



Ministério da
Cultura

Ministério da
Saúde

Ministério da
Educação

Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**

Painel 100G

Como chegamos até aqui

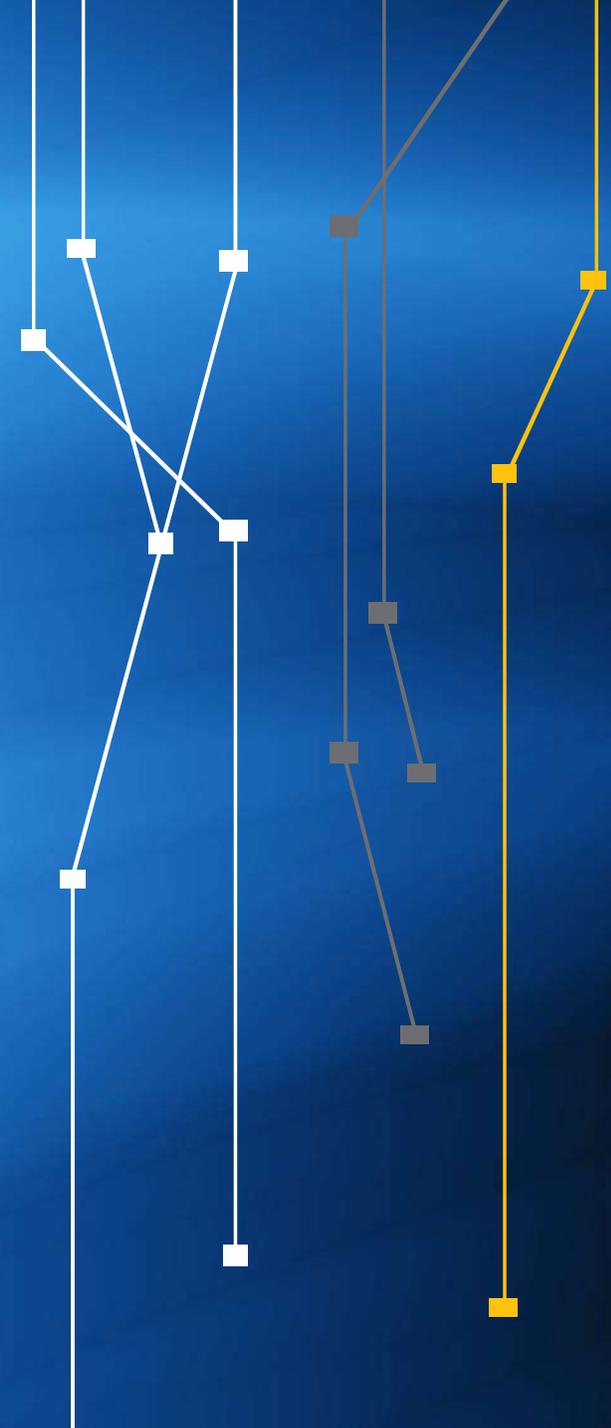
WRNP 2016

Salvador, BA

30 de maio de 2016

Michael Stanton

Brazilian National Research and
Education Network – RNP



Evolução da rede da RNP entre 1992 e 2016

O objetivo desta apresentação é dar uma visão de como a infraestrutura de rede da RNP evoluiu desde sua criação em 1992. Isto motivará os co-apresentadores que tratarão da atualidade e do futuro previsto para esta infraestrutura.

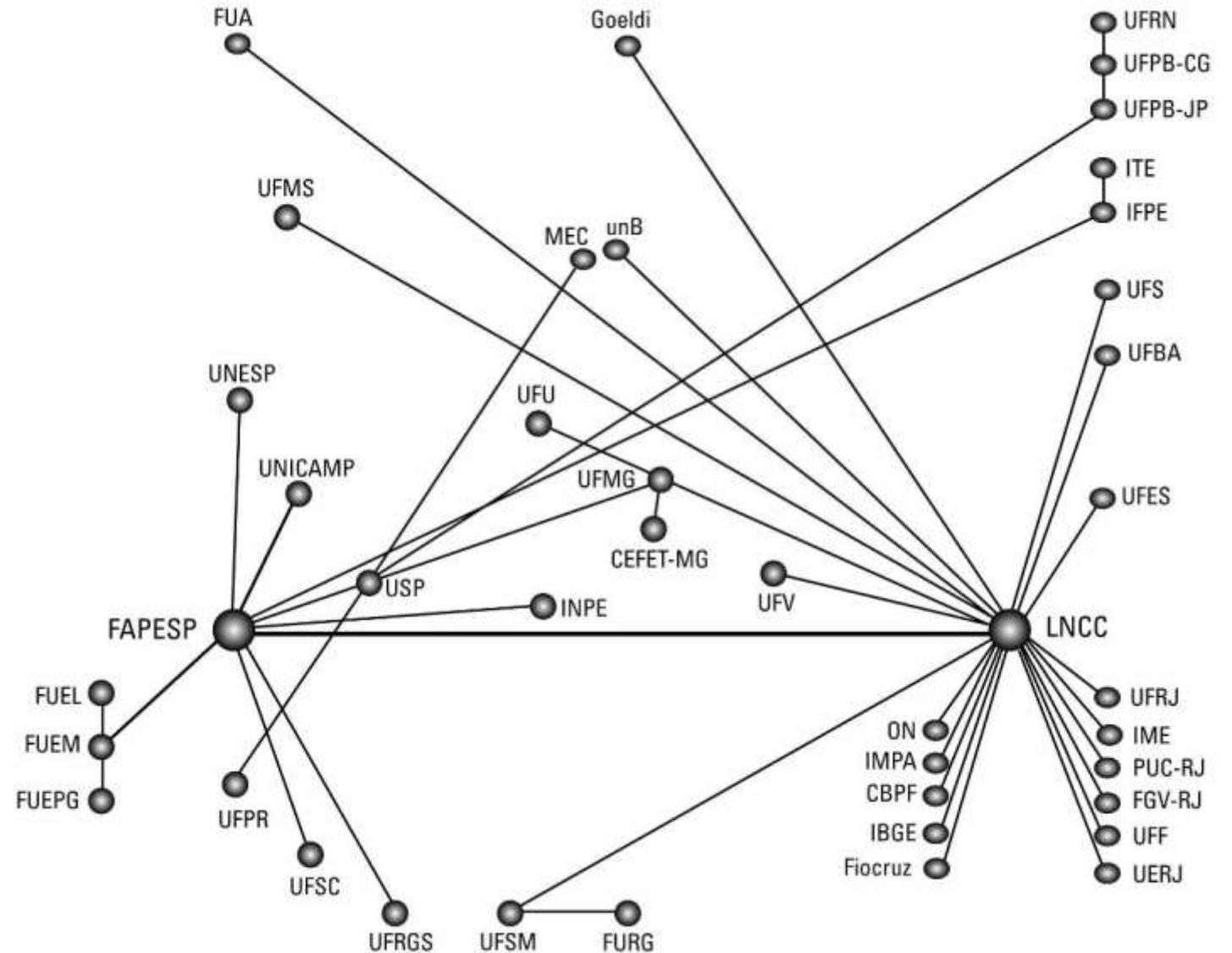
Ao invés de contar uma história linear, tentamos identificar eixos de desenvolvimento da rede, que traçam evoluções em paralelo ao longo do período.

Os primórdios (antes da RNP)

Em 1987, a comunidade científica nacional, ciente do impacto da Internet no exterior (NSFNET, 1995), propôs a criação de uma rede semelhante no Brasil.

Em 1988, estabeleceu-se a rede BITNET aqui, baseada em conexões internacionais de 9,6 e 4,8 kb/s do LNCC e Fapesp (o mapa mostra a rede em 1991)

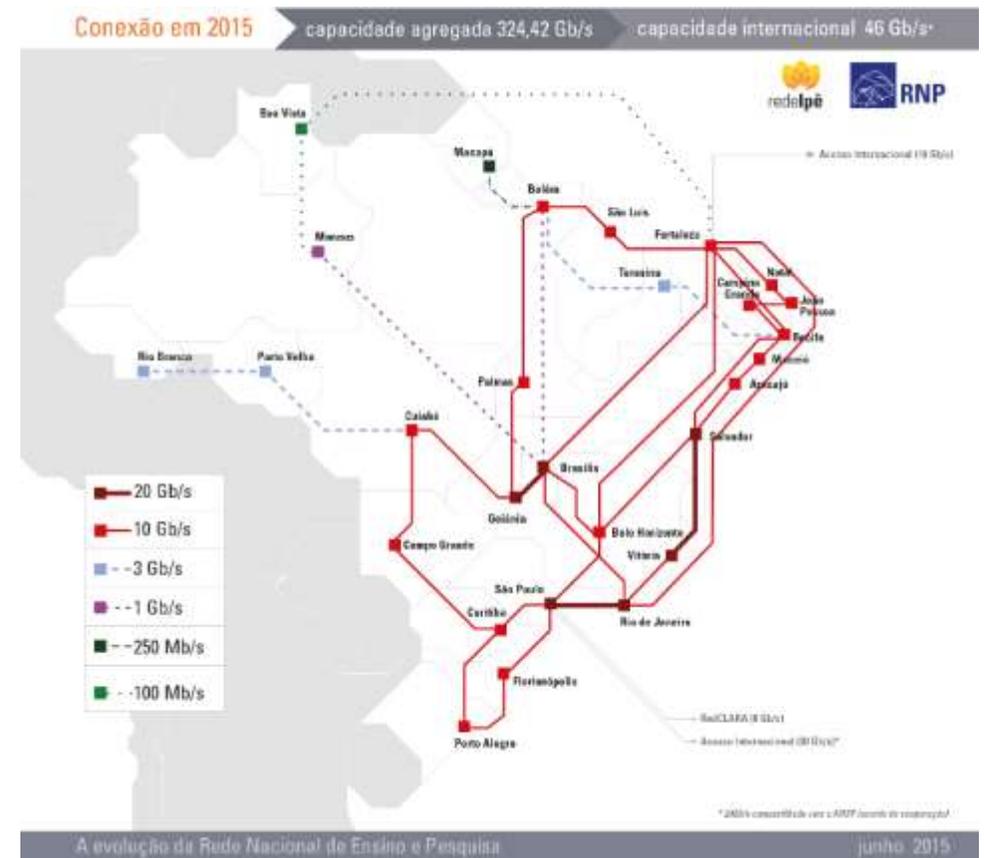
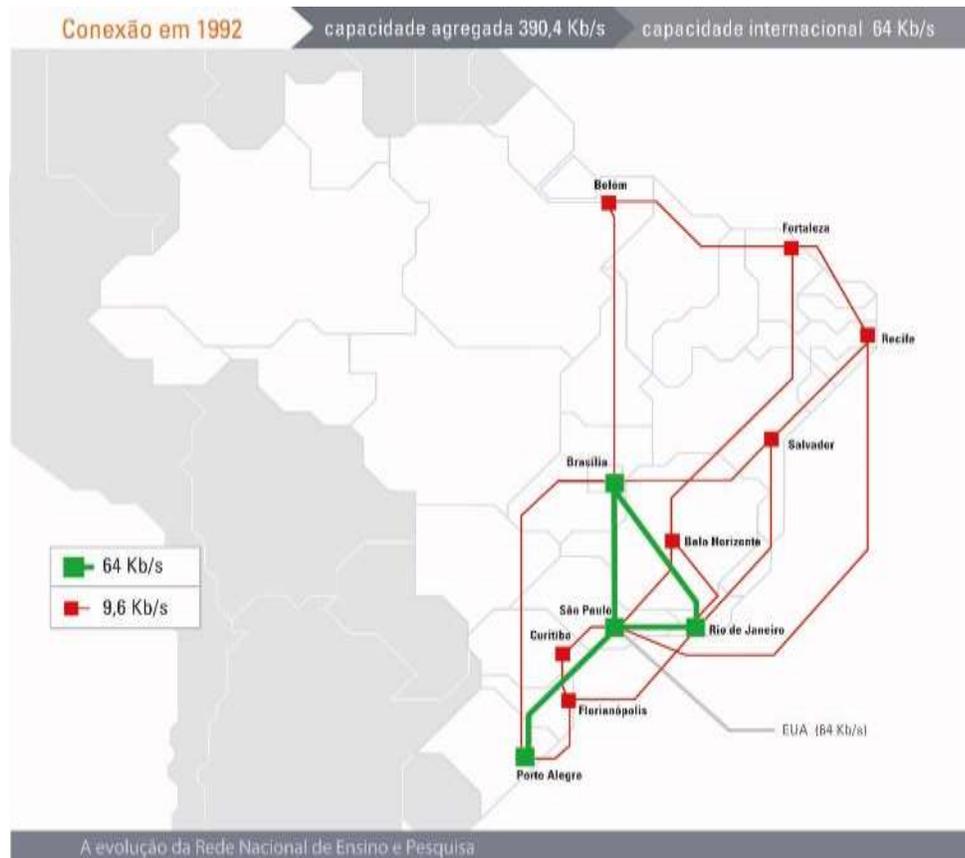
Em 1989, o governo federal lançou o projeto Rede Nacional de Pesquisa – RNP, que viria a lançar sua rede inicial em 1992.



A rede da RNP em 1992 e em 2015: de 9,6 kb/s para 10 Gb/s (10⁶ vezes!)

11 PoP, enlaces 9,6 e 64 kb/s, internacional a 64 kb/s

27 PoP, enlaces ópticas até 10 Gb/s a 26 (outro de rádio), int'l a 45 Gb/s



As Fases da rede da RNP

| Fase e datas | <i>Backbone</i> | Eventos importantes |
|--------------------------|---|---|
| Fase 1: 1992- 1994 | Enlaces até 64 Kbps. Extensão a 15 PoP. Conexões por circuitos telefônicos. | RNP opera a primeira rede Internet no país com alcance entre estados. |
| Fase 2: 1995- 1999 | Enlaces até 2 Mbps. Cobertura nacional com 27 PoP. 2 a 5 conexões internacionais de 2 Mbps. | Início da Internet comercial no país, usando <i>backbones</i> da RNP e comerciais. (1995) Projeto de Redes Metropolitanas de Alta Velocidade (ReMAV) para experimentação (1997-presente, em alguns casos). Criação da Associação RNP e Programa Interministerial RNP (MEC-MCT) (1999) |

| Fase e datas | <i>Backbone</i> | Eventos importantes |
|------------------------------|---|---|
| Fase 3: 2000-2003 | Tecnologias ATM e Frame Relay. Nós de até 155 Mb/s, conexões de até 28 Mbps. Conexão internacional de 155 Mb/s. | Conexão 45M à Internet2 (projeto Ampath: 2001-4) <i>Workshop</i> RNP de próxima geração (2001) RNP qualificada como Organização Social (2002) Projeto GIGA – rede óptica interestadual para experimentação (2003-7). |
| Fase 4: 2004 | SDH e PDH. Conexões até 622Mb/s. | Inicia operação da Rede Clara. Acesso à Internet <i>commodity</i> adquirido no país. |
| Fase 5: 2005-2010 | Conexões ópticas de 2,5 e 10 Gb/s a 10 capitais | Redecomep: construção de redes ópticas metropolitanas próprias (2005-). Conexões 10 Gb/s aos EUA com ANSP (2009); Uso de um PTT <i>commodity</i> em Miami (2009-). |
| Fase 6: 2011- presente | <i>Backbone</i> óptico em 3 e 10 Gb/s pela Oi (2011-) 40 redes ópticas metropolitanas (2014). | FIBRE – Experimentação em Internet do Futuro (2011-) Veredas Novas: cidades do interior (2012-). Centros de Dados Compartilhados (CDC), em contêiner (2013-). Conexão 40 Gb/s (junto com ANSP) a Miami (2013-) |

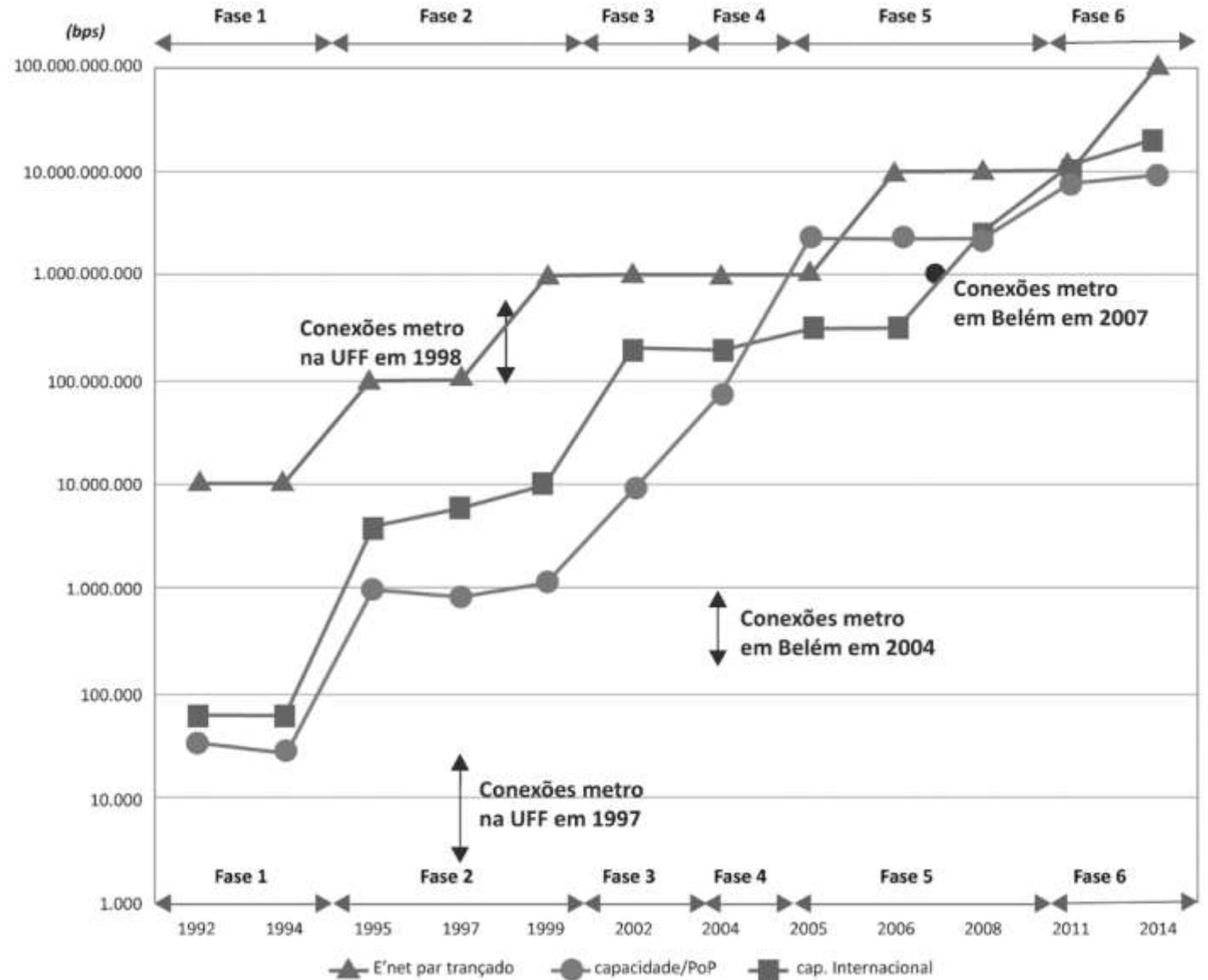
Crescimento: indicadores 1992 a 2014

Gráficos de

- Limite de tecnologia Ethernet de 10 Mb/s a 100 Gb/s
- Capacidade média dos enlaces do *backbone*
- Capacidade de enlaces internacionais

Deve-se observar

- os impactos das melhorias de capacidade de redes metro em 1997-8 (rede da UFF) e 2004-7 (MetroBel)
- Convergência em 2011
- Chegada de tecnologia a 100G em 2014



2001: Workshop da próxima geração da RNP

- Em abril de 2001, a RNP realizou um *workshop* sobre a próxima geração da RNP com a participação de tecnólogos e cientistas usuários, onde se discutiu como deveria ser o futuro das redes da RNP.
- As principais preocupações eram com a melhoria da sua qualidade:
 - maior capacidade, menor latência, maior disponibilidade,
 - maior segurança,
 - acesso a recursos de processamento e armazenamento de alto desempenho,
 - incorporação de novas instituições acadêmicas e
 - melhorias de intercâmbio entre a RNP e as redes de provedores comerciais,

Workshop 2001: planos futuros

Objetivos a serem perseguidos no futuro

1. Construir redes metropolitanas ópticas com infraestrutura própria da RNP para interligar em pelo menos 100 Mbps todos as instituições de interesse em cada cidade;
2. Aumentar a capacidade do *backbone* nacional para oferecer conexões fim-a-fim de pelo menos 100 Mbps entre usuários em diferentes cidades (o limite em 2001 era de 10 Mbps entre 12 dos PoP, e muito menos entre os demais);
3. Usar as cidades do interior com redes metropolitanas como pontos de conexão de outras instituições isoladas e próximas (ao invés de diretamente aos PoP);
4. Criar Pontos de Troca e Tráfego (PTT) para permitir maior capacidade de interconexão entre provedores comerciais, e entre estes e a RNP;
5. Criar um ambiente de experimentação em redes ópticas de longa distância para permitir estudo e validação de equipamentos, bem como prover meios de desenvolver e validar aplicações de alto desempenho.

Eixos de desenvolvimento (2001-2015)

- Compartilhamento de infraestrutura.
- Hierarquia de conectividade.
- O potencial de comunicação óptica – ReMAV e Giga.
- Infraestrutura óptica própria – Redecomep.
- Infraestrutura óptica própria – economias de escala e permuta do direito de uso.
- A busca de parcerias.
- Expansão das fronteiras para áreas de difícil acesso.

Compartilhamento de infraestrutura

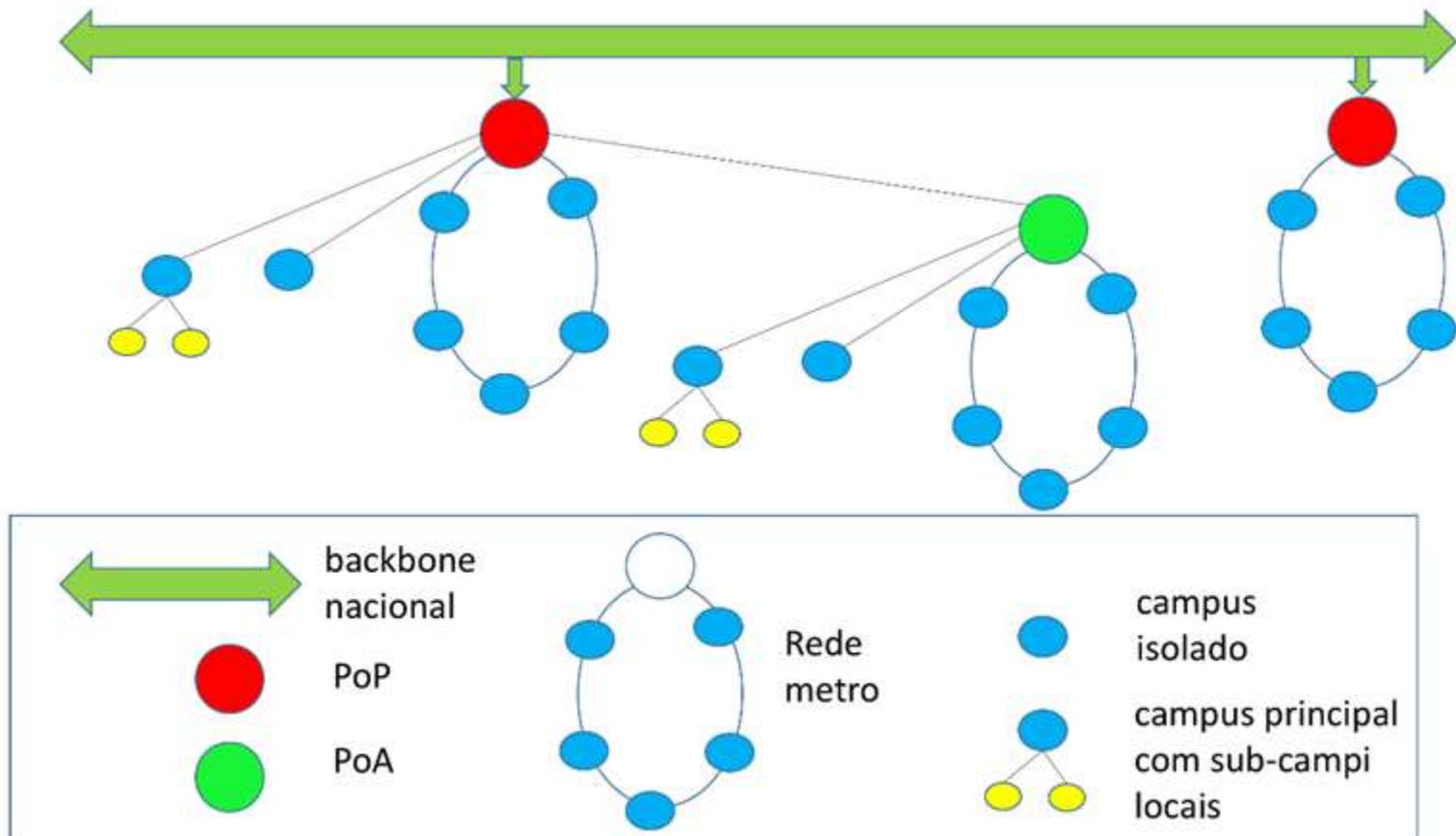
- O funcionamento da RNP com provedor das instituições de educação e pesquisa públicas permite realizar economias de escala pelo compartilhamento da infraestrutura de conectividade usada.
- A infraestrutura consiste do backbone nacional, complementado pelas conexões de acesso aos campi individuais
- A infraestrutura compartilhada inclui:
 - Backbone
 - Redes metro
 - Conexões internacionais
 - Pontos de conexão (PoP e PoA)

Hierarquia de conectividade

A unidade básica é o *campus* ou conjunto de *campi*.

Esta unidade básica é servida por uma conexão a um PoP (ponto de presença) ou PoA (ponto de agregação), onde também se encontra uma rede metro.

O PoA, por sua vez é ligado a um PoP, diretamente ou indiretamente por meio de outros PoA.



~ 400 campi ligados através das redes metro nas capitais
~ 900 campi ligados no interior

O potencial de comunicação óptica – redes metro

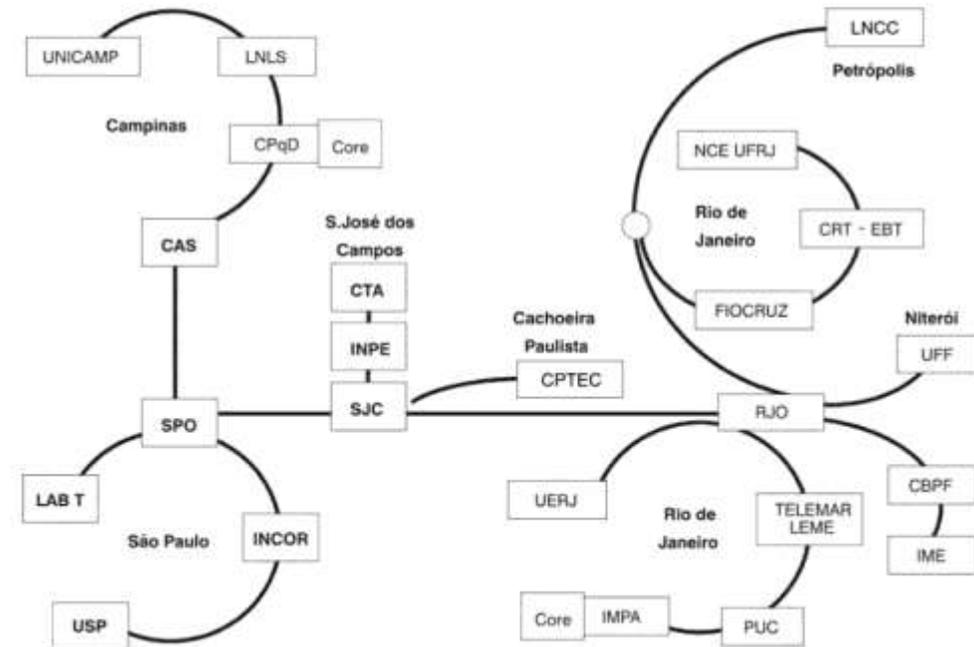
- Foi reconhecida já nos anos 1980 a promessa de altas taxas de transmissão de dados em fibras ópticas.
- A RNP lançou o programa ReMAV (Redes Metropolitanas de Alta Velocidade) e financiou a montagem de 14 redes em diferentes cidades em 1997-8, usando fibra existente nestas cidades.
- Esta iniciativa tornou disponível o uso de taxas elevadas para transmissão de dados, por exemplo, de mídia digital ou de "big data", ainda impossível no backbone da RNP

O potencial de comunicação óptica – longa distância

- A partir dos anos 1990, tornaram-se muito claras as vantagens de custo e desempenho do uso de fibras ópticas para conexões de longa distância, combinado com DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) – a multiplexação de múltiplos canais de dados de frequências (cores) diferentes numa única fibra
- A RNP começou a obter experiência destas tecnologias a partir de 2003, quando, junto com o CPqD, lançou o projeto GIGA, um rede óptica para experimentação montada entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, com taxas de transmissão de 1 a 10 Gb/s.



(a)



(b)

O potencial de comunicação óptica – longa distância

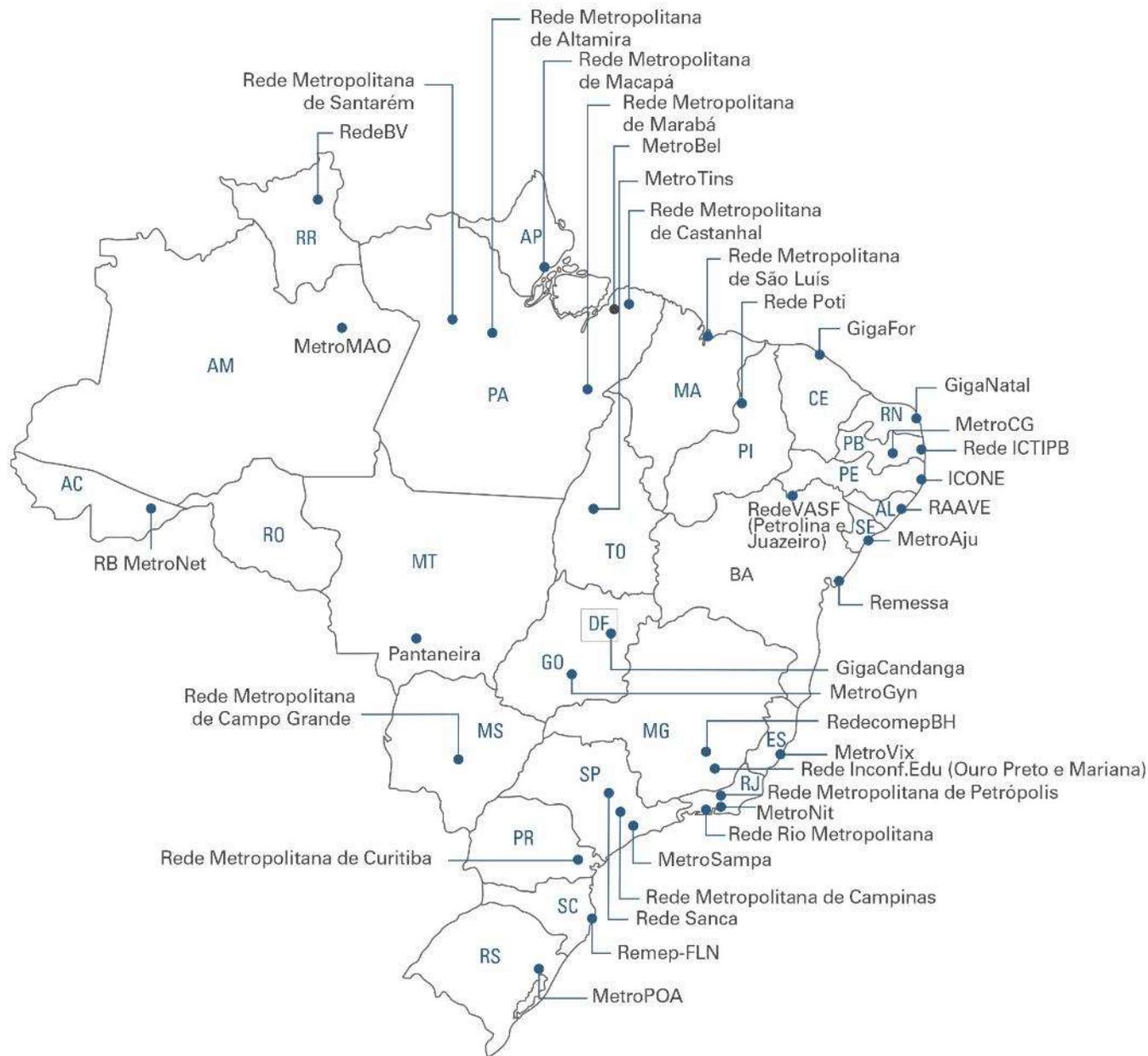
- Para a RNP, houve diversos benefícios de ter participado nessa colaboração com o CPqD. Os principais foram:
- Ter acesso pela primeira vez a uma rede de longa distância com taxas de transmissão de 1 e 10 Gbps. Isso serviu de preparação para planejar, instalar e operar futuras redes com essas capacidades.
- Permitir que alguns usuários pudessem desenvolver e usar aplicações avançadas em redes de alto desempenho, inclusive as internacionais, a partir de 2004 – o primeiro uso internacional foi uma transmissão a 400 Mb/s de dados experimentais de física, entre Rio de Janeiro e EUA.
- Um outro grande resultado para a RNP foi sua especificação de lambdas para conexões do backbone, também a partir de 2004

Infraestrutura óptica própria – Redecomep

Um outro aspecto importante de fibra óptica era seu custo relativamente baixa e a facilidade da montagem de infraestrutura própria de fibra óptica em ambiente metro, como demonstrada pela UFF na cidade de Niterói em 1998.

Estes fatores levaram a RNP a propor em 2004 os projetos de montagem de redes metro próprias (de propriedade da RNP), inicialmente nas capitais.

Atualmente a RNP possui 40 redes metro, em 26 capitais e 14 cidades do interior



Infraestrutura óptica própria – economias de escala

Existe a possibilidade de aumentar consideravelmente a capacidade (presente e futura) de transmitir informação, por

- a) sobreaprovisionar um cabo novo, adquirindo um número de fibras maior do que o necessário inicialmente.

Isto sempre atraente, pois o custo marginal de cada fibra adicional é uma pequena fração do custo do cabo, e o custo total de instalação normalmente é várias vezes maior que o custo do próprio cabo

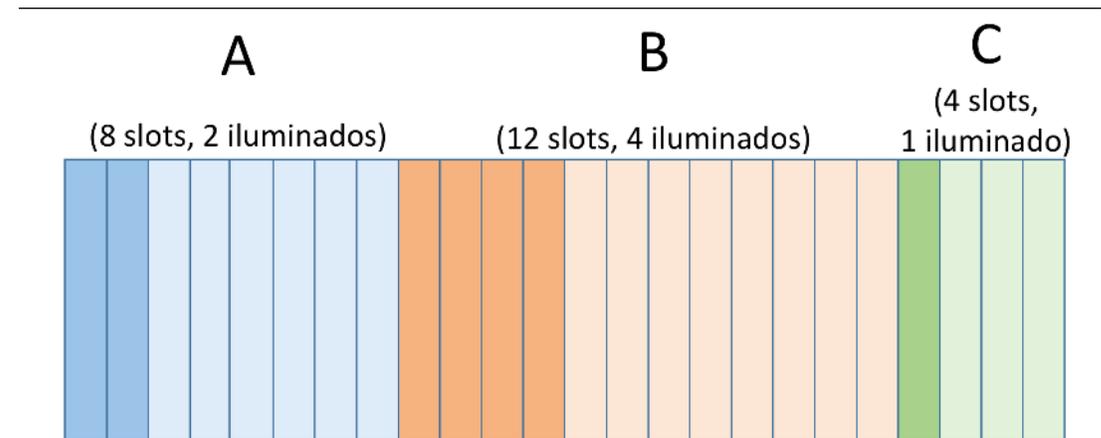
- b) aumentar a taxa de transmissão na fibra, por meio da troca dos equipamentos (*transponders* e detectores) nas duas pontas do enlace de fibra (Hoje se troca 10 Gb/s por 100 Gb/s, por este meio)

- c) multiplexar os canais de sinais transmitidos em uma única fibra óptica, usando a técnica DWDM, já mencionada antes.

Ao lançar um cabo novo, uma alternativa, chamada “escalável”, é reservar frações do espectro na fibra para futura iluminação, quando for preciso. Na hora de precisar, serão colocados os equipamento ópticos.

Infraestrutura óptica própria – compartilhamento com terceiros

- O espectro útil de uma fibra preparada para ser iluminada com DWDM tem capacidade total de $N \times C$ (N = número total de "slots", tipicamente na faixa de 80 a 120; C é a **capacidade** de cada um – tipicamente 10 ou 100 Gb/s)
- É comum particionar o **espectro** de uma fibra entre vários usuários, cada um ficando com uma fração do espectro total, medido em "slots".
- Estas frações podem ser vendidas ou permutadas



O espectro de 24 slots é particionado entre 3 usuários, A, B e C, respectivamente com 8, 12 e 4 slots, dos quais já foram iluminados 2, 4 e 1. Aqui as alocações são contíguas, mas isto não é necessário.

Exemplos de negócios com fibre óptica

Exemplo 1: aluguel de espectro

A RNP fez **acordo** com a empresa Level3 para **compartilhar o espectro** de um par de fibras da Level3 numa rota entre Porto Alegre e Buenos Aires.

Pelo acordo, a RNP adquiriu por 15 anos o **direito de iluminar** a metade dos "slots" configurados.

O custo deste acordo foi pagar um **"aluguel" pelo acesso à fibra**, e ainda a infraestrutura para sustentar sua iluminação futura: pontos terminais da rota com **chassi óptica para N "slots"** e ainda **amplificadores ópticas de banda larga** ao longo do trajeto. Inicialmente acordou-se **iluminar 4 lambdas** para cada parte.

Exemplo 2: permuta de fibra inteira

Nos projetos de rede metro, a RNP **sobreaprovisionou** os cabos instalados, tendo colocado fibras adicionais às necessidades imediatas. Estas fibras podem interessar a outros "operadoras" de infraestrutura óptica, que **oferece fibras suas em permuta** com fibras "sobressalentes" da RNP.

Está em curso negociação entre a RNP e uma operadora comercial, que oferece-nos fibre de longa distância em troca de fibras em diferentes redes metro da RNP.

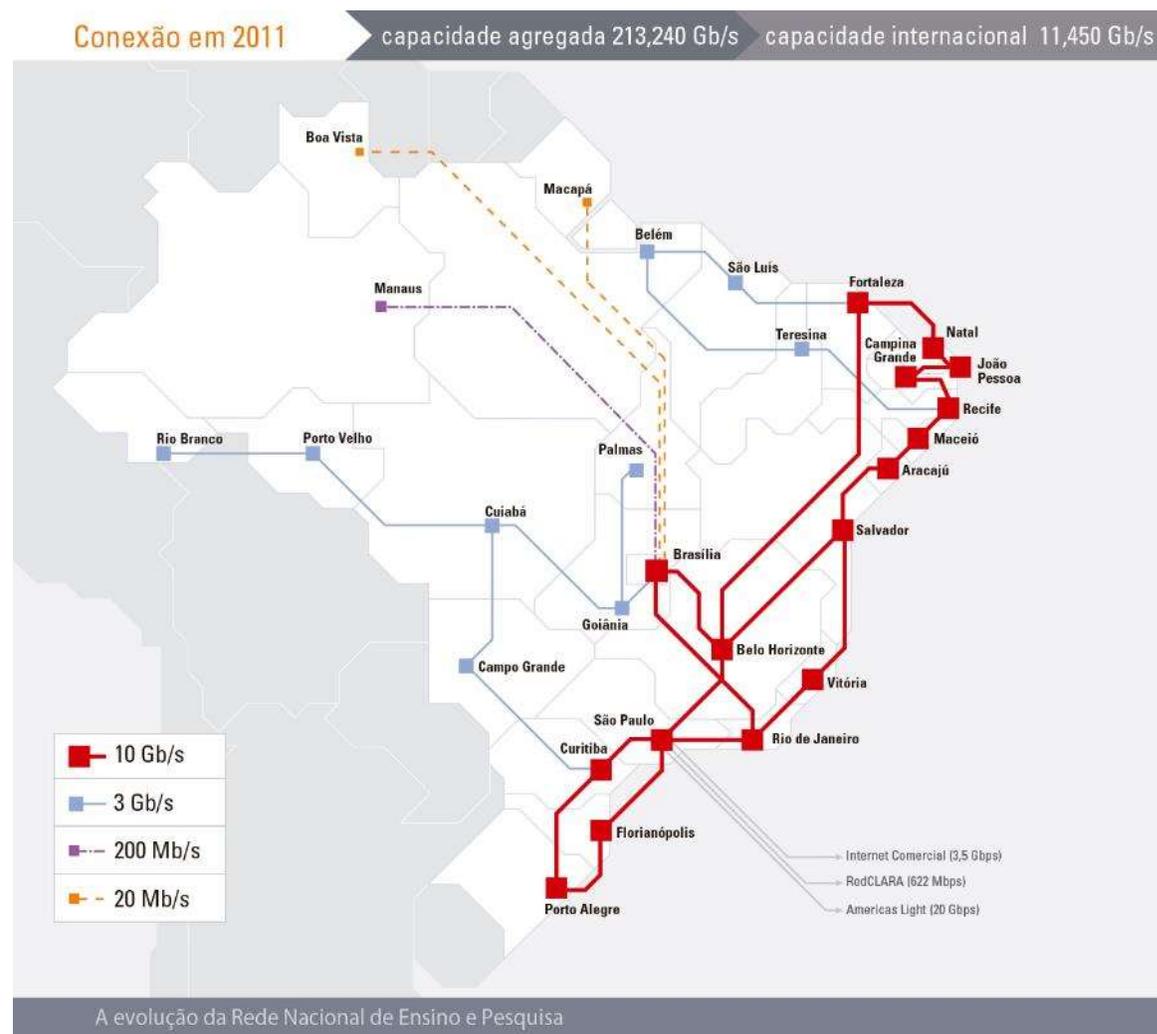
Obs. Um detentor de ativos em fibra óptica também poderia fracionar sua fibra e permutar apenas parte do espectro total, mas isto é menos comum, porque fracionamento envolve equipamentos comuns entre os usuários.

A busca de parcerias

Em anos recentes, a RNP gozou de certas parceiras relevantes com operadoras de telecom, donas de ativas em fibra:

- Em 2009, foi celebrado acordo com a Oi, que cedeu para a RNP por 10 anos acesso a uma fatia da sua infraestrutura, usada para construir o backbone da Fase 6, lançado em 2011
- Em 2012, foi acordada com a Vivo a cessão de número substancial de conexões de alta capacidade no estado de SP, por 5 anos.

(ambos acordos tiveram o intermédio da Anatel, no contexto da sua anuência com modificação das concessões da Oi e da Telefônica)



2011: Rede do acordo com Oi, com 18 enlaces de 10 Gb/s e 10 de 3 Gb/s

A busca de parcerias

- A RNP reconhece o valor destas parcerias, e procura realizar parcerias futuras com detentores de ativas de fibra, para expansão futura da sua rede.
- Atualmente estão sendo exploradas várias possibilidades de parceria para futura expansão do backbone da RNP, e suas conexões internacionais
- Estas serão tratados por Eduardo Grizendi e Jerônimo Bezerra

Expansão das fronteiras para áreas de difícil acesso

- Desde a década de 1990, a RNP conecta clientes em áreas onde não têm infraestrutura terrestre de telecom, especialmente na Amazônia
- Com a extensão desta infraestrutura terrestre, a RNP tem melhores condições de também estender sua rede
- Na Amazônia, nos últimos 10 anos, foram estabelecidas novas rotas de fibra alcançando boa parte da população.
- Em 2015, foi lançado o programa Amazônia Conectada, que pretende estender estas rotas utilizando fibra subfluviais nos leitos dos rios

Rotas de fibra na Amazônia

OPGW:

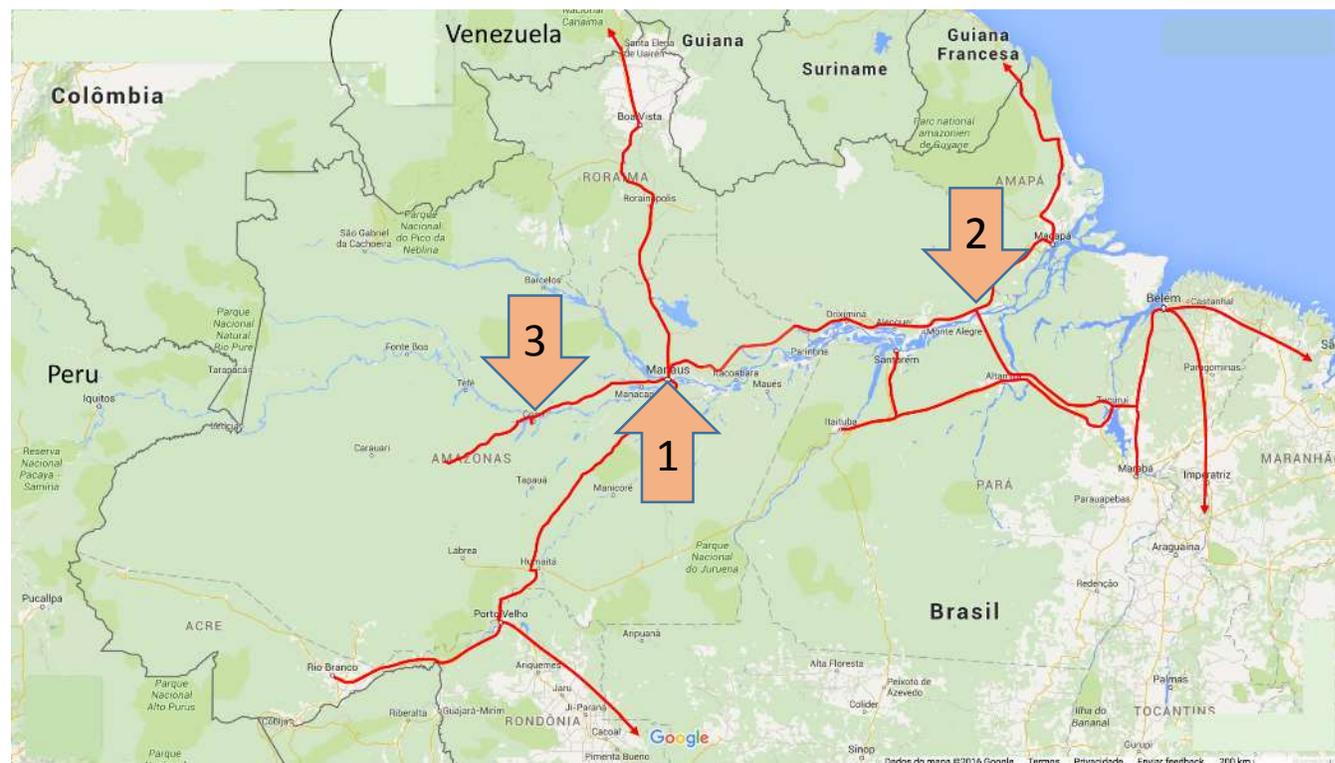
- Belém – Tucuruí – Marabá – Santarém – Itaituba
- Tucuruí – Macapá – Manaus
- Porto Velho – Rio Branco

Estrada:

- Manaus – Boa Vista
- Porto Velho – Manaus
- Macapá – French Guiana

Gasoduto:

- Manaus – Coari – Urucu



Apenas 3 travessias dos rios Amazonas/Solimões:
1. Manaus (subfluvial) 2. Jurupari (aérea) 3. Coari (duto)

Amazonia Conectada: 5 infovias planejadas

Rios propostos
(8.000 km):

- Solimões
- Rio Negro
- Madeira
- Purus
- Juruá

Fase 1:

- Solimões:
Manaus – Tabatinga
1.600 km
- Até 2017



International connections

- Para colaboração com outras redes de Educação e Pesquisa
 - EUA
 - Europa e América Latina
 - Resto do mundo, via estas 2 (por enquanto)
- Tráfego "Commodity" (comercial)
 - Destinos no Brasil: Pontos de Troca de Tráfego – PPT, normalmente nos PoP da RNP
 - Internacional: acordos de pareamento e trânsito em Miami, EUA

USA: Amlight (IRNC 2005, 2010, 2015)

- Parceiros: Florida Int'l U. (AMPATH), RNP, rede estadual de SP (ANSP)
- Colaboração desde 2001
- Principais rotas externas usando os cabos SAC (LANautilus e Level3) e SAm1 (Telefonica), **ambos construídos em 2000.**
 - 2013: mudou para 4x 10G em 4 cabos distintos
- Jerônimo Bezerra vai contar das novidades



Europa & América Latina

Troncal da Rede CLARA conecta redes acadêmicas da AL por meio de rede de 10Gb/s com conexões intercontinentais para aos EUA (10G) Europa (5G)

- RNP é a maior rede nacional atendida pela Rede CLARA



Novos cabos @ 100G para o Brasil: novos tempos estão chegando

- Estão em vias de planejamento/ construção modernos cabos Internacionais de:
 - EUA (3)
 - BRUSA
 - Monet
 - Seabras-1
 - Europa (1)
 - EllaLink
 - África 2)
 - CBCS
 - SACS
 - América do Sul(1)
 - Tannat



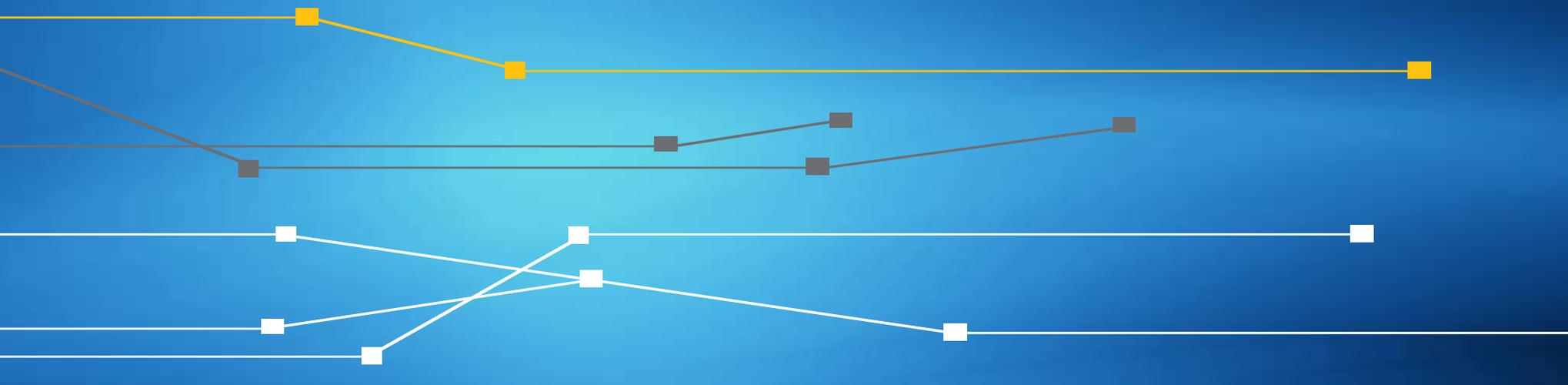
Futuras cabos @ 100G para o Brasil

| Cabo | Donos | Entra em serviço | Capacidade | Comprimento (km) | Pontos de chegada no Brasil | Outros países servidos |
|--|---|------------------|------------|------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Monet | Google, Antel, Angola Cables, Algar Telecom | 2016 | 64 Tb/s | 10,556 | Fortaleza (branch) Santos | USA (Boca Ratón, FL) |
| South Atlantic Cable System (SACS) | Angola Cables | 2018 | 40 Tb/s | 6,165 | Fortaleza | Angola (Luanda) |
| Brazil-Europe (BR-EU) | Ellalink (Telebras, IslaLink) | 2018 | 40 Tb/s | 9,501 | Fortaleza Santos | Portugal (Sines) |
| Tannat | Google, Antel | 2018 | 90 Tb/s | 2,000 | Santos | Uruguay (Maldonado) |
| Seabras-1 | Seaborn Networks | 2017 | 72 Tb/s | 10,500 | Fortaleza (branch) Santos | USA (New York) |
| Cameroon-Brazil Cable System (CBCS) | Camtel, China Unicom, Telefonica | 2017 | 32 Tb/s | 5,900 | Fortaleza | Cameroon (Kribi) |
| BRUSA | Telefonica | 2018 | n/a | 10,400 | Fortaleza, Rio de Janeiro | USA (Virgínia Beach, Puerto Rico) |

Conclusão

O objetivo desta apresentação foi preparar o palco para os outros apresentadores

Obrigado



Michael Stanton, Diretor de P&D, RNP
michael@rnp.br



Ministério da
Cultura

Ministério da
Saúde

Ministério da
Educação

Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**