Conforme definições apresentadas na ITU-T Rec.G.972, o parâmetro de carga de ruptura do cabo, **CBL**, representa a resistência mínima garantida à ruptura do cabo, com as extremidades fixas, levando em consideração as tolerâncias materiais e dimensionais dos componentes do cabo, medido em Quilonewton (kN).

O parâmetro de resistência à tração transitória nominal, **NTTS**, é definido como a **máxima tensão de curto prazo** que pode ser aplicada ao cabo **durante uma operação de recuperação** por um período cumulativo de aproximadamente uma hora sem reduzir significativamente o desempenho, a vida útil e a confiabilidade do sistema. O NTTS representa a tensão transitória ou inesperada máxima que pode ser aplicada ao cabo e é normalmente limitada a uma percentagem da carga de ruptura do cabo (CBL) do ponto de vista da segurança mecânica. Também é medido em Quilonewton (kN).

A resistência à tração operacional nominal, **NOTS**, é a **tensão operacional média máxima** que o cabo pode suportar durante o período necessário para operações subaquática (normalmente 48 horas) sem reduzir significativamente o desempenho, a vida útil e a confiabilidade do sistema. O NOTS representa a tensão operacional média máxima durante a instalação ou reparo, e é medido em Quilonewton (kN).

Finalmente, o **NPTS**, a resistência à tração permanente nominal, é a máxima tensão máxima permanente do cabo que não reduz significativamente o desempenho do sistema, vida útil e confiabilidade. O NPTS representa a tensão residual máxima que pode ser aplicada permanentemente ao cabo no fundo d'água após a instalação. Também é medido em Quilonewton (kN).

Todos estes parâmetros deverão ser especificados em seus limites máximos nos requisitos de aquisição do COS para a Infovia 01. Na tabela da próxima sessão, estes parâmetros são agregados a outros que deverão também ser atendidos pelos fabricantes de cabos.

3.2.3. Características Técnicas Específicas para o COS da Infovia 01

Na tabela a seguir são apresentadas características técnicas específicas que deverão ser requisitadas no processo aquisitivo do COS da Infovia 01, porém, não se limitando a tais parâmetros, e passíveis de ajustes de características (mínimo, típico e

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	17 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

máximo) que não afetem questões de performance e manutenção futura do cabo. Estas características serão avaliadas para os diversos produtos ofertados no processo de aquisição (RFP).

Características	Unid.	Valor Min	Valor Típico	Valor Max
Número de pares de fibra	pares	24	24	24
Diâmetro externo	mm	-	-	28
Raio de curvatura	mm	-	1000	1300
Peso no ar	kg/m	-	1,3	1,8
Profundidade	m	300	-	-
Carga de Ruptura (CBL)	kN	200	-	-
Carga nominal sob transiente de tração (NTTS)	kN	130	-	-
Carga nominal de operação (NTOS)	kN	110	120	-
Carga nominal permanente (NPTS)	kN	50	-	-
Temperatura de operação	°C	-10	-	50
Temperatura de manuseio	°C	-20	-	70
Resistência em corrente continua @23°C	Ω/km	-	-	8
Isolação entre condutor e água	MΩ.km	400	-	-
Tensão de operação em CC	V	400	-	-
Tensão de operação em CA, @60Hz, RMS	V	180	-	-

Tabela 2 – Especificações técnicas mínimas do Cabo Óptico Subaquático (COS)

O dispositivo para emenda do cabo óptico subaquático (UQJ – *Universal Quick Joint*) deve permitir a integral recuperação do cabo tanto do ponto de vista de transmissão quanto do ponto de vista de estrutura, assegurando seu funcionamento integral com elevada confiabilidade. A figura a seguir ilustra o desenho externo deste dispositivo que tem também a função de manter os segmentos do cabo óptico integrados e isolados do ambiente subaquático.



Figura 6 – Ilustração de um dispositivo de junção de cabo óptico submarino.

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	18 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

Na tabela a seguir são apresentadas algumas características recomendadas pela ITU-T para dispositivos de emenda subaquática.

Emenda para cabo óptico submarino				
Referências: Recomendações do L- ITU-T				
Características	Unid.	Valor Min	Valor Típico	Valor Max
Comprimento	mm	-	1700	1900
Diâmetro externo	mm	-	150	200
Profundida máxima	m	200	-	-

Tabela 3 – Características do dispositivo para a emenda de cabo submarino

Além da aquisição de dispositivos UQJ, cuja quantidade será definida de acordo com o comprimento total dos segmentos ópticos da rota, também deverá ser adquirido um kit de ferramental composto por acessórios mecânicos e hidráulicos utilizados para confecção de emendas de cabos ópticos subaquáticos em casos de reparos e manutenção. O kit deverá atender a características técnicas compatíveis com o cabo óptico subaquático e os dispositivos UQJ que serão adquiridos, junto ao fabricante do cabo ou de fornecedores especializados independentes.

3.3. Serviços e Garantias do Fornecedor

3.3.1. Gestão de Projeto e Acompanhamento da Fabricação

Será requerido do fornecedor do Cabo Óptico Subaquático (COS) a designação de uma equipe específica de acompanhamento de projeto (PMO – *Project Management Office*), contando com contatos específicos no local de fabricação e outro em território brasileiro servindo como interface direta local com domínio da língua portuguesa e de origem do fabricante. Serão exigidas reuniões com periodicidade mínima quinzenal, mediante videoconferência, para a atualização de evolução do processo de fabricação e verificação do cronograma original previsto para o projeto, incluindo o status no planejamento dos processos das atividades de FAT (*Factory Acceptance Test*), transporte e transbordo, descritas nos itens seguintes. O cronograma executivo do projeto deverá contemplar os prazos de fabricação e recebimento dos produtos em território brasileiro, sendo seus compromissos parte dos critérios de avaliação do fornecedor.

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	19 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

3.3.2. Teste de Aceitação de Fábrica (FAT)

O fabricante e fornecedor do cabo deverão garantir a qualidade do produto e serviços executados de acordo com o padrão internacional ISSO 9001 e os padrões do ITU (*International Telecommunication Union*) e do ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*).

Os testes de aceitação de fábrica, FAT (*Factory Acceptance Test*), deverá ser realizado nas facilidades de fabricação do cabo e seus acessórios antes de seu embarque marítimo, sendo prevista a presença de representantes da contratante para o acompanhamento de execução e certificação.

De acordo com os procedimentos e programação do FAT, para garantir que o produto esteja estritamente em conformidade com as especificações do fabricante e todos os outros requisitos acima listados, o fornecedor deverá submeter à aprovação da contratante, os procedimentos do FAT e agendar as atividades com pelo menos 8 (oito) semanas de antecedência da data de início.

No período de execução do FAT, o fabricante do cabo deverá conduzir todos os testes que garantam a qualidade e validem as características técnicas do produto adquirido, sendo esperado a conformidade com tais especificações, incluindo as previstas nas Recomendações ITUT-T G.976 para métodos de testes aplicáveis a sistemas de cabos ópticos submarinos conforme tabela a seguir:

Items	Description	MANDATORY TESTS
1	SUBMARINE OPTICAL CABLE	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanical, handling and reliability tests (ITU-T / G.976 – Table 2); • Visual inspection and photographic records of the accommodation of cables and accessories; • Optical attenuation tests by the method of bi-directional optical reflectometry (OTDR) and Power Meter; • Power test (Cutback); • Copper conductor impedance test; • Insulation test; • PMD test; • Nominal Transient Tensile Strength (NTTS) Test;

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	20 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

3.3.3. Transporte e Transbordo do Cabo

Será de total responsabilidade do fabricante ou do fornecedor do cabo óptico subaquático (COS) o transporte dos produtos adquiridos até o porto designado de desembarque e transbordo no Brasil, não devendo incidir qualquer responsabilidade para a contratante as garantias de transporte e integridade da mercadoria adquirida até seu aceite em território nacional do Brasil no porto designado em comum acordo.

O fornecedor será responsável pela embarcação de frete, assim como os equipamentos e ferramentais necessários para essa operação de transbordo (ex. guindastes). Todas as despesas com taxas portuárias da embarcação de frete e no exterior deverão ser custeadas pelo fornecedor, assim como as taxas de exportação do país de origem. O fornecedor será responsável pelo agendamento da embarcação em porto brasileiro designado para entrega das mercadorias, ficando responsável por todos os tramites e impostos inerentes a estadia da embarcação no território brasileiro e portos intermediários no exterior.

Para o aceite definitivo do produto, **o fornecedor** deverá realizar os testes do Cabo Óptico Subaquático após o término do transbordo, quando os testes deverão comprovar que as características ópticas das fibras do cabo não sofreram variação da medição e a influência da temperatura ambiente comparado aos resultados do FAT.

3.3.4. Condições de Garantia do Cabo

O fornecedor deverá garantir que o Cabo Óptico Subaquático foi fabricado livre de defeitos de material, projeto e mão de obra, garantindo pelo período de vida útil do produto, normalmente **25 (vinte e cinco) anos** (Rec. ITU-T G.973.1), a reposição total ou de partes em caso de defeitos ou não conformidades com as especificações, considerando este prazo de garantia a partir da data de entrega do cabo no porto de destino, **CIF** (*Cost, Insurance and Freight*), após o transbordo do cabo para a embarcação de instalação e os subsequentes testes de aceitação final a serem conduzidos pelo fabricante com testemunho de representantes da contratante e do instalador do cabo.

O fabricante do cabo fornecerá **Especificações Técnicas** detalhadas que servirão como parâmetros de verificação no FAT e no termo final de aceitação, assim como balizadores e diretrizes de uso, operação em serviço, manuseio e manutenção do cabo,

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	21 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

incluindo aderências as Recomendações ITU-T e códigos internacionais padrões de mercado para esta tecnologia.

Baseado na experiência dos projetos da Infovia 00 e do Programa Amazônia Conectada, deverá ser solicitado um período de 24 (vinte e quatro) meses de garantia fabricação do Cabo Óptico Subaquático, dentro da vida útil esperada de 25 anos.

4. REFERÊNCIAS

Os documentos referenciados a seguir são aqueles disponibilizados pelas entidades gestoras, e que servem para nortear as diretrizes de execução do projeto, não sendo considerados exaustivos em suas definições, porém estabelecendo as principais premissas para a execução do projeto da Infovia 01.

- Diário Oficial da União, Portaria Nº 6.370, 19/nov/2019
- Ofício No. 6031/2020/MCOM, 07/out/2020, SEI/MCTI 5956078
- Análise No. 14/2020/AS-ANATEL, 01/dez/2020, SEI/ANATEL 6220178
- Acórdão No. 635, 01/dez/2020, SEI/ANATEL 6269730
- Ofício No. 9/2020/MM-ANATEL, 20/dez/2020, SEI/ANATEL 6336691
- Nota Informativa No. 197/2021/MCOM, 09/fev/2021, SEI/MCTI 6489840
- Acórdão No. 242, 28/jun/2021, SEI/ANATEL 7067184

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	22 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

5. ABREVIATURAS

ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
AMH	<i>Anchoring Manhole</i> (caixa de ancoragem)
CBL	<i>Cable Breaking Load</i>
COS	Cabo Óptico Subaquático
CSF	<i>Cut-off Shifted single-mode Fibre</i>
DA cable	<i>Double Armoured cable</i>
DCF	<i>Dispersion Compensating single-mode Fibre</i>
DGD	<i>Differential Group Delay</i>
DSF	<i>Dispersion Shifted single-mode Fibre</i>
DWDM	<i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i>
DWDMS	<i>Dense Wavelength Division Multiplexing Systems</i>
EAD	Entidade Administradora de Processo de Redistribuição e Digitalização de Canais TV e RTV
GIRED	Grupo de Implantação do Processo de Redistribuição e Digitalização de Canais TV e RTV
LEF	<i>Large Effective area single-mode Fibre</i>
LW cable	<i>LightWeight cable</i>
LWP cable	<i>LightWeight Protected cable</i>
MCOM	Ministério das Comunicações
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
NDF	<i>Negative Dispersion single-mode Fibre</i>

GIRED	Documento Técnico de Cabo Óptico Subaquático (COS)	Página	23 de 23
	Programa Norte Conectado – Infovia 01	Revisão	1.1
		Data	19/10/2021

NOTS	<i>Nominal Operating Tensile Strength</i>
NPTS	<i>Nominal Permanent Tensile Strength</i>
NTTS	<i>Nominal Transient Tensile Strength</i>
NZDSF	<i>Non-Zero Dispersion Shifted single-mode Fibre</i>
OFA	<i>Optical Fibre Amplifier</i>
PDF	<i>Positive Dispersion single-mode Fibre</i>
PMD	<i>Polarization Mode Dispersion</i>
RA cable	<i>Rock Armoured cable</i>
RDS	<i>Relative Dispersion Slope</i>
RNP	Rede Nacional de Ensino e Pesquisa
RPL	<i>Route Position List</i>
SA cable	<i>Single Armoured cable</i>
SMF	<i>non-dispersion shifted Single-Mode Fibre</i>
SWS	<i>Single Wavelength Systems</i>
TTE	<i>Terminal Transmission Equipment</i>
UQJ	<i>Universal Quick Joint</i>
WDM	<i>Wavelength Division Multiplexing</i>
WNZDF	<i>Wideband Non-Zero Dispersion single-mode Fibre</i>