

# ***Inatel***

Instituto Nacional de Telecomunicações

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

## **ESTUDO PRELIMINAR PARA LANÇAMENTO DE CABO SUBMARINO SOB A FOZ DO RIO AMAZONAS**

Leandro Graciano Lobato Bicalho Vitor

Poliana de Castro Morais Cardoso

Renato Ladeh

Tássio Felipe de Quatros Jardim

Santa Rita do Sapucaí

2012

**ESTUDO PRELIMINAR PARA LANÇAMENTO DE CABO SUBMARINO  
SOB A FOZ DO RIO AMAZONAS**

Leandro Graciano Lobato Bicalho Vitor

Poliana de Castro Morais Cardoso

Renato Ladeh

Tássio Felipe de Quatros Jardim

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Nacional de Telecomunicações, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Engenheiro Eletricista.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Eduardo Grizendi

Santa Rita do Sapucaí

2012

**Espaço onde será inserida a Ficha Catalográfica, elaborada pela biblioteca “Ministro Olavo Bilac Pinto.**



## FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em 07/07/2012 pela comissão julgadora:

---

Nome / Inatel – Orientador e Presidente da Comissão Julgadora

---

Nome / Inatel – Membro da Comissão Julgadora

---

Nome / Inatel – Membro da Comissão Julgadora

---

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica

Todos os méritos são dedicados àqueles que nos estimularam, afetiva e intelectualmente, a conseguir o melhor para nós mesmos. A vocês que sempre nos deram o melhor de si, sempre o melhor de nós!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos sinceros são indispensáveis ao professor e orientador do grupo, Prof. Dr. Eduardo Grizendi, que nos deu todo respaldo para a execução deste trabalho, de modo que pudéssemos finalizar uma importante etapa de nossas trajetórias profissionais. Agradecemos também a todos os professores que nos instruíram durante os anos de graduação, assim como a todo corpo de funcionários do Instituto Nacional de Telecomunicações pelos trabalhos imprescindíveis ao nosso bem estar e comodidade.

Agradecemos aos nossos familiares por nos permitir estar aqui e aos nossos amigos que fizeram deste período uma fase inesquecível que nos deixará sempre muitas saudades. O grupo agradece ainda uns aos outros, pela cooperação e empenho depositados neste trabalho.

## RESUMO

A região norte do Brasil ainda é precariamente desprovida de infraestrutura de telecomunicações para que seus habitantes tenham acesso à mesma qualidade de informação e comunicação que o resto do país possui.

Este trabalho tem o objetivo de analisar e propor soluções para implantação de um cabo submarino sob a foz do rio Amazonas e outras rotas viáveis, igualmente eficientes e que respeitem o meio ambiente, não afetem de maneira negativa a população local nem o meio em que ela vive.

Os tipos de cabos e lançamentos ideais são listados, bem como possíveis rotas visando escolher a opção ideal para que mais pessoas sejam beneficiadas.

A implantação deste projeto é cercada de desafios tecnológicos que são descritos neste trabalho, assim como possíveis soluções e alternativas para superá-los.

Há ainda um levantamento de custos para uma melhor análise sobre a viabilidade das rotas, bem como sobre o custo benefício das mesmas.

**Palavras-chaves:** cabo submarino; festoon cable; Rio Amazonas, infraestrutura óptica

## ABSTRACT

The northern region of Brazil is still lacking a minimally satisfactory telecommunications infrastructure so that its inhabitants can have access to a similar quality of information and communication services as the rest of the country.

This work aims to analyze and propose solutions for the deployment of a submarine cable in the mouth of the Amazon River and other viable routes that are equally efficient and environmentally friendly, and do not affect negatively the local population or the environment where it lives.

The types of cables and ideal releases are listed, as well as possible routes, in order to choose the right option so that more people are benefited.

The implementation of this project is surrounded by technological challenges that are described in this paper as well as the possible solutions and alternatives to overcome them.

There is also a survey of costs for a better analysis on the feasibility of the routes, as well as on the cost - benefit of the alternatives.

**Keywords:** submarine cable, festoon cable, Amazon River, optical infrastructure



## ÍNDICE

Lista de figuras.....	XII
Lista de tabelas.....	XIV
Lista de gráficos.....	XV
Lista de abreviaturas.....	XVI
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.1 Motivação.....	18
1.2 Objetivos.....	18
1.3 Estrutura do trabalho.....	19
<b>2. CABOS SUBMARINOS.....</b>	<b>20</b>
2.1 História.....	20
2.2 Estrutura do sistema.....	21
2.2.1 Estrutura em anel.....	21
2.2.2 Estação terrena.....	22
2.2.3 Multiplexação por divisão de onda densa (DWDM).....	22
2.2.4 Rede SDH (Synchronous Digital Hierarchy).....	23
2.2.5 Amplificadores ópticos.....	23
2.3 Estruturas dos cabos submarinos.....	24
2.4 Lançamento dos cabos submarinos.....	26
2.5 Arquitetura.....	27
<b>3. AS PRINCIPAIS ROTAS ÓPTICAS DO BRASIL.....</b>	<b>30</b>
3.1 Principais rotas de cabos submarinos no Brasil.....	30

3.1.1 Américas II.....	31
3.1.2 Atlantis-2.....	32
3.1.3 SAm-1 Emergia.....	33
3.1.4 South America Crossing (SAC) – Global Crossing.....	34
3.1.5 Glebenet/ 360 Networks.....	35
3.1.6 Unisur.....	36
3.2 Redes ópticas da região Norte do Brasil.....	38
3.2.1 Principais rotas ópticas da região norte do Brasil.....	38
3.2.2 Redes ópticas implantadas na região norte – Oi.....	42
3.2.3 Rede óptica implantada na região de Urucu a Manaus.....	44
<b>4. PROPOSTAS DE ROTAS DE CABOS SUBMARINOS ENTRE OS ESTADOS DO PARÁ E AMAPÁ.....</b>	<b>45</b>
4.1 Rota passando pelo território da Ilha de Marajó.....	45
4.2 Rota passando por fora do território da Ilha de Marajó.....	46
4.3 Rota interligando Macapá a Santarém.....	48
4.4 Rota passando ao redor da Ilha de Marajó seguindo para Santarém.....	49
<b>5. ESTIMATIVA DE CUSTOS E INVESTIMENTOS.....</b>	<b>52</b>
5.1 Rota passando pelo território da Ilha de Marajó.....	52
5.2 Rota passando por fora do território da Ilha de Marajó.....	53
5.3 Rota passando ao redor da Ilha de Marajó seguindo para Santarém.....	53
<b>6. DESAFIOS TECNOLÓGICOS.....</b>	<b>55</b>

**7. CONCLUSÕES..... 57**

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 59**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cabo Atlântico de 1866.....	21
Figura 2. Sistema de um cabo submarino.....	22
Figura 3. Cabo submarino de águas profundas.....	24
Figura 4. Cabo submarino com blindagem especial.....	25
Figura 5. Lançamento do cabo submarino.....	27
Figura 6. Arquitetura Festoon.....	28
Figura 7. Demais arquiteturas.....	29
Figura 8. Principais rotas de cabos submarinos no Brasil.....	31
Figura 9. Interligação Américas II.....	32
Figura 10. Interligação Atlantis-2.....	33
Figura 11. Interligação SAM-1.....	32
Figura 12. Interligação SAC.....	33
Figura 13. Interligação Glebenet.....	34
Figura 14. Interligação Unisur.....	35
Figura 15. Trecho integrando Porto Velho a Manaus através de fibras ópticas.....	38
Figura 16. Condições de tráfego na BR-319.....	39
Figura 17. Estruturas padrões das estações Embratel no tronco Porto Velho a Manaus.....	40
Figura 18. Rede óptica da região norte.....	41
Figura 19. Rede óptica implantada na região norte.....	42

Figura 20. Rede óptica da região norte – Oi – interligando Boa Vista a Santa Elena, Venezuela.....	43
Figura 21. Trecho Urucu a Manaus.....	44
Figura 22. Interligando Belém a Macapá por dentro da Ilha de Marajó.....	45
Figura 23. Interligando Belém a Macapá por fora da Ilha de Marajó.....	47
Figura 24. Interligando Macapá a Santarém.....	48
Figura 25. Interligando Belém a Macapá por fora da Ilha de Marajó.....	49
Figura 26. Cabo dobrado.....	56

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Primeira rota.....	46
Tabela 2. Segunda rota.....	47
Tabela 3. Terceira rota.....	48
Tabela 4. Quarta rota.....	50
Tabela 5. Estimativa de investimento para a primeira rota.....	52
Tabela 6. Estimativa de investimento para a segunda rota.....	53
Tabela 7. Estimativa de investimento para a terceira rota.....	53
Tabela 8. Estimativa de investimento para a terceira rota.....	54

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. PIB anual.....	51
Gráfico 2. População no ano de 2010.....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS

- CERON- Companhia de Energia de Rondônia.
- DWDM- *Dense Wavelength Division Multiplexing* – Multiplexação por Divisão de Onda Densa.
- Gbps - Gigabits por segundo.
- Mbits- Megabits por segundo.
- NOC - *Network Operation Center* – Centro de Gerência da Rede
- OPGW- *Optical Ground Wire*
- PIB- Produto Interno Bruto
- POPs - Pontos de Presença
- SAC – *South American Crossing* – Cruzamento Sul-Americano.
- SDH - *Synchronous Digital Hierarchy* – Sistema Digital Síncrona
- SINAPI- Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil.
- Tbps - Terabits por segundo.
- TDM - *Time-Division Multiplexing* – Multiplexação por Divisão de Tempo.





# **CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO**

## **1.1 Motivação**

A implantação de cabos submarinos teve início no Brasil em 1857, na primeira linha telegráfica do país, interligando a Praia da Saúde, na cidade do Rio de Janeiro, com a cidade de Petrópolis, uma extensão total de 50 quilômetros, dos quais 15 quilômetros de cabo submarino foram utilizados. O primeiro cabo coaxial, implantado foi em 1956 e facilitou a comunicação entre as pessoas de diversas regiões.

Ao longo destes mais de 100 anos, os cabos submarino implantados eram metálicos ou coaxiais. No atual momento, os cabos submarinos são implantados com fibra óptica, tendo mais qualidade e possibilitando maior velocidade na transmissão dos sinais. Esse tipo de cabo óptico surgiu na década de 70 e tem propiciado maiores oportunidades de comunicação entre as pessoas, assim como permite a rápida veiculação dos acontecimentos do mundo através dos vários tipos de mídias.

A importância dos cabos submarinos no Brasil se dá pela dimensão do país. Há cabos submarinos implantados por toda costa brasileira que interligam regiões do país e também com regiões exteriores

Apesar de diversos cabos ópticos terem sido implantados no país, a Região Norte do Brasil ainda carece de infraestrutura óptica satisfatória, seja ela implantada em rotas rodoviárias, ferroviárias, de linhas de transmissão de energia elétrica ou submarinos.[1]

## **1.2 Objetivos**

O objetivo deste trabalho é apresentar as principais dificuldades e vantagens tecnológicas que envolvem este processo de implantação.

Ele apresenta, de modo geral, um estudo preliminar para lançamento de cabo submarino na Foz do Rio Amazonas e apresenta também os efeitos dessa implantação no meio ambiente. Fica evidente, a partir do estudo de lançamentos de cabos submarinos, a necessidade de se realizar projetos para os cuidados com o meio em que vivemos. Foram estudadas e buscou-se definir quais tecnologias poderiam ser utilizadas para implantação de cabos submarinos na região da Foz do Rio Amazonas, além de apresentar as principais possibilidades tecnológicas que podem ser utilizadas neste processo de implantação.

## **1.3 Estrutura do Trabalho**

O capítulo 2 apresenta os cabos submarinos, com um breve histórico, e logo em seguida a estrutura do mesmo e do sistema no qual é empregado. Neste capítulo também está descrito o lançamento dos cabos submarinos e as diversas maneiras como isto pode ser feito.

O capítulo 3 aborda as rotas de cabos submarinos da região, bem como suas características e finalidades. Serão abordadas as redes implantadas na região norte e em países vizinhos, além de uma breve comparação com redes de outras regiões similares.

O capítulo 4 apresenta as possíveis rotas propostas para o cabo submarino partindo do Estado do Pará e atingindo o Amapá através da foz do Rio Amazonas mostrando os possíveis traçados do cabo, levando em consideração a geografia da região.

O capítulo 5 analisa os custos das rotas estudadas no capítulo anterior e o número de pessoas atendidas pelas mesmas.

O capítulo 6 faz uma análise dos problemas técnicos a serem enfrentados. São abordados também os problemas com o meio ambiente, a fauna local e os animais que causam danos ao cabo, o clima instável da região, e os ribeirinhos que usam o rio diariamente e podem interferir no projeto com âncoras e engrenagens de suas embarcações.

O capítulo 7 aborda as conclusões sobre cada tópico e a viabilidade deste projeto de cabos submarinos na região norte do Brasil.

## CAPITULO 2. OS CABOS SUBMARINOS

O cabo submarino é um tipo de cabo de telecomunicações especial, idealizado para ser instalado sob a água, por exemplo, em rios, oceanos e baías. Para tornar isso possível, ele recebe uma forte proteção mecânica. Normalmente possui alma de aço e um isolamento especial. O tipo de cabo pode ser metálico, coaxial ou óptico, sendo este último amplamente mais utilizado atualmente. [1]

### 2.1 História

Os historiadores não chegaram a um consenso com relação à data do primeiro cabo submarino. Com a invenção da telegrafia por Samuel Morse em 1843, surgiu a ideia de lançar cabos atravessando o Oceano Atlântico para usar a nova tecnologia. Ainda em fase de estudos, o primeiro cabo submarino que se tem notícia foi justamente um cabo telegráfico lançado em 1851 no canal inglês, partindo de Dover..

No ano de 1856, Charles Field, Charles Bright, John Brett e Jacob Brett se uniram para fundar uma empresa com o intuito de lançar o primeiro cabo submarino telegráfico intercontinental. No ano seguinte dois navios partiram da Irlanda com 4.630km (quatro mil seiscentos e trinta quilômetros) de cabo para serem lançados no mar. Depois de 750 km (setecentos e cinquenta quilômetros) de cabos lançados no oceano, o mesmo se partiu frustrando as expectativas dos sócios. Em 1858 uma nova tentativa foi feita, mas o cabo se partiu depois de 250 km (duzentos e cinquenta quilômetros). Ainda em 1858, uma terceira tentativa foi executada, dessa vez bem sucedida. Mudou-se a estratégia e os navios partiram do meio do Atlântico em direções opostas atingindo portos na Europa e EUA sem nenhuma ocorrência de rompimento. A mensagem "*Glory to God in the highest, and on Earth, peace, good will to men*" foi enviada, mas demorou alguns minutos para ser totalmente transmitida já que este cabo possuía uma largura de banda capaz de transportar no máximo duas palavras por minuto.[1]

A figura 1 a seguir ilustra o cabo telegráfico submarino utilizado.



**FIGURA 1: CABO ATLÂNTICO DE 1866 (PORTHCURNO TELEGRAPH MUSEUM)**

Em 1956 surgiu o cabo submarino coaxial, que logo se tornou a melhor opção de uso naquela época. Em meados dos anos 70, o cabo óptico começou a ser desenvolvido, mas o primeiro sistema óptico foi instalado apenas em 1982 nas Ilhas Canárias. O primeiro cabo transatlântico a usar fibra óptica foi o TAT-8 que entrou em operação em 1988.[1][2]

## **2.2 Estrutura do Sistema de Comunicação**

O cabo óptico submarino pode atingir até 9.000 km sem necessidade de regeneração do sinal. Em sistemas de quarta geração (1550nm) podem-se atingir espaçamentos de até 100 km entre repetidores. Estes cabos, assim como amplificadores e regeneradores são projetados para suportarem uma pressão de água de até 800 atmosfera.[1]

### **2.2.1 Estrutura em anel**

A estrutura em anel permite que o cabo submarino circunde um continente, ou qualquer outra área de interesse do projeto, garantindo conectividade em toda sua extensão. Esta estrutura possui característica de autofechamento e bidirecionalidade, o que permite partir

de qualquer ponto do anel e ter como destino outro ponto qualquer, fazendo isso em qualquer direção.

As falhas são detectadas pelo equipamento de roteamento de tráfego. Assim que detectada uma falha, ele redireciona o tráfego instantaneamente, o que possibilita uma recuperação imediata. [1][2]

### **2.2.2 Estação Terrena**

Os equipamentos responsáveis pela regeneração do sinal óptico, bem como pela demultiplexação dos sinais, estão na estação terrena. Geralmente as estações ficam em pontos distantes dos consumidores de serviço. Para que se tenha uma distribuição eficiente dos serviços, os sistemas submarinos usam POPs (“*Point of Presence*”) ou Pontos de Presença. Estes pontos se situam próximos a ambientes urbanos e recebem os sinais da estação terrena.

O sistema de segurança para que o sistema todo funcione ininterruptamente é avançado e cuidadosamente estudado. Estes lugares possuem energia da concessionária responsável por cada área, além de *no-breaks* (fontes ininterruptas de energia) que dão a tranquilidade para que o sistema não falhe. Alarmes e sistema de monitoração protegem o centro de gerência (NOC – Network Operation Center) que é responsável pelo controle de tráfego, vigilância dos sinais, identificação de problemas e manutenção do sistema, 24 horas por dia, 365 dias no ano.[1]

### **2.2.3 Multiplexação por Divisão de Onda Densa (DWDM)**

A fibra óptica submarina pode transmitir vários sinais independentes, com diferentes comprimentos de onda. Isso é atualmente possível através da Multiplexação por Divisão de Onda Densa - DWDM (“*Dense Wavelength Division Multiplexing*”). Os dados são divididos em vários canais de frequências diferentes, permitindo-se elevar a capacidade de transmissão das fibras sem efetuar a troca das mesmas. À medida que esta tecnologia se torne mais e mais densa, com mais canais de frequências diferentes, simplesmente troca-se os

equipamentos das suas pontas, mantendo a fibra óptica inalterada. Essa tecnologia barateou a produção dos equipamentos e diminuiu seus tamanhos.[1]

### **2.2.5 Rede SDH (Synchronous Digital Hierarchy)**

O equipamento SDH pode estar instalado tanto na Estação Terrena como no POP. São utilizadas para multiplexação TDM com altas taxas de bits e oferece às redes ópticas funções de multiplexação e proteção, no plano elétrico, antes da conversão para o plano óptico.[1]

Uma rede SDH é composta por:

- Rede física: responsável por interligar os equipamentos SDH
- Equipamentos: amplificadores, multiplexadores, “transponders” e equipamentos de “cross” conexão que fazem o transporte de informações.
- Sistema de Gerência: controle da rede e configuração de equipamentos
- Sistema de Sincronismo: responsável pela propagação do sinal pela rede e pelo fornecimento das referências de relógio para os equipamentos

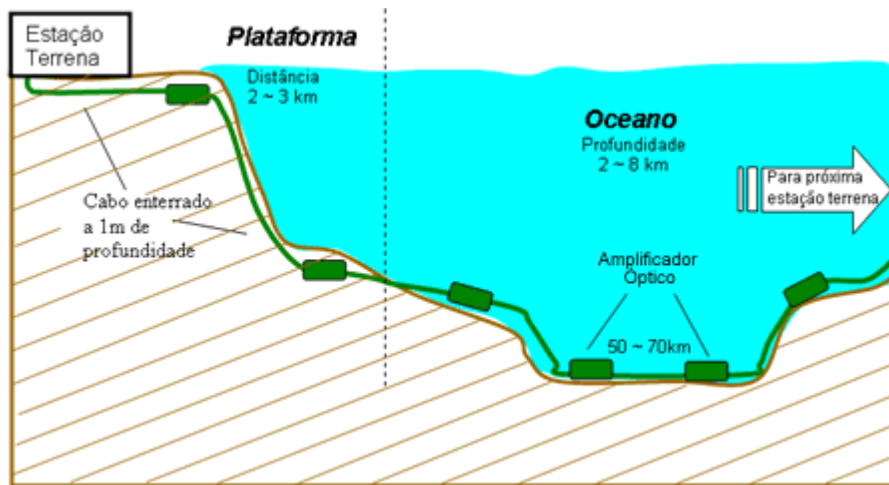
### **2.2.6 Amplificadores ópticos**

Os amplificadores ópticos são capazes de dar uma nova vida aos sinais, amplificando-os de forma transparente. Um sinal óptico pode ser transmitido a distâncias muito maiores quando os amplificadores são usados de forma correta. A alimentação elétrica dos mesmos é feita a partir das Estações Terrenas.

Os amplificadores pesam cerca de meia tonelada cada. Devido a esse peso e ao peso do próprio cabo submarino, este fica estacionado no leito no lugar em que for lançado.[1]

A figura 2 a seguir ilustra a utilização de amplificador óptico no cabo submarino.



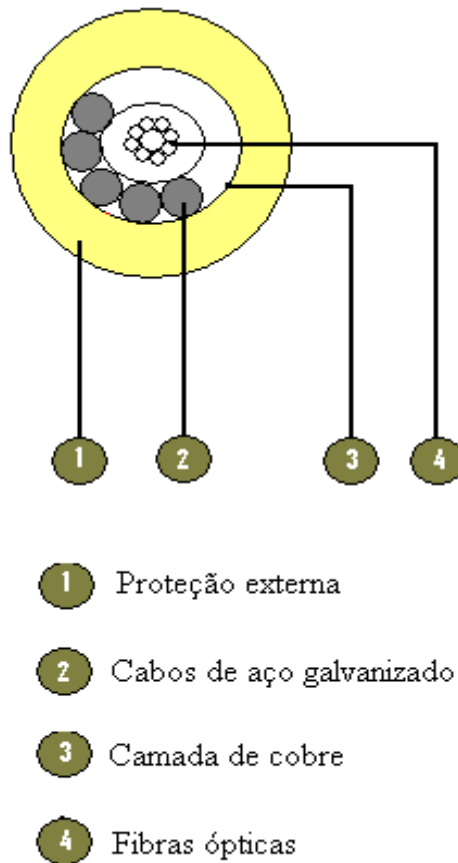


**FIGURA 2: SISTEMA DE UM CABO ÓPTICO SUBMARINO COM AMPLIFICADOR ÓPTICO**

### 2.3 Estrutura do cabo submarino

Os tipos de cabos devem ser escolhidos levando-se em conta o leito em que será utilizado. O cabo tronco é um tipo de cabo leve e pode ser utilizado em águas profundas já que não necessita de uma blindagem mais pesada. Próximo à costa, ou em travessias em águas rasas, deve-se utilizar cabos blindados, para tentar conter possíveis danos provocados por âncoras de embarcações e redes de barcos pesqueiros e ameaças afins. [1]

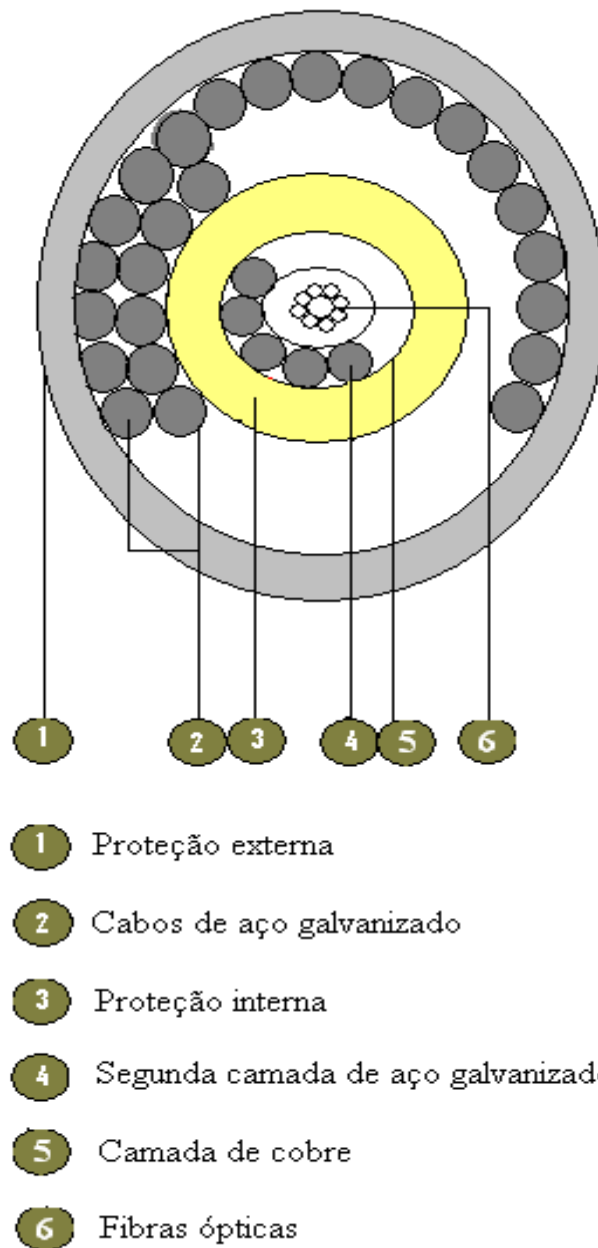
A figura 3 a seguir ilustra a estrutura de um cabo submarino utilizado em águas profundas.



**FIGURA 3: CABO SUBMARINO DE ÁGUA PROFUNDA**

Por medida de precaução, o cabo submarino passa a ser enterrado a um metro de profundidade assim que chega a plataforma continental. Além disso, esse cabo possui mais proteção se comparado ao cabo que está no leito do rio ou oceano.[1]

A figura 4 ilustra um cabo submarino com blindagem especial.



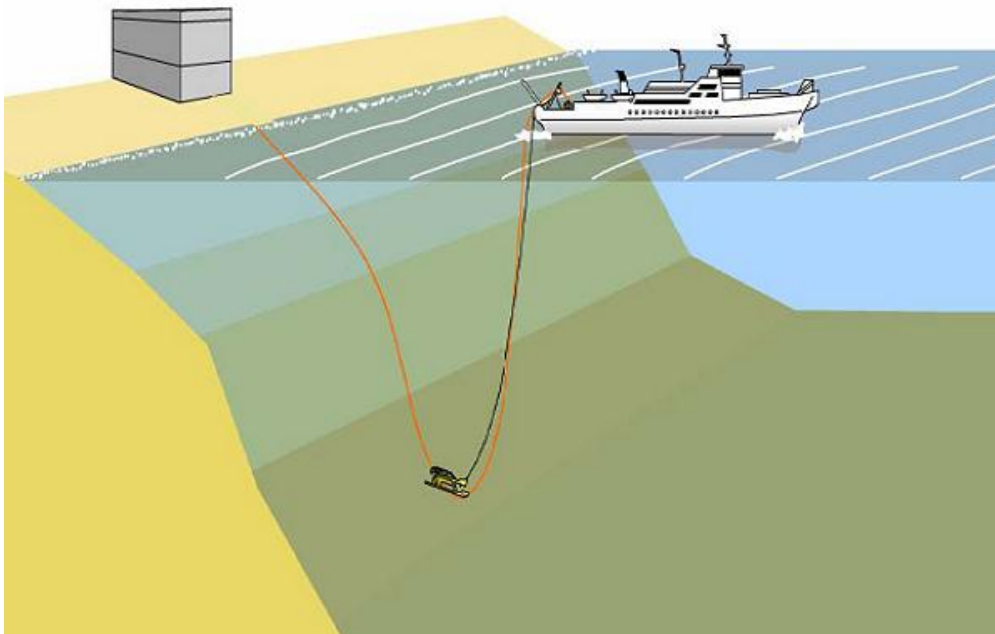
**FIGURA 4: CABO SUBMARINO COM BLINDAGEM ESPECIAL**

## **2.4 Lançamento do cabo submarino**

O lançamento do cabo submarino é normalmente feito com uma embarcação com centenas de quilômetros de cabo a bordo, efetuando o lançamento do mesmo à medida que se locomove da estação A para a estação B.[1]

Em águas rasas, mergulhadores podem auxiliar no lançamento, fixando o cabo, fazendo algum reparo ou desprendendo de algo, facilitando o seu caminho. Em águas profundas veículos operados remotamente podem fazer esse serviço.[1]

Na figura 5 a seguir, ilustra-se uma embarcação efetuando um lançamento:



**FIGURA 5: LANÇAMENTO DO CABO SUBMARINO**

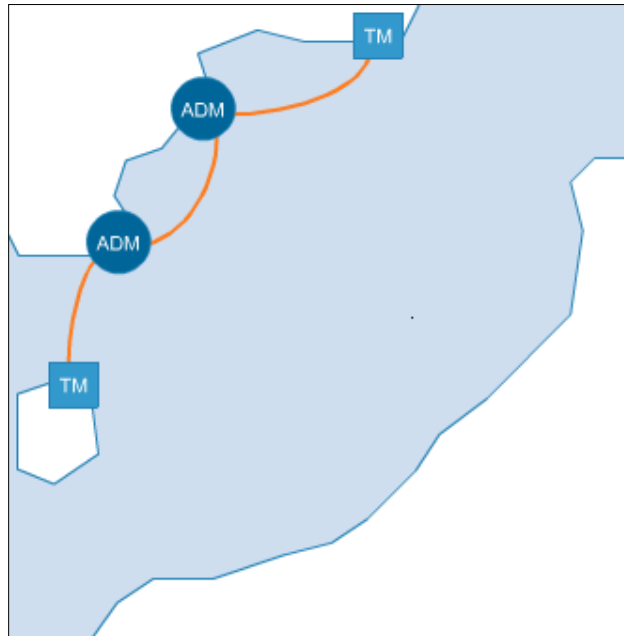
## **2.5 Arquitetura de redes**

Podemos classificar o tipo de sistemas de cabo submarinos de acordo com a utilização de seus repetidores: submersos ou não. Para construir sistemas intercontinentais, ou cabos que têm por objetivo ligar estações terrestres muito distantes entre si, utilizam-se de repetidores submersos. Este sistema possui condutores no cabo para que o repetidor seja alimentado, e possui grande alimentação de energia nas estações terrestres.

Os cabos sem repetidores submersos são usados para distâncias menores, por exemplo, ligando continentes a ilhas, ou contornos pela costa no mar e em rios, como é o caso deste trabalho. As repetições são feitas em estações terrestres convenientemente escolhidas ao

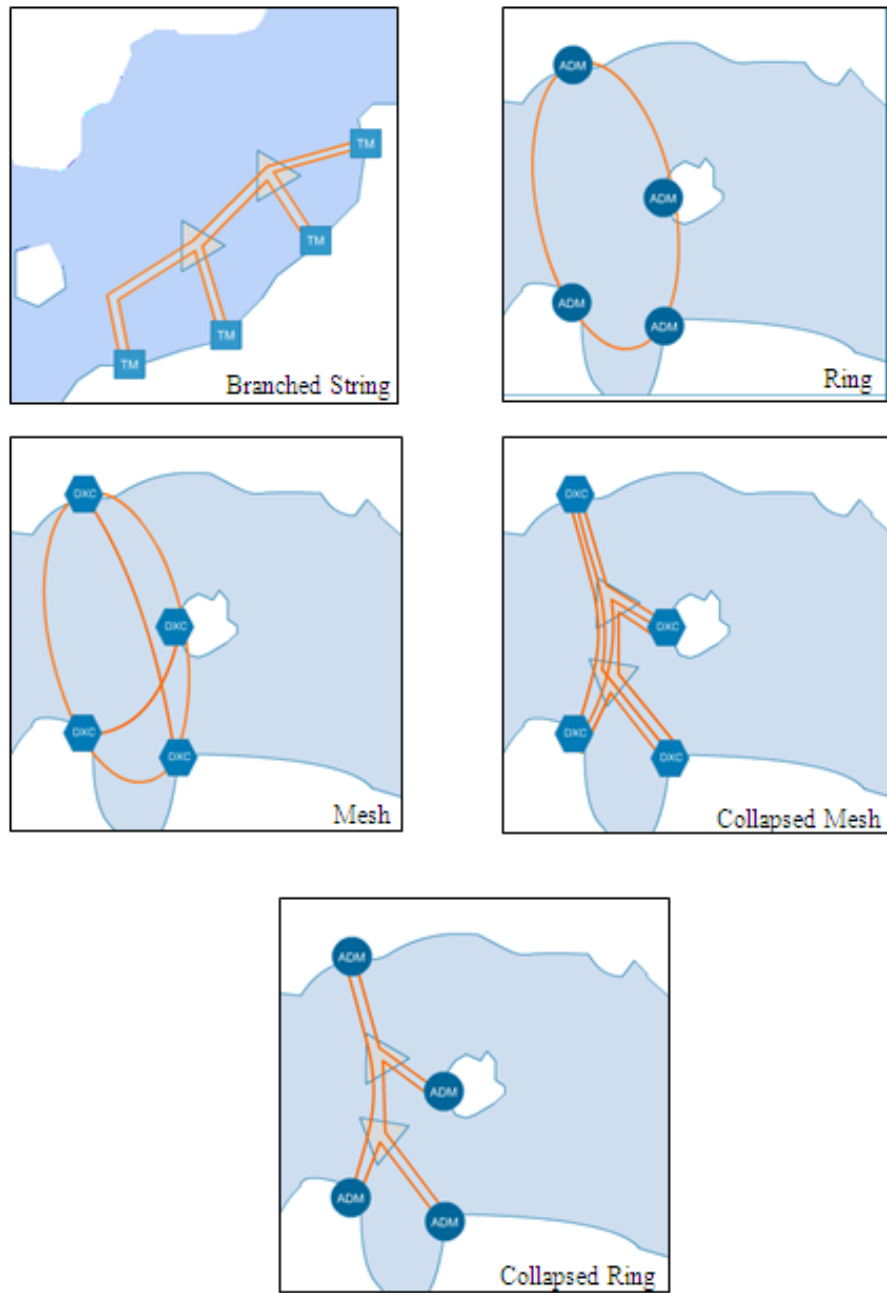
longo do rio. O cabo submarino vai até a estação terrestre e volta ao leito do rio, fazendo este percurso sempre que o sinal precisar ser repetido. Esse sistema é conhecido como “festoon”.

A figura 6 a seguir ilustra esta arquitetura



**FIGURA 6: ARQUITETURA FESTOON**

Existem outras arquiteturas conhecidas para diferentes tipos de aplicações como ilustra a figura 7 a seguir.



**FIGURA 7: DEMAIS ARQUITETURAS**

## **CAPÍTULO 3 AS PRINCIPAIS ROTAS ÓPTICAS DO BRASIL**

### **3.1 Principais rotas de cabo submarino no Brasil**

Existem diversas rotas de cabo submarino que passam pela costa brasileira. São elas:

- Américas 2
- Atlantis 2
- SAm - 1
- South American Crossing (SAC) – Global Crossing
- Globenet / 360 Networks
- Unisur

A figura 8 a seguir ilustra estes cabos.



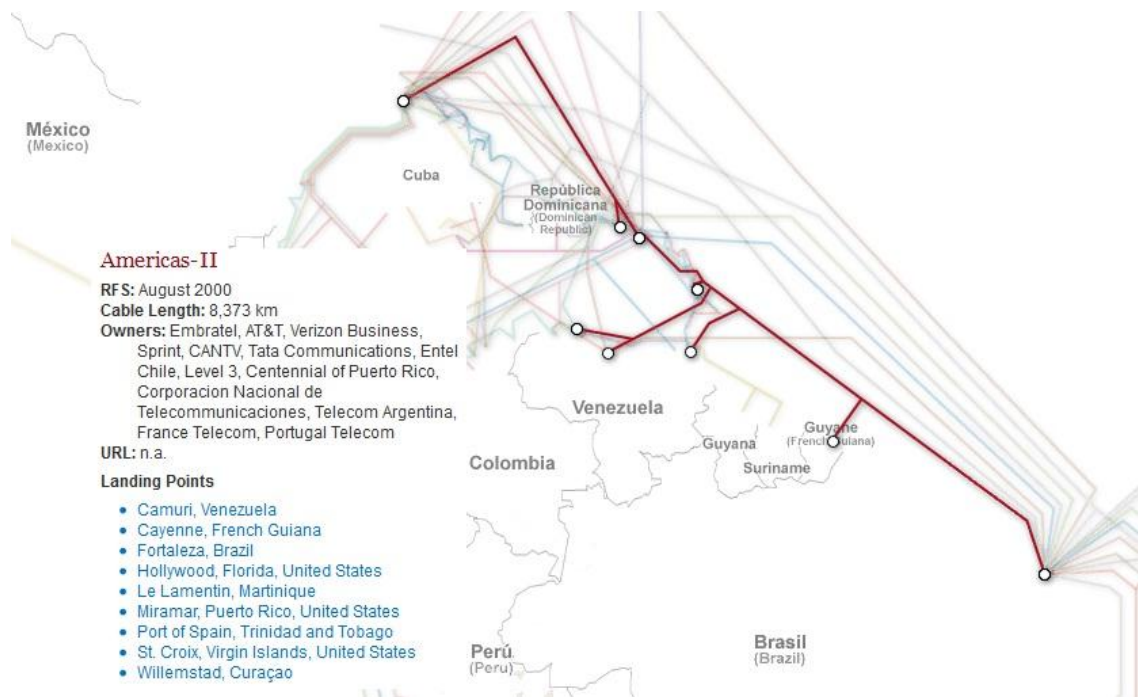
**FIGURA 8: PRINCIPAIS ROTAS DE QUE PASSAM NO BRASIL.[1]**

### 3.1.1. Américas II

Este cabo submarino de fibra óptica está em operação desde setembro de 2000. Com uma rota de 9.000 km de extensão, se estende do Brasil (Fortaleza) aos Estados Unidos (os pontos de interligação podem ser vistos na figura 9 a seguir). É Resultado de um consórcio formado por diversas operadoras internacionais (Embratel, Worldcom, Sprint, CANTV, entre outras).



Ele foi constituído por três anéis ópticos interligados, quatro pares de fibras ópticas e capacidade de transmissão de 80 Gbps. Realiza 151.200 ligações (telefônicas) simultâneas e possui 8 lambdas em cada par de fibras, com velocidade de 2,5 Gbps por lambda.[4][3]



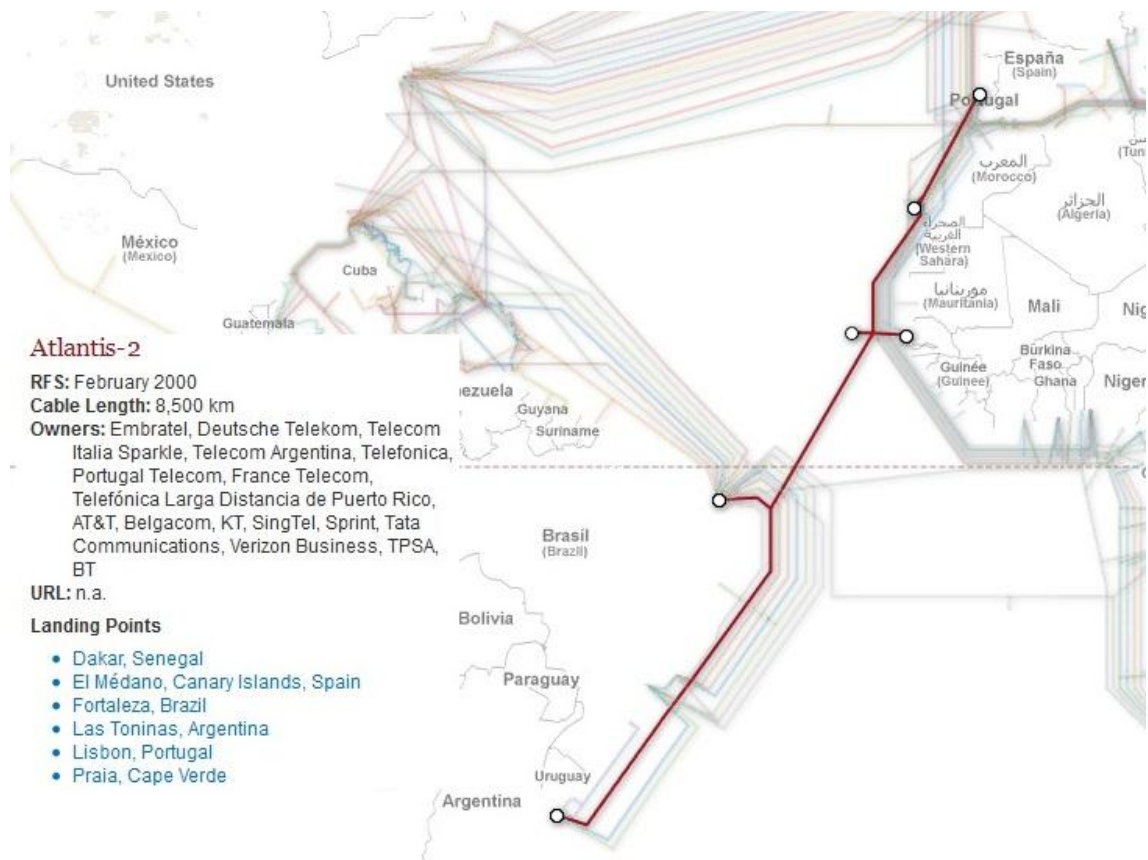
**FIGURA 9: INTERLIGAÇÃO AMÉRICAS II.**

### 3.1.2. Atlantis-2

Este cabo pertencente a um consórcio internacional formado por 25 grandes empresas de telecomunicações que representam as maiores operadoras do mundo. Exigiu recursos da ordem de US\$ 370 milhões.

Está em serviço desde o início de 2000. Com aproximadamente 12 mil km de extensão liga o Brasil à Europa, África e América do Sul.

A figura 10 a seguir representa a rede Atlantis-2.



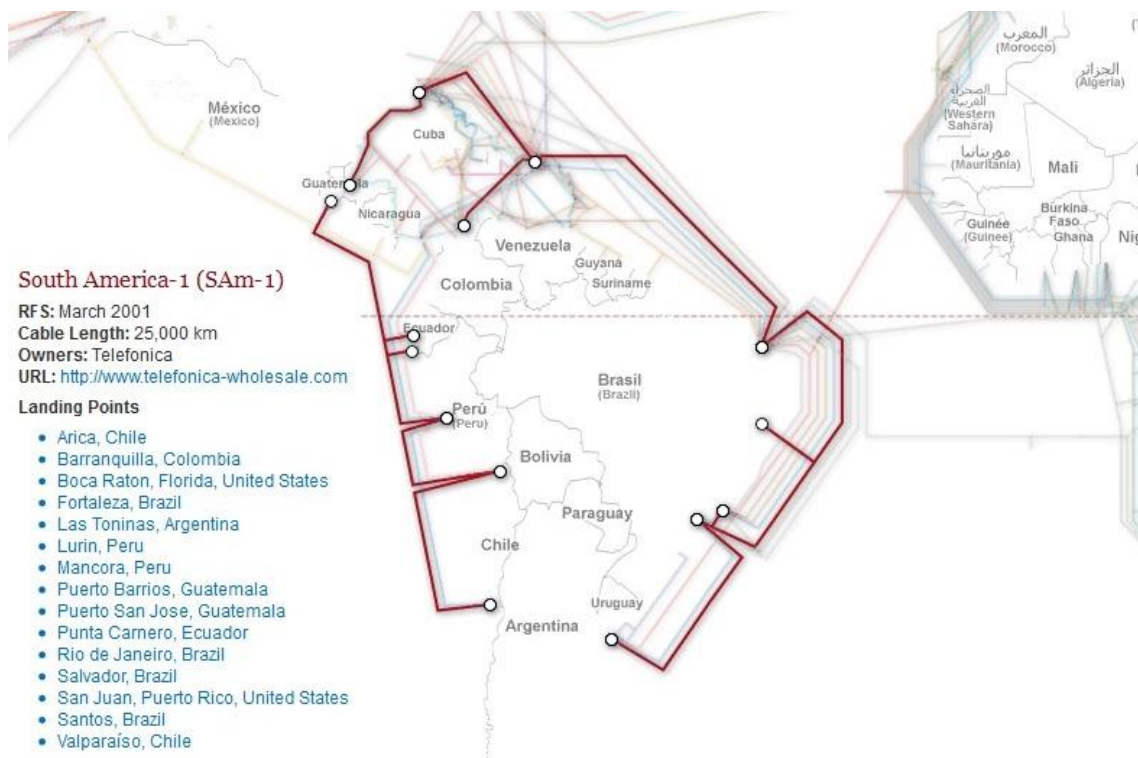
**FIGURA 10: INTERLIGAÇÃO ATLANTIS-2.**

O cabo possui dois pares de fibras ópticas sendo um utilizado para serviço e o outro para redundância. Sua capacidade final é de 40 Gbps, possuindo oito lambdas no par de serviços, com uma capacidade para 2,5 Gbps por lambda.[5][3]

### 3.1.3 SAM-1 Telefonica

O cabo submarino SAM-1 da Telefonica (implantado pela Emergia, um braço da Telefonica que foi incorporado a ela posteriormente), em operação desde fevereiro de 2001, é um sistema que consumiu da Telefonica S.A. um investimento de cerca US\$ 1,6 bilhão para sua realização. Ele interliga as três Américas por meio de cabos que somam 25 mil km de extensão. É um anel óptico que circunda as Américas através dos oceanos Atlântico e Pacífico, conforme figura 10.

A figura 11 a seguir ilustra este cabo. Ele possui uma capacidade de transmissão final de até 1.92 Tbps. São quatro pares de fibras ópticas, 48 lambdas em cada par de fibras, com uma velocidade de 10 Gbps por lambda.[1][3]



**FIGURA 11: INTERLIGAÇÃO SAM-1.**

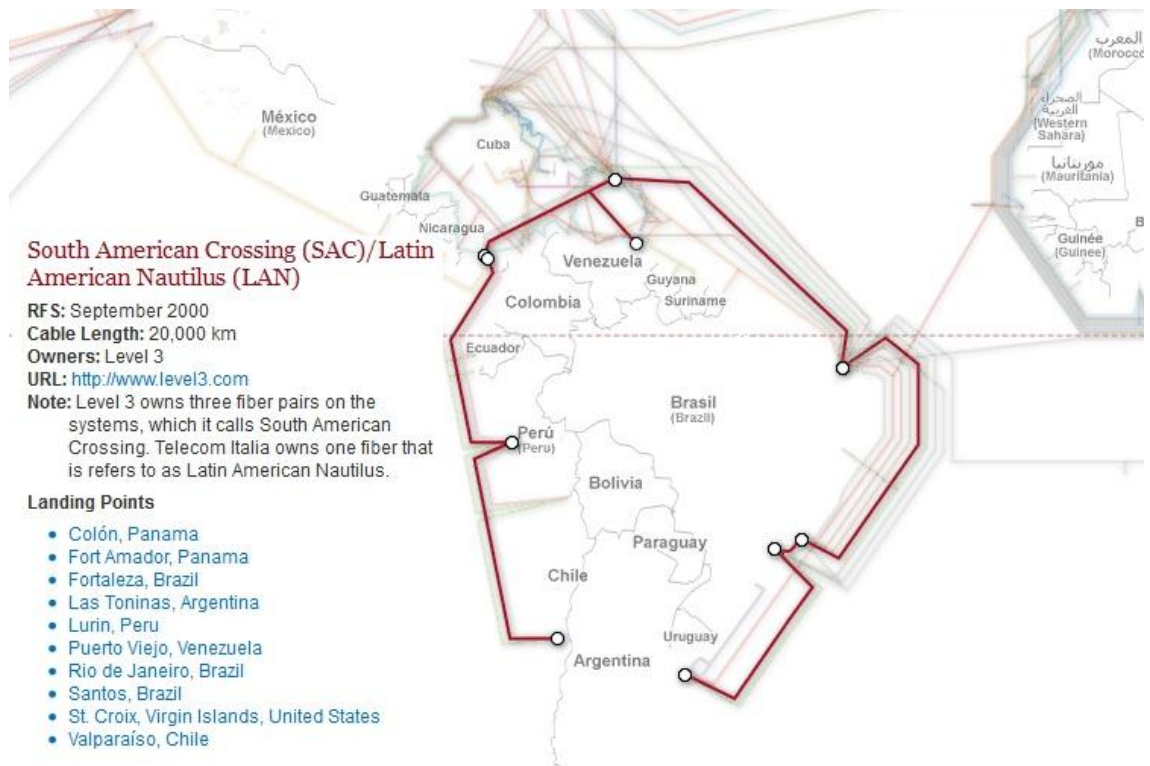
### 3.1.4. South American Crossing (SAC) – Global Crossing

Este cabo está em operação comercial desde o início de 2001. Foi implantado pela Global Crossing e teve um custo estimado de US\$ 2 bilhões. A empresa foi recentemente adquirida pela Level 3 Communications.

O SAC é um anel óptico auto-restaurável que circunda as Américas através dos oceanos Atlântico e Pacífico. Esta configuração garante ao sistema uma qualidade que permite o fornecimento de um serviço em alta velocidade com qualidade e segurança entre as principais cidades do continente.

A rede hoje possui 20 mil km e uma capacidade de transmissão final igual a 3.84 Tbps.[3][1]

A figura 12 a seguir representa a rede SAC.



**FIGURA 12: INTERLIGAÇÃO SAC.**

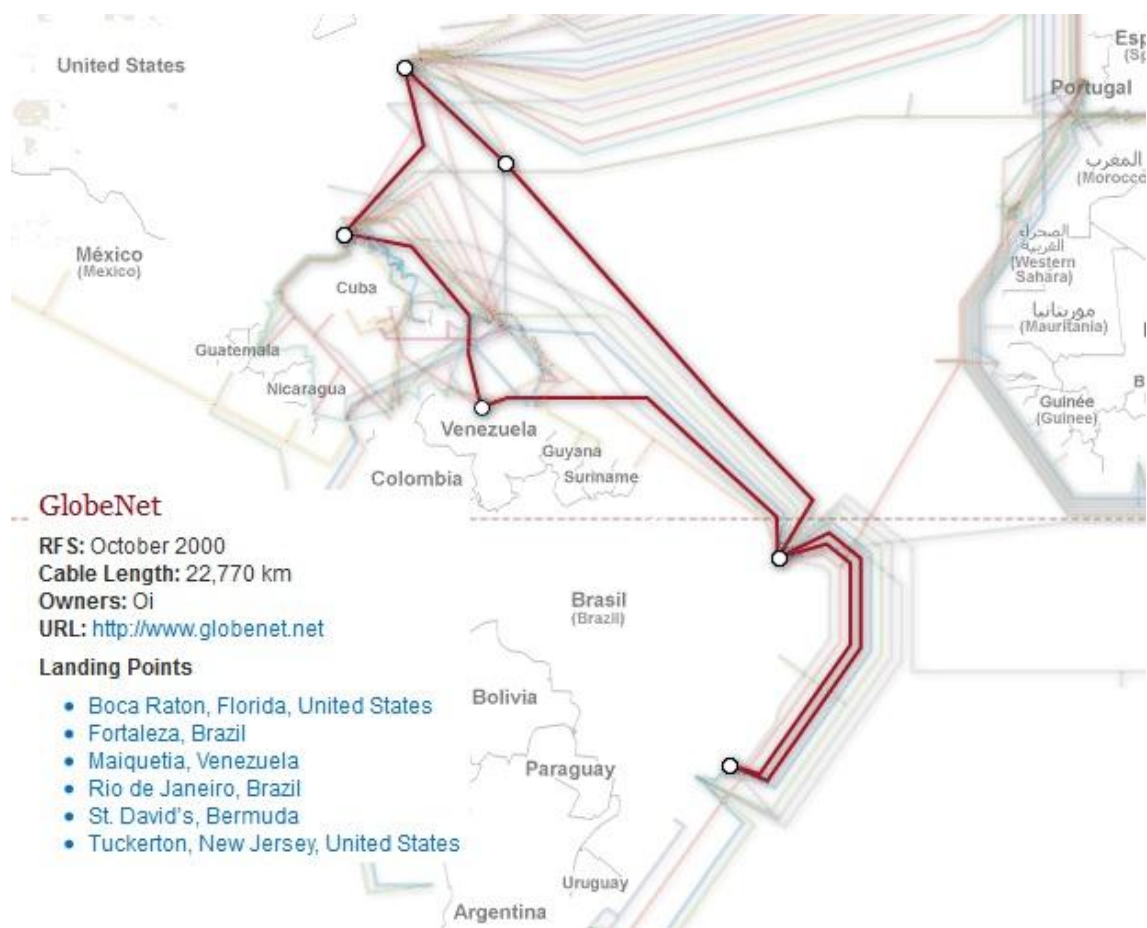
### 3.1.5. Globenet / 360 Networks

Antiga 360 Networks, a Globenet é uma subsidiária da Oi brasileira (que adquiriu a Brasil Telecom, antiga proprietária da Globenet). Fornece serviços internacionais entre a América do Norte e a América do Sul através de um sistema de cabo submarino protegido por um anel duplo que se fecha no Atlântico.

A rede, que entrou em operação no início de 2001, abrange mais de 22.000 km e têm em sua configuração final quatro pares de fibras ópticas com 34 lambdas em cada par de

fibras, com uma velocidade de 10 Gbps por lambda o que lhe garante uma capacidade de transmissão final igual a 1,36 Tbps.[1][3]

A figura 13 a seguir representa a rede Globenet.



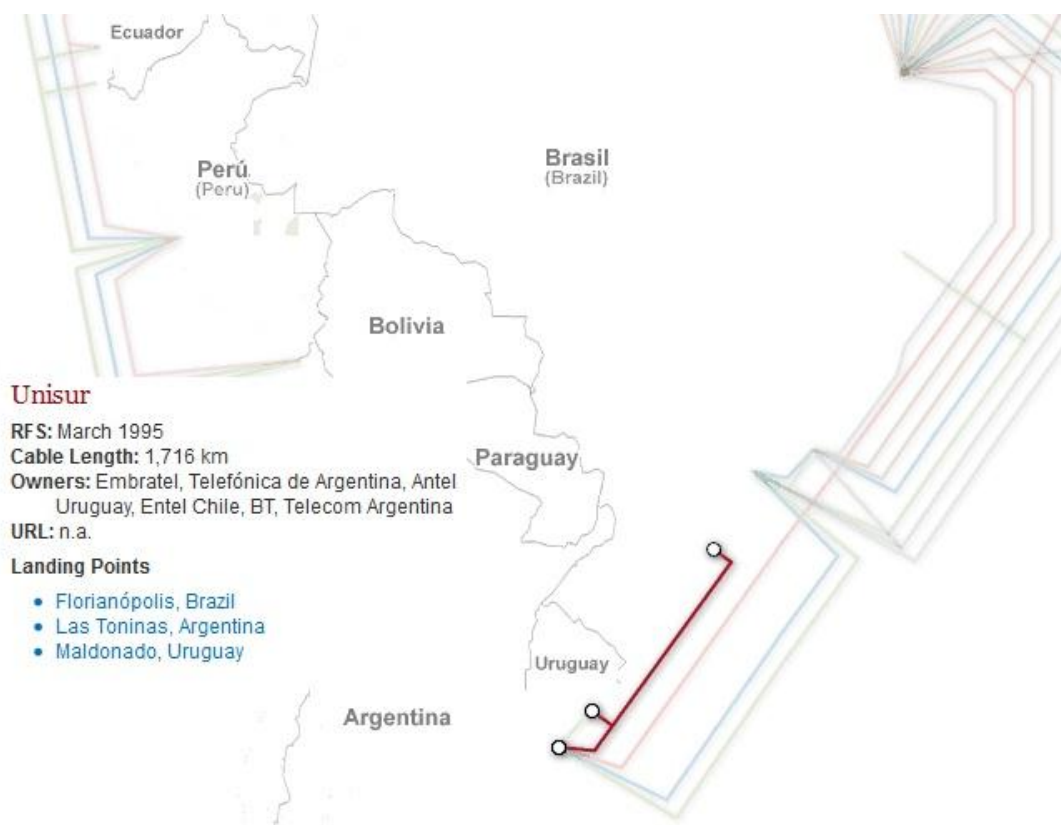
**FIGURA 13: INTERLIGAÇÃO GLOBENET.**

### 3.1.6. Unisur

O Consórcio entre as operadoras Embratel, Antel (Uruguai) e Telintar (Argentina), resultou em um cabo submarino que interconecta os países do MERCOSUL, Argentina (La Plata), Brasil (Florianópolis) e Uruguai (Maldonado).

Inaugurado em 1994 possui 1.741 quilômetros de extensão, 10 repetidores, 15.120 canais (de voz?) e transmissão de 1Gbps.[3][1]

A figura 14 a seguir representa a rede Unisur.



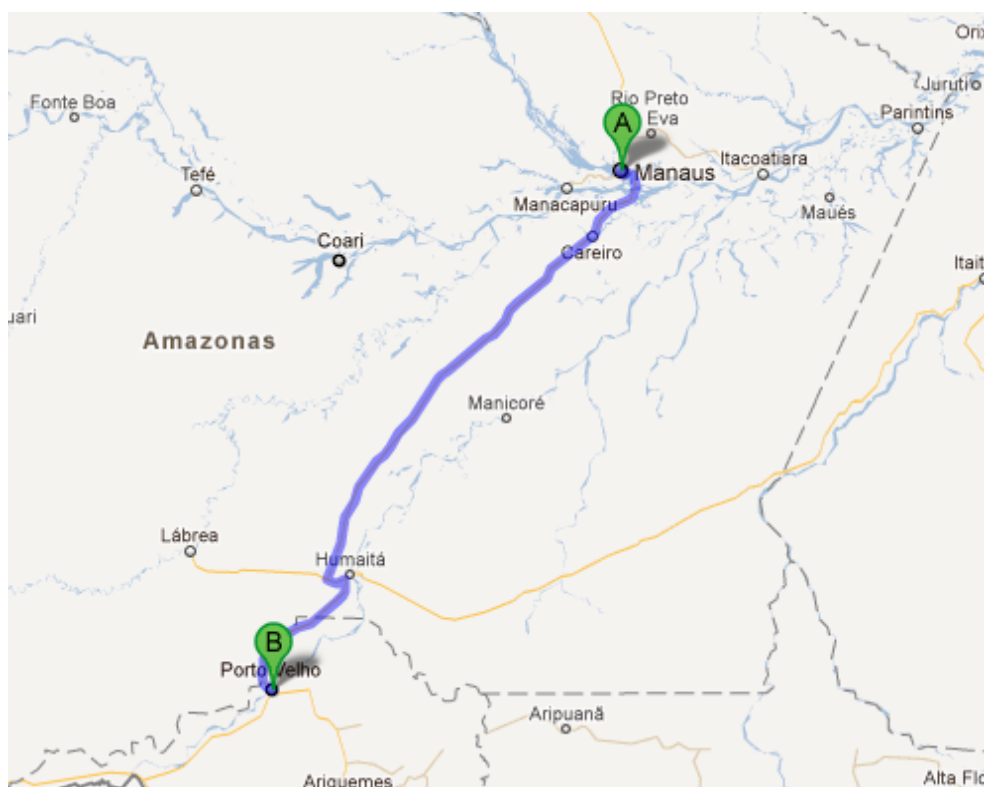
**FIGURA 14: INTERLIGAÇÃO UNISUR.**

## 3.2. Redes óptica na Região Norte

### 3.2.1. Principais rotas ópticas da Região Norte do Brasil

A Embratel foi a empresa pioneira na implantação da rede óptica da região norte, implantando um trecho que se estende de Porto Velho-RO a Manaus-AM, utilizando a faixa de domínio da rodovia BR-319 (figura 15).

Com este projeto a Embratel ampliou em quase 10 vezes a capacidade de transmissão daquela época, para 2 x 622Mbps. [12]



**FIGURA 15: TRECHO INTERLIGANDO PORTO VELHO Á MANAUS ATRAVÉS DE UMA REDE DE FIBRA ÓPTICA.**

A implantação do tronco Porto Velho a Manaus deu-se ao longo de 900 km da antiga estrada BR-319, dos quais cerca de 400 km são praticamente intransitáveis. O projeto foi

muito dificultado pelas dificuldades de locomoção nessa área, o que acarreta um alto custo de manutenção nas redes ópticas deste trecho (Figura 16).[10]



**FIGURA 16: CONDIÇÕES DE TRÁFEGO DA BR-319 FONTE - BANDA LARGA EXPECTATIVA PARA O NORTE –  
MARIA TERESA DE AZEVEDO LIMA**

A dificuldade enfrentada pela equipe técnica de implantação e hoje, pela a de manutenção, é extensa. A começar pelo seu próprio deslocamento. Para garantir o deslocamento da equipe, a Embratel mantém equipes de construção e reconstrução de estradas, operações de tapa-buracos e pontes de madeira. Foi exigida uma instalação de 5.4 mil postes ao longo dos 900 km que separam as duas capitais e 200 pontes, com um custo total de R\$100 milhões à Embratel, além da necessidade de um sistema de emergência via satélite e rádio para suprir a demanda de serviços, caso haja rompimento do cabo. É necessária uma frota de automóveis adaptados para condições adversas desta estrada. Além de pickups, são utilizadas motocicletas especiais para ajudar na manutenção preventiva e na fiscalização do trecho. Falta de alojamentos, restaurantes, comércio e posto de abastecimento são outros desafios encontrados pela equipe. Também coube à Embratel a logística de suprimento de energia, alimentação e



segurança nas 21 estações criada por ela mesma (Figura 17). Esta ação é exclusiva para região norte. [10]

Há também problemas em relação ao tipo de cabeamento utilizado. Existia a possibilidade de fazer a rede utilizando cabeamento aéreo ou subterrâneo. Dadas as condições adversas ao cabeamento subterrâneo na região (devido, ao elevado número de riachos e igarapés), optou-se pelo cabeamento aéreo, sujeitando-se assim a diversas ações provenientes da natureza, tais como crescimento de árvores e a queda das mesmas, queimadas ilegais etc. Sempre colocando em risco do cabo se partir.

A figura 17 a seguir apresenta estrutura da Embratel na região de porto velho a Manaus.

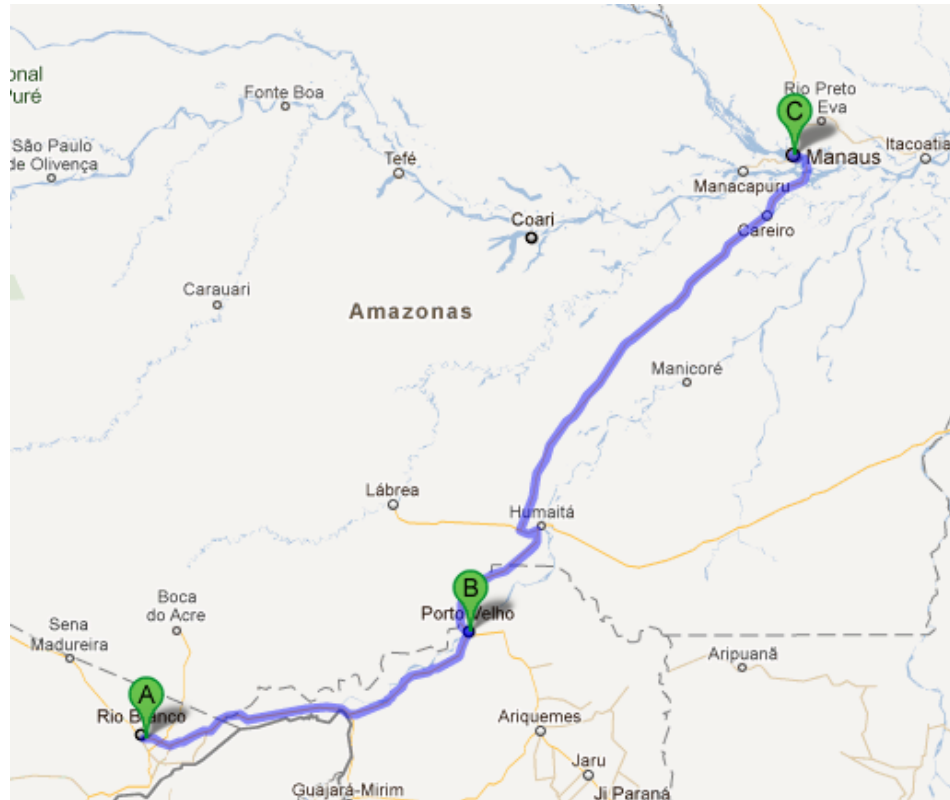


**FIGURA 17 – ESTRUTURA PRATÔES DAS ESTAÇÕES DA EMBRATTEL NO TRONCO PORTO VELHO Á MANAUS.**

**FONTE - BANDA LARGA EXPECTATIVA PARA O NORTE – MARIA TERESA DE AZEVEDO LIMA.**

A Embratel fez uma parceria com a Ceron (Cia de Energia de Rondonia). Com esta parceria, a Embratel utilizou a infraestrutura de torres da Ceron para lançar um cabo OPGW (Optical Ground Wire – fio terra óptico), específico para acompanhar as linhas de transmissão de alta tensão, o que trouxe maior segurança aos sistemas. Com esta parceria, foi ampliada a rede de 2 x 622 Mbps para 1 x 2,5 Gbps, duplicando o sistema em 2008, tendo em vista à crescente demanda do estado de Amazonas e o compromisso das empresas em atender este mercado continuamente nesta região do Brasil.[11]

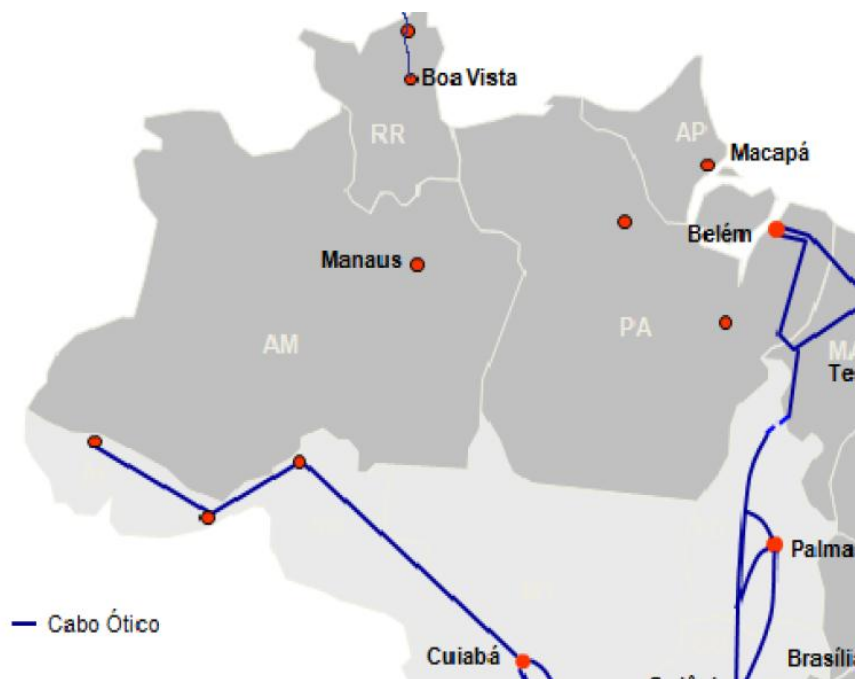
A estrutura das redes ópticas da Embratel se estende de Manaus a Rio Branco, passando por Porto Velho. Assim sendo, interliga com o restante do País através de Cuiabá (Figura 18).[12]



**FIGURA18: REDE ÓPTICA DA REGIÃO NORTE – EMBRATTEL.**

### 3.2.2 Redes ópticas implantadas na região norte – Oi

A empresa Oi tem um *backbone* na região norte do Brasil, mostrada na (Figura 19). A empresa entrou em negociação para a compra da Brasil Telecom, em 2008, por um valor R\$5.8 Bilhões, transformando-se assim na maior empresa de capital nacional do setor.



**FIGURA 19: REDES ÓPTICAS IMPLANTADAS NA REGIÃO NORTE**

A empresa Oi tem um *backbone* na região norte do Brasil, mostrada na figura 19. A empresa entrou em negociação para a compra da Brasil Telecom, em 2008, por um valor R\$5.8 Bilhões, transformando-a na maior empresa de capital nacional do setor.

Para chegar a Manaus, a Oi construiu na BR-174 (Manaus – Boa Vista) uma rota óptica que chega até a fronteira com a Venezuela e, através de uma parceria com a CanTV venezuelana, ela consegue atender Manaus e Boa Vista com seu serviço VELOX de banda larga.[12]

Para a oferta de serviço de banda larga na cidade de Boa vista (RR), a Oi contou com a rede de fibra óptica sobre as torres de transmissão da Eletronorte para interligar Boa Vista (RR) e Santa Elena (Figura 20). Da fronteira da Venezuela até Caracas, os dados seguem pela Cantv. A partir de Caracas, os dados seguem pela rede da GlobeNet, subsidiária da Oi, que opera o sistema de cabos submarinos GlobeNet, já apresentado no item anterior. Destaca-se que este cabo interliga os Estados Unidos, as ilhas Bermudas, a Venezuela e o Brasil, através de Fortaleza e Rio de Janeiro por outro cabo submarino.[12]

A (Figura 20) a seguir mostra transmissão da Eletronorte que interliga Boa Vista e Santa Elena.

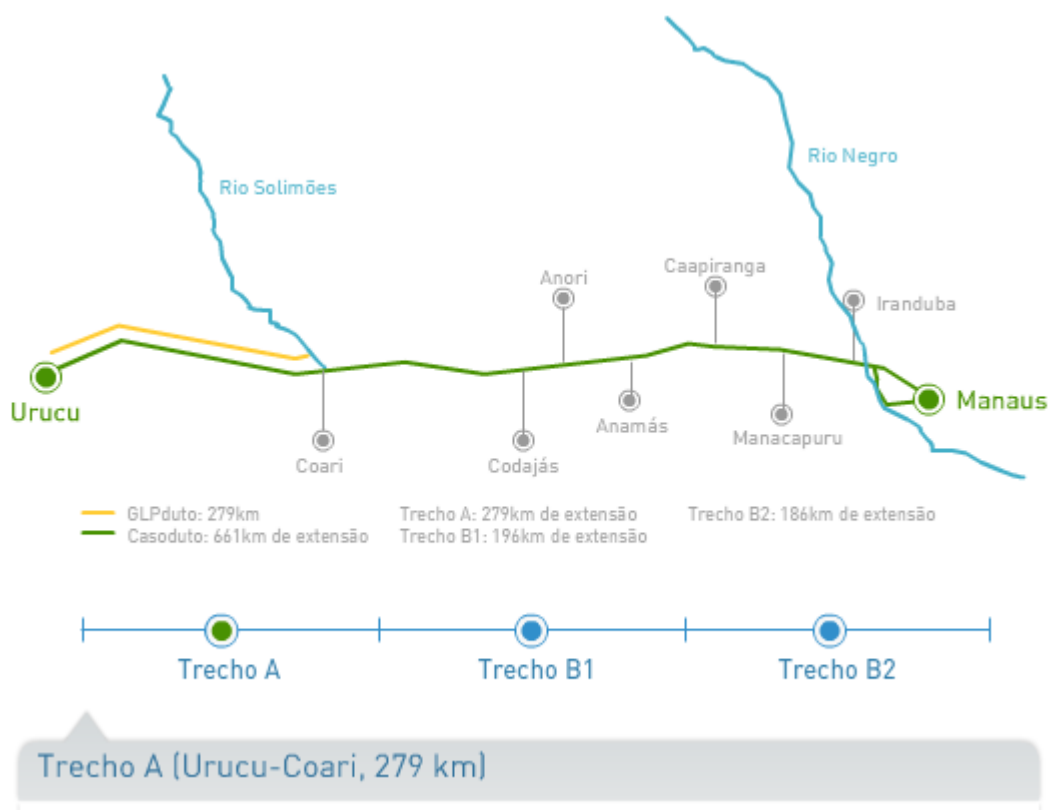


**FIGURA 20: REDE ÓPTICA DA REGIÃO NORTE - OI –INTERLIGANDO BOA VISTA À SANTA ELENA NA VENEZUELA,**

### 3.2.3 Rede óptica implantada na região de Ucuru à Manaus

Essa região possui dutos de gás, construídos pela Petrobras, que saem de Ucuru até Manaus, passando por sete municípios. São eles: Coaria, Codajás, Anori, Anamá, Caapiranga, Manacapuru e Iranduba.

Esta rota atende uma área territorial total de aproximadamente 104.907 km<sup>2</sup>, ou seja, 6,6% da área territorial do Amazonas, e possuem, 217.302 habitantes, representando 7,7% da população do Amazonas (Figura 21).



**FIGURA 21: TRECHO UCURU À MANAUS.**

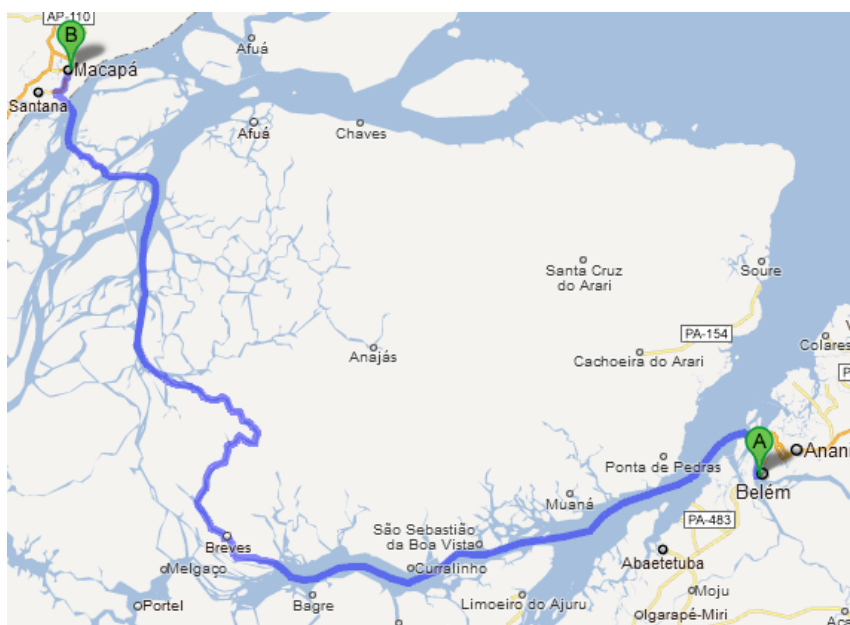
Paralelo a estes ramais é implantada uma rede de fibra óptica, interligando com alta tecnologia de informação as cidades na área de influência do empreendimento, o que significa um salto tecnológico, criando diversas oportunidades com a instalação de outras redes de serviços, tais como de educação à distância, atendimento médico, acesso à Internet e telefonia de alto desempenho. [9]

## CAPÍTULO 4 PROPOSTA DE ROTA DE CABOS SUBMARINOS ENTRE OS ESTADOS DO PARÁ E AMAPÁ

Propõe-se três rotas para interligar o Estado do Pará ao Estado de Amapá através de cabos submarinos, levando-se em consideração alguns fatores primordiais, como a distância a ser percorrida, danos ao meio ambiente, número de pessoas atendidas e o PIB (Produto Interno Bruto) desta região.

### 4.1 Rota passando pelo território da Ilha de Marajó

Analisando a Rota que passa por baixo da ilha de Marajó (figura 22) pode-se ver que ela tem uma distância de 545 km entre o município de Belém a Macapá atendendo alguns municípios que serão mencionados na tabela 1, logo a seguir.[17][16]



**FIGURA 22: INTERLIGANDO BELÉM Á MACAPÁ POR BAIXO DA ILHA DE MARAJÓ.**

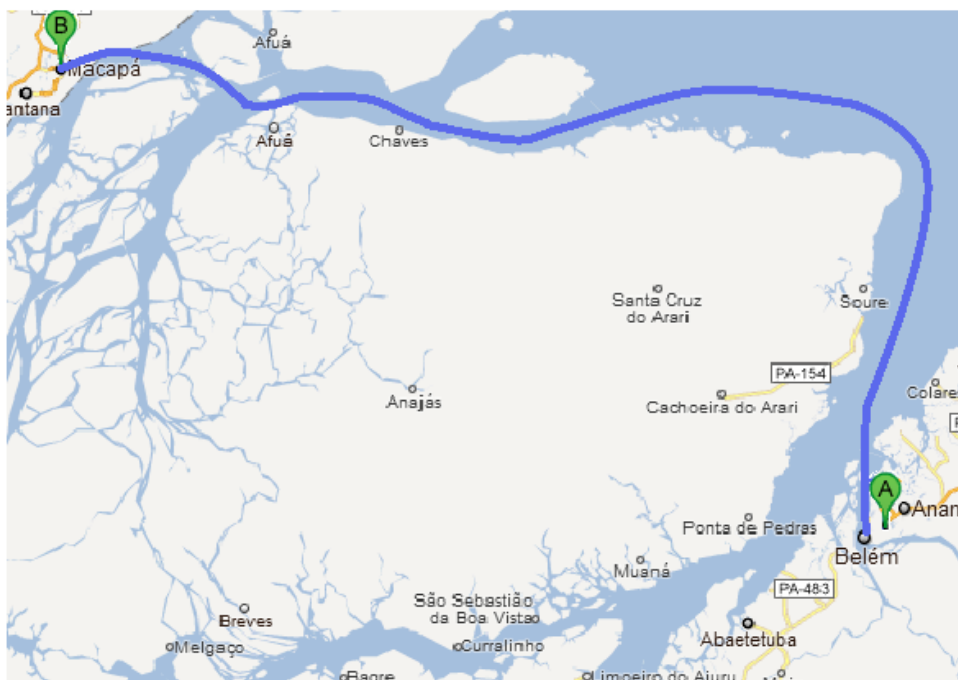
**TABELA 1: PRIMEIRA ROTA. FONTE: IBGE**

<b>Município (PA)</b>	<b>População (2010)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Habitante/(km<sup>2</sup>)</b>	<b>PIB Anual (2006)</b>
<b>Ponta de Pedras</b>	25.999	3.365,13	7,73	R\$ 44.624.000,00
<b>Muaná</b>	34.204	3.765,53	9,08	R\$ 45.683.000,00
<b>Curralinho</b>	28.549	3.617,24	7,89	R\$ 27.735.000,00
<b>São Sebastião da Boa Vista</b>	22.904	1.632,24	14,03	R\$ 28.051.000,00
<b>Bagre</b>	23.864	4.397,30	5,43	R\$ 32.160.000,00
<b>Breves</b>	92.860	9.550,47	9,72	R\$ 182.527.000,00
<b>(por dentro da ilha)</b>	228.380	26.327,93	8,98	R\$ 360.780.000,00

#### **4.2 Rota passando acima do território da Ilha de Marajó**

A segunda rota possível passa acima da ilha de Marajó - esta possui um comprimento de 450 km entre o município de Belém e Macapá, atendendo alguns municípios entre estas cidades.[16][17]

A figura 23 ilustra esta rota.



**FIGURA 23: INTERLIGANDO BELÉM Á MACAPÁ ACIMA DA ILHA DE MARAJÓ.**

A tabela 2 a seguir apresenta dos dados de população, área, e PIP Anual da rota.

<b>Município (PA)</b>	<b>População (2010)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Habitante/(km<sup>2</sup>)</b>	<b>PIB Anual (2006)</b>
<b>Cachoeira do Arari</b>	<b>20.443</b>	<b>3.101,74</b>	<b>6,59</b>	<b>R\$ 41.981.000,00</b>
<b>Salvaterra</b>	<b>20.183</b>	<b>1.039,07</b>	<b>19,42</b>	<b>R\$ 37.703.000,00</b>
<b>Soure</b>	<b>23.001</b>	<b>3.517,30</b>	<b>6,54</b>	<b>R\$ 46.450.000,00</b>
<b>Chaves</b>	<b>21.005</b>	<b>13.084,90</b>	<b>1,61</b>	<b>R\$ 80.584.000,00</b>
<b>Afuá</b>	<b>35.042</b>	<b>8.372,76</b>	<b>4,19</b>	<b>R\$ 82.977.000,00</b>
<b>(por fora da Ilha)</b>	<b>119.674</b>	<b>29.115,77</b>	<b>7,67</b>	<b>R\$ 289.695.000,00</b>

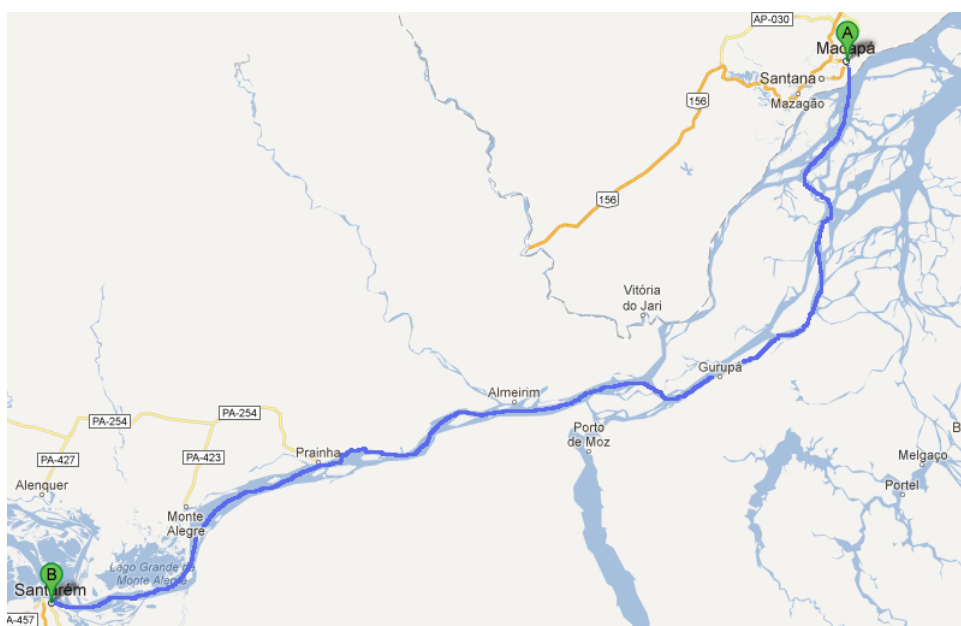
**TABELA 2: ESTES DADOS FORAM RETIRADOS DO SITE DO IBGE.**



### 4.3 Rota interligando Macapá e Santarém

Esta terceira rota, que está interligando Macapá com Santarém, tem um comprimento aproximado de 585 km e atende alguns municípios que serão abordados na tabela abaixo.[17][16]

A figura 24 ilustra esta rota.



**FIGURA 24: INTERLIGANDO MACAPÁ À SANTARÉM.**

A tabela 3 a seguir apresenta dos dados de população, área, e PIP Anual da rota

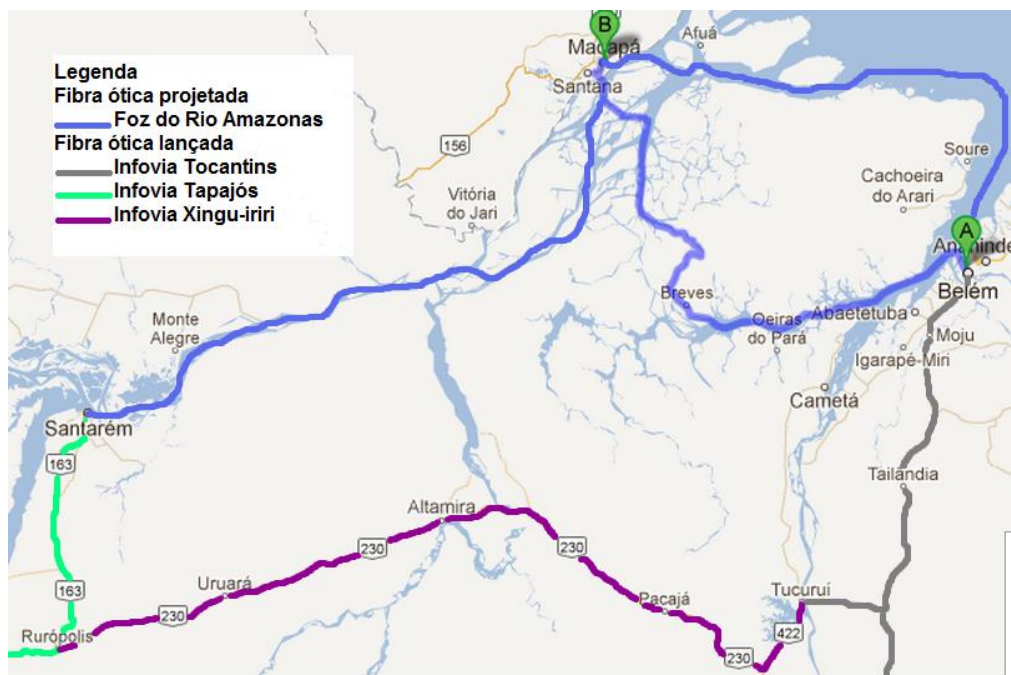
Município (PA)	População (2010)	Área (km <sup>2</sup> )	Habitante/(km <sup>2</sup> )	PIB Anual (2006)
Gurupá	29.062	8.540,10	3,4	R\$ 49.346.000,00
Almeirim	33.614	72.954,53	0,46	R\$ 404.592.000,00
Prainha	29.349	14.786,67	1,98	R\$ 92.288.000,00
Monte Alegre	55.462	18.152,51	3,06	R\$ 190.392.000,00
<b>(Macapá à santarém)</b>	<b>147.487</b>	<b>114.433,82</b>	<b>2,225</b>	<b>R\$ 736.618.000,00</b>

**TABELA 3: TERCEIRA ROTA. FONTE: IBGE**

#### 4.4 Rota passando ao redor da Ilha de Marajó seguindo para Santarém

Esta quarta rota tangencia a ilha de Marajó e segue para Santarém, como pode ser visto na figura 24. Esta opção possui um comprimento de 1580 km entre o município de Belém e Macapá, seguindo para Santarém para formar um anel ótico com as redes já existentes, atendendo alguns municípios nesta rota (apresentados através da tabela 4). O anel ótico com as redes já existentes em Santarém, Infovia Tapajós, Infovia Xingu-iriri e por fim a Infovia Tocantins chega a Belém. [17][16]

Esta rota é ilustrada na figura 25.



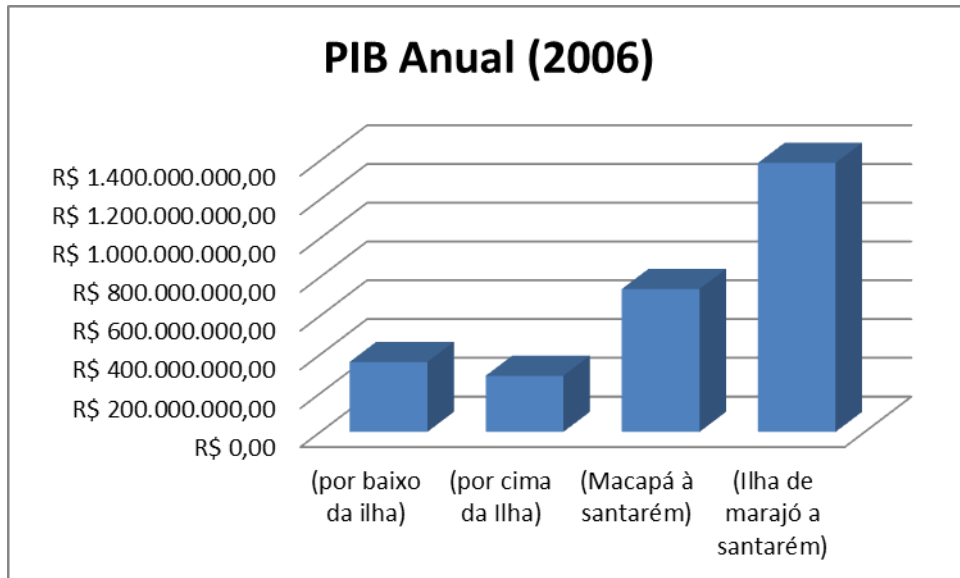
**FIGURA 25 – INTERLIGANDO BELÉM Á MACAPÁ POR FORA DA ILHA DE MARAJÓ.**

A tabela 4 a seguir apresenta dos dados de população, área, e PIP Anual da rota

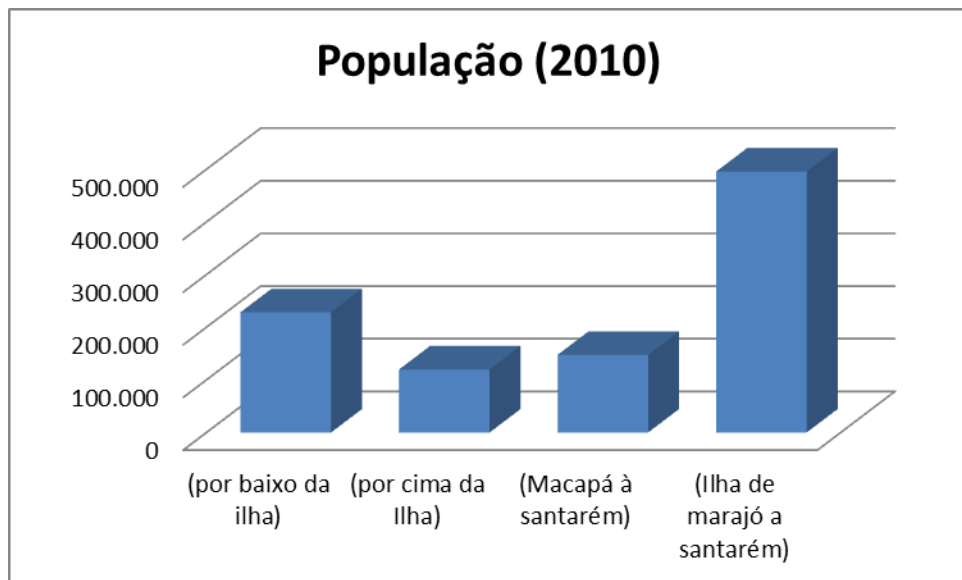
<b>Município (PA)</b>	<b>População (2010)</b>	<b>Área territorial (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Habitante/(km<sup>2</sup>)</b>	<b>PIB Anual (2006)</b>
Ponta de Pedras	25.999	3.365,13	7,73	R\$ 44.624.000,00
Muaná	34.204	3.765,53	9,08	R\$ 45.683.000,00
Curralinho	28.549	3.617,24	7,89	R\$ 27.735.000,00
São Sebastião da Boa Vista	22.904	1.632,24	14,03	R\$ 28.051.000,00
Bagre	23.864	4.397,30	5,43	R\$ 32.160.000,00
Breves	92.860	9.550,47	9,72	R\$ 182.527.000,00
Cachoeira do Arari	20.443	3.101,74	6,59	R\$ 41.981.000,00
Salvaterra	20.183	1.039,07	19,42	R\$ 37.703.000,00
Soure	23.001	3.517,30	6,54	R\$ 46.450.000,00
Chaves	21.005	13.084,90	1,61	R\$ 80.584.000,00
Afuá	35.042	8.372,76	4,19	R\$ 82.977.000,00
Gurupá	29.062	8.540,10	3,4	R\$ 49.346.000,00
Almeirim	33.614	72.954,53	0,46	R\$ 404.592.000,00
Prainha	29.349	14.786,67	1,98	R\$ 92.288.000,00
Monte Alegre	55.462	18.152,51	3,06	R\$ 190.392.000,00
<b>(por fora da Ilha)</b>	<b>495.541</b>	<b>169.877,51</b>	<b>6,74</b>	<b>R\$ .387.093.000,00</b>

**TABELA 4: QUARTA ROTA.**

Os gráficos 1 e 2 comparam o número de habitantes que serão beneficiados com a implantação do cabo submarino e o PIB (Produto Interno Bruto) correspondente a cada rota. [16]



**GRÁFICO 1: PIB ANUAL. FONTE: IBGE**



**GRÁFICO 2: : POPULAÇÃO NO ANO DE 2010. FONTE: IBGE**

O levantamento destes dados é primordial, pois através desta pesquisa fica mais fácil de identificar qual a melhor opção para esta rota, sendo que também pode se estimar o custo com uma maior facilidade.[16]

## CAPÍTULO 5 ESTIMATIVA DE CUSTOS

Um dos aspectos mais importantes para a viabilidade do projeto é a análise dos custos do mesmo. Iremos analisar as duas rotas pré-definidas no capítulo 4. Tomou-se como valor para o quilometro de lançamento de cabo submarino com este perfil o valor de US\$ 40.000,00, incluindo equipamentos.

### 5.1 Rota passando por dentro da ilha de Marajó

Na tabela a seguir pode se verificar que o investimento total da primeira rota estudada ultrapassa os 21 milhões de dólares. Para uma população de 228,3 mil habitantes, o investimento per capita é de US\$ 95,45.

<b>Distância (km)</b>	<b>População</b>	<b>Investimento (Dólar)</b>	<b>Invest./Habitante (Dólar)</b>
545	228.380	21.800.000	95,45

**TABELA 5: ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTO PARA A PRIMEIRA ROTA. ELABORADA PELOS AUTORES.**

### 5.2 Rota passando por fora da ilha de Marajó

Nesta segunda rota o cabo submarino irá tangenciar a ilha de Marajó pelo oceano Atlântico. A distância que a mesma irá percorrer é menor que a rota anterior, mas a população atendida também será 47% menor, o que gerará um maior investimento per capita, como se pode verificar na tabela abaixo:

<b>Distância (km)</b>	<b>População</b>	<b>Investimento (Dólar)</b>	<b>Invest./Habitante (Dólar)</b>
450	119.674	18.000.000	150,40

**TABELA 6: ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTO PARA A SEGUNDA ROTA. ELABORADA PELOS AUTORES.**

### **5.3 Rota Interligando Macapá com Santarém**

Esta terceira rota possui um comprimento médio de 585 km e liga Macapá ao interior do continente, até chegar em Santarém. Esta rota é muito importante, pois será usada para fechar o anel óptico dessa região.

<b>Distância (km)</b>	<b>População</b>	<b>Investimento (Dólar)</b>	<b>Invest./Habitante (Dólar)</b>
585	147.487	23.400.000	158,58

**TABELA 7: ESTIMATIVA DE INVESTIMENTO PARA A TERCEIRA ROTA. ELABORADA PELOS AUTORES.**

### **5.4 Rota contornando a Ilha de Marajó seguindo para Santarém**

Esta quarta alternativa possui um comprimento em média três vezes maior que as demais. Este maior percurso faz com que o investimento também triplique de valor. A população atendida (em torno de 495.541 pessoas) é a maior dentre as rotas estudadas e o custo per capita é 1,33 vezes maior do que a rota de menor custo.

<b>Distância (km)</b>	<b>População</b>	<b>Investimento (Dólar)</b>	<b>Invest./Habitante (Dólar)</b>
1580	495.541	63.200.000	127,53

**TABELA 8: ESTIMATIVA DE INVESTIMENTO PARA A QUARTA ROTA. ELABORADA PELOS AUTORES.**

Comparando as quatro rotas apresentadas, a quarta rota (contornando a Ilha de Marajó e seguindo para Santarém) que é a soma das demais, é a que atende o maior número de pessoas. O custo da instalação do cabo por habitante beneficiado é menor na rota que passa dentro da Ilha, assim esta pode ser a primeira a ser construída como forma de teste para a população e para a empresa que a implementará.

## CAPÍTULO 6 DESAFIOS TECNOLÓGICOS

A implantação de cabos submarinos nas rotas propostas no capítulo 4 pode ter uma vasta gama de impactos ambientais e tecnológicos, alguns benéficos e outros nefastos.

É sabido que os cabos submarinos enfrentam diversos desafios tecnológicos, dentre eles a profundidade em que os cabos são instalados, levando-se em conta a pressão exercida sobre os mesmos, o custo de manutenção e prevenção, a ação de animais como o peixe-serra, efeitos de âncoras de navios, arrasto com as redes de barcos de pesca e para cabos instalados perto da costa e em leitos de rios, a população ribeirinha pode provocar danos.

A profundidade máxima do Rio Amazonas é de 100 metros, portanto este projeto está isento do risco de ser prejudicado pela pressão exercida pela água, visto que o cabo submarino tem capacidade de ser lançado em águas mais profundas do que as citadas acima.

Outro fator que não incomoda neste projeto é a presença do peixe-serra. Ele é um tipo de tubarão que só pode ser encontrado em águas da África e da Austrália.

Para combater o arrasto proveniente das redes de barcos de pesca, é necessário um estudo para que as estações terrenas não sejam feitas em áreas de pescaria constante, ou em portos e outras regiões de movimento constante de embarcações. É necessário que mesmo com o estudo em mãos, o cabo submarino seja enterrado a 1 metro de profundidade no fundo, sempre que estiver próximo do continente ou em regiões rasas. Para águas mais profundas, este cabo deve ter uma blindagem especial, pois em toda rota observada ele poderá entrar com contato com âncoras, hélices e redes de pesca. A figura 26 ilustra este problema.

Se for necessária a presença de repetidores no projeto, estes podem ser colocados estrategicamente em locais de correnteza forte para que sirvam de resistência natural ao arrasto. Cada repetidor pesa em média meia tonelada e pode ser essencial para que o cabo não sofra um arrasto demasiadamente grande ou outra interferência por parte do rio.





Figura 26: Cabo dobrado

## CAPÍTULO 7 CONCLUSÃO

Como apresentado, o extremo norte brasileiro sofre com a falta de infraestrutura de telecomunicações de boa qualidade que esteja ao alcance de sua população. Como visto no capítulo 3, esta região possui poucas opções de rotas de fibra óptica para seu gigantesco tamanho. As opções disponíveis constantemente sofrem interrupções e devido ao alto custo de instalação e manutenção de cabos e dos diversos obstáculos que estas rotas oferecem nas matas ou nos rios, e, assim, é muito caro para usá-las para serviços à disposição da população.

Neste trabalho, foram apresentados conceitos e informações necessárias para a compreensão do sistema de implantação de cabos submarinos e as tecnologias disponíveis para o processo de construção de novas rotas para atender a região norte. Também analisamos em detalhe duas opções de estruturas de rotas de cabos submarinos ao longo da foz do rio Amazonas: *Festoon* e *Branched String*. Ambos os tipos de estrutura serviriam para o projeto. Os autores decidiram por recomendar o primeiro apresentado, pois como o cabo não ficará a uma distância muito grande da terra, este pode vir, sem maiores problemas, para uma estação terrena para ser repetido, e da estação terrena ramificada para o continente.

Ao analisar as rotas, depara-se com algumas soluções plausíveis para dois tipos de investimentos, e o que determinará qual rota a ser implantada é a necessidade do projeto e a realidade orçamentária da região em decorrência do número de pessoas e o PIB anual das mesmas a serem atendidas, tornando assim possível a implantação dos cabos submarinos. A primeira rota premiaria um menor número de pessoas, mas teria um custo de um terço da subsequente, que atende uma área muito maior. Sugere-se fazer uma rota de cada vez, (a cada ano, ou em sequência de obras) até que se feche o anel óptico. O custo de todo o percurso está descrito na rota 4. Comparando a outras obras já concluídas pelo mundo, o valor de toda a rota na região norte no Brasil não excederia o padrão tomado pelas principais vias ópticas já construídas, portanto sendo assim completamente viável sua implantação.

A instalação de cabos nas rotas apresentadas defronta-se hoje com alguns desafios tecnológicos para viabilizar a implantação deste projeto e depende de uma série de fatores para obter sucesso. Além dos citados no Capítulo 6, outros problemas podem ser resolvidos através de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento. Estes devem ser feitos em universidades da região, aproveitando o conhecimento local e contribuindo para a evolução da população beneficiada.

### **Referências bibliográficas:**

[1][http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsub/pagina\\_2.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsub/pagina_2.asp),V. [acessado em março de 2012]

[2][http://www2.ee.ufpe.br/codec/Historia%20das%20comunicaes%20e%20das%20telecomunicaes\\_UPE.pdf](http://www2.ee.ufpe.br/codec/Historia%20das%20comunicaes%20e%20das%20telecomunicaes_UPE.pdf) [acessado em março de 2012]

[3]<http://www.submarinecablemap.com/> [acessado em março de 2012]

[4]<http://www.cablemap.info/> [acessado em março de 2012]

[5]<http://en.wikipedia.org/wiki/AMERICAS-II> [acessado em abril de 2012]

[6]<http://en.wikipedia.org/wiki/ATLANTIS-2> [acessado em abril de 2012]

[7]<http://www.marketwire.com/press-release/concluida-atualizacao-do-sistema-de-cabo-de-fibra-optica-submarina-da-globenet-nyse-tne-1416840.htm> [acessado em abril de 2012]

[8] <http://www.cablemap.info/detail.aspx?c=UNISUR> [acessado em maio de 2012]

[9]<http://www.petrobras.com.br/pt/noticias/gasoduto-urucu-coari-manaus-mais-energia-para-o-brasil/> [acessado em maio de 2012]

[10][http://www.fucapi.br/tec/imagens/revistas/008\\_ed018\\_banda\\_larga.pdf](http://www.fucapi.br/tec/imagens/revistas/008_ed018_banda_larga.pdf)  
[acessado em maio de 2012]

[11][http://www.embratel.com.br/Embratel02/cda/portal/0,2997,PO\\_P\\_161\\_1483,00.html](http://www.embratel.com.br/Embratel02/cda/portal/0,2997,PO_P_161_1483,00.html) [acessado em junho de 2012]

[12]Augusto R, César J, “TCC Alternativas de Construção de Rotas Ópticas na região norte do Brasil”

[13]Adam Marcow, Summary of Undersea Fiber Optic Network Technology and Systems

Rudolfsen F, Balog G, Evenset G., “Power Transmission over long three core submarine HVAC cables.” Nexans 2001

- [14]It's time to connect - Technical description of HVDC Light® technology.  
<http://search.abb.com/library/ABBLibrary.asp?DocumentID=1JNL100105122&LanguageCode=en&DocumentPartID=&Action=Launch> [acessado em abril de 2012]
- [15]Palacios, Mario Sergio, Cabos Submarinos no Brasil,  
<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsub/default.asp> [acessado em abril de 2012]
- [16]<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> [acessado em junho de 2012]
- [17]<http://www.google.com/maps> [acessado em junho de 2012]
- [18] Rudolfsen F, Balog G, Evenset G., “Power Transmission over long three core submarine HVAC cables.” Nexans 2001
- [19] Electric Cables Handbook. BICC Cables. Third Edition