



IE-309



(IE008- Redes óticas)

Tópicos em Comunicações Tecnologias e Sistemas Óticos

☞ *Passado, Presente e Futuro*

☞ *um curso inteligente e dinâmico*



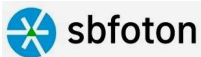
Felipe Rudge Barbosa

rudge@dsif.fee.unicamp.br

<http://www.dsif.fee.unicamp.br/~rudge/>

LTF-FEEC
Unicamp
BRASIL

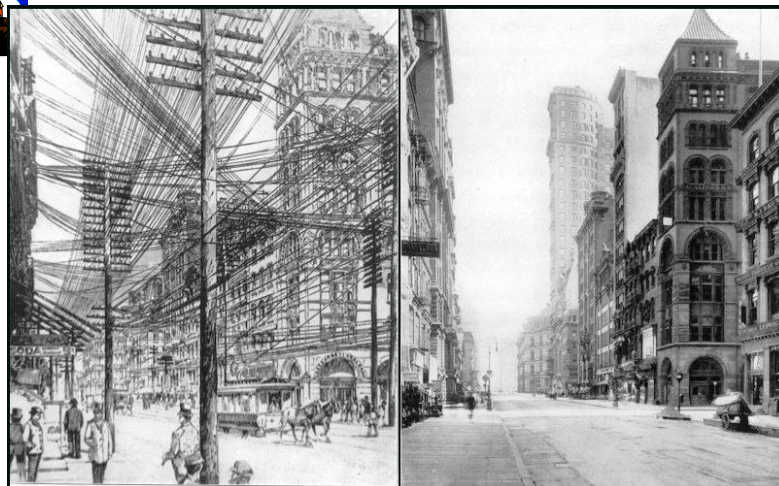
Save the humans



= Tópicos em Comunicações =



Passado..



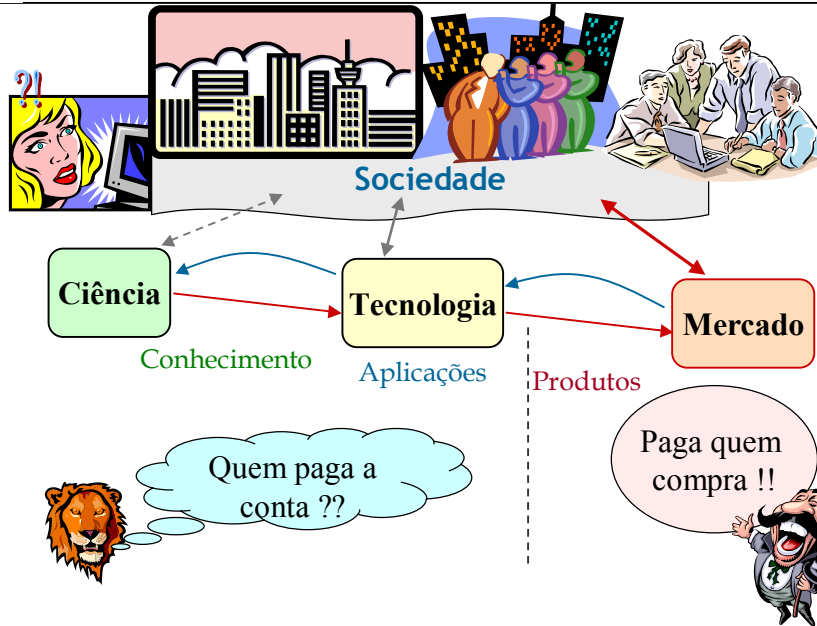
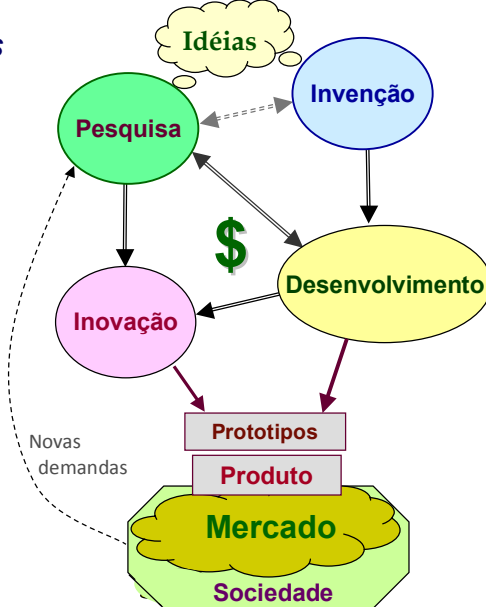
New York City = 1890

1924

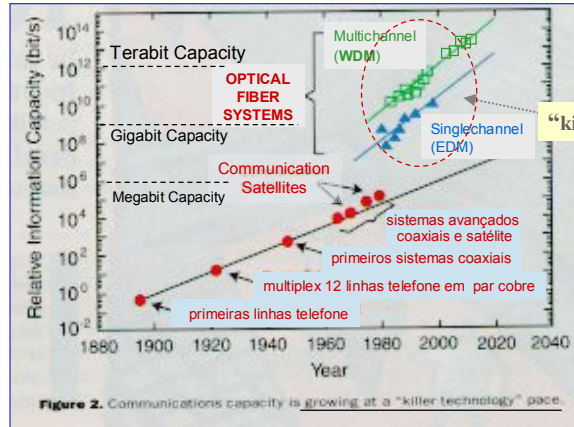
Direitos Reservados - Blue Sky Consult 2009-2010

Conceitos Fundamentais

- ❖ Pesquisa
- ❖ Invenção
- ❖ Desenvolvimento
- ❖ Inovação



➤ Porque Sistemas Óticos e Comunicações Óticas ??



=> **Optical Communication systems** represent a **revolution** in all Telecommunications, (*not just an evolution*).

➤ a **Killer technology** surpasses *by far* all the **competing alternatives**.

- **Introdução Geral**
 - ❖ conceitos básicos e definições;
 - ❖ evolução histórica; gerações de tecnologias;
 - ❖ aspectos econômicos
- **Bases Tecnológicas**
 - ❖ componentes ativos e passivos;
 - ❖ amplificadores e roteadores óticos;
 - ❖ Sensores e Sistemas de sensoriamento ótico;
- **Redes Comunicação Ótica**
 - ❖ redes óticas acesso
 - ❖ redes WDM (tronco e metro)
 - ❖ redes fotônicas



Definições:

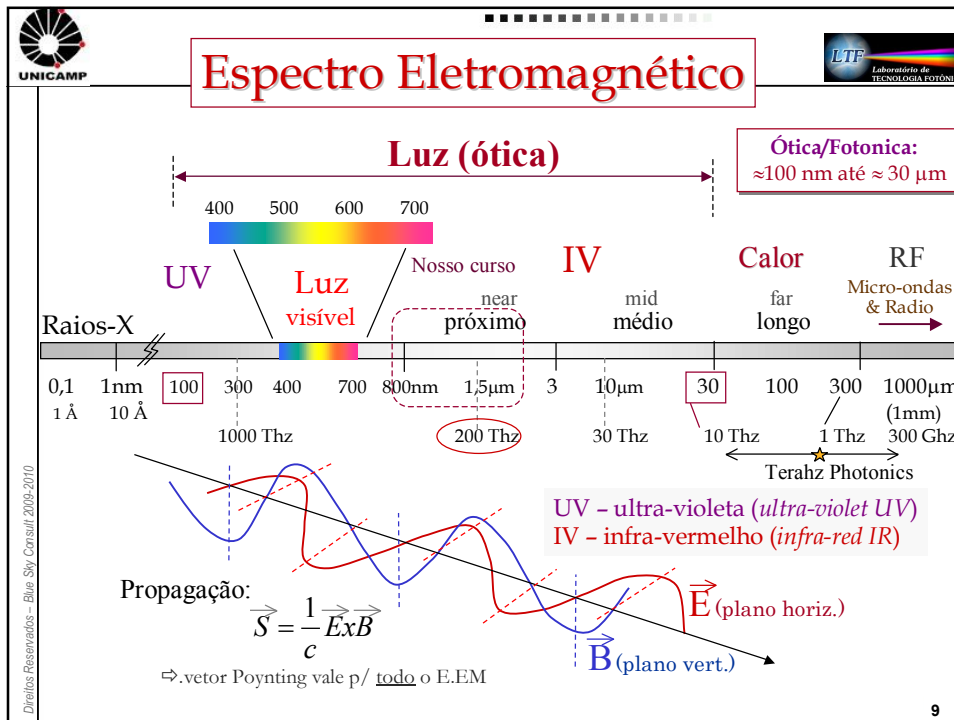
- **Comunicações Ópticas** – são o grupo de tecnologias que utilizam a **LUZ** como portadora;
- o segmento mais bem sucedido, com resultados espetaculares (*killer technology*) é o que utiliza **fibras óticas** como meio de transmissão; entretanto, a comunicação pelo ar (ou pelo vácuo) também é muito utilizada (FSO).
- **Optoeletrônica, eletro-ótica, e eletrônica integrada** (definições adiante>>) são fundamentais p/ sucesso dessa tecnologia de comunicação;
- **Componentes óticos** -- ativos e passivos -- integram essas tecnologias; (serão vistos no curso)::



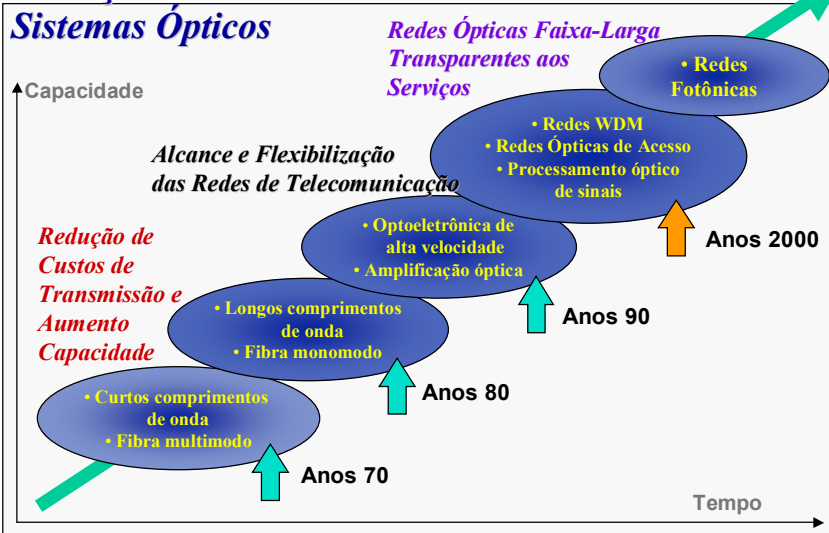
Definitions: (contd.)

- **Optics** – “classical” manipulation of photons and waves;
- **Electronics** -- manipulates eletrons ;
- **Optoelectronics** -- manipulates photons and eletrons, converts eletrons ↔ photons; “needs” Quantum Physics to work ...
- **Photonics** -- manipulates photons ; (includes optoelectronics)
- **Electro-optics** -- manipulates fotons and eletrons without conversion (!)
- **Electricity** -- macroscopic version of Electronics...

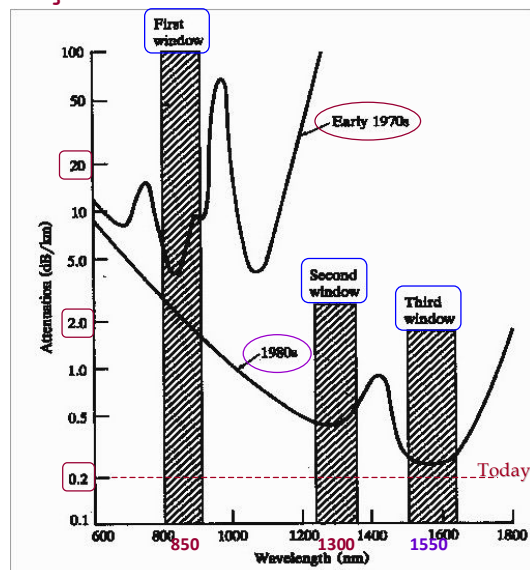
☞ *these are good and simple definitions !*



Evolução Sistemas Ópticos



Atenuação



Fonte: Keiser bk.

Janelas da Fibra Ótica

=> São ditas janelas porque é onde a **LUZ** passa melhor; além disso tem que haver **fontes** e **detetores** (disponíveis e confiáveis!)

□ 1a. janela --

Fonte: <850 nm> GaAs/GaAlAs; Fibra Multimodo; Fotodet.: Si; Ge

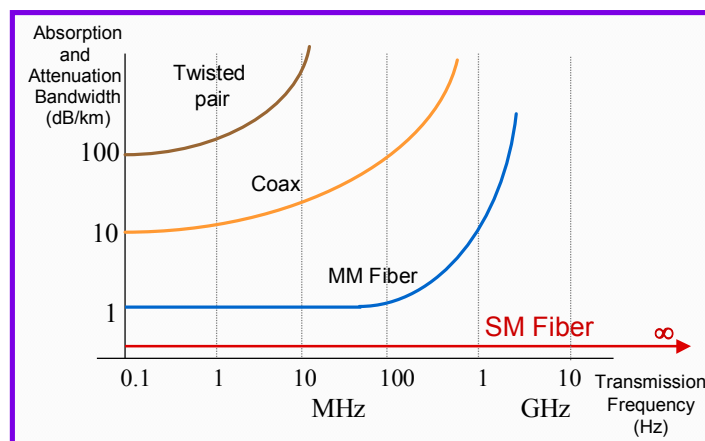
□ 2a. janela --

Fonte: <1300 nm> InP/InGaAsP; Fibra Mono; Fotodet.: Ge; InGaAs

□ 3a. janela --

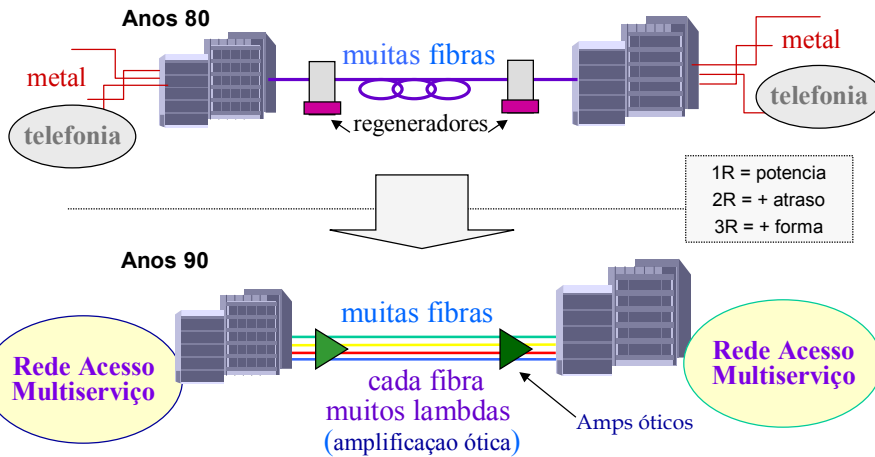
Fonte: <1550 nm> InP/InGaAsP; Fibra Mono; Fotodet.: Ge; InGaAs

Banda Passante – transmissão cabeada



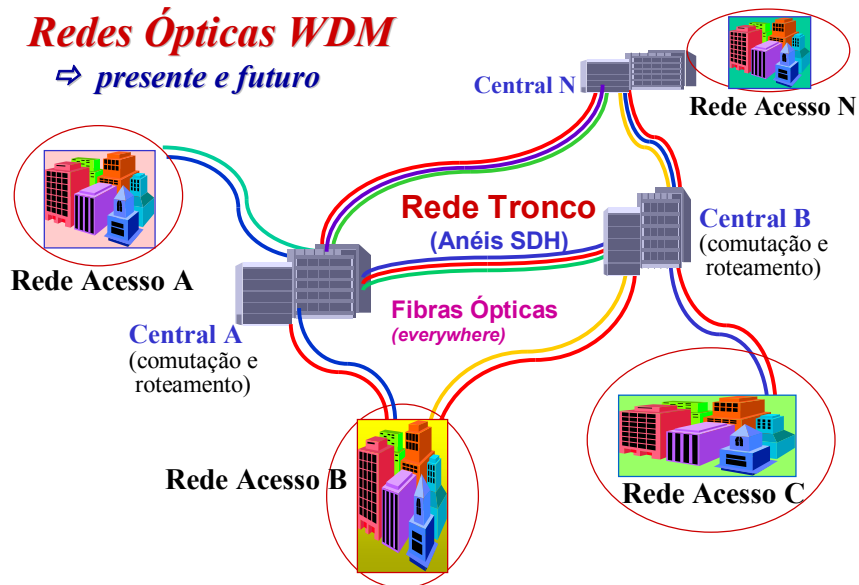
⇒ diferentes meios de transmissão podem coexistir na mesma rede, mas muito cuidado nas interfaces !! .

Evolução Sistemas Ópticos

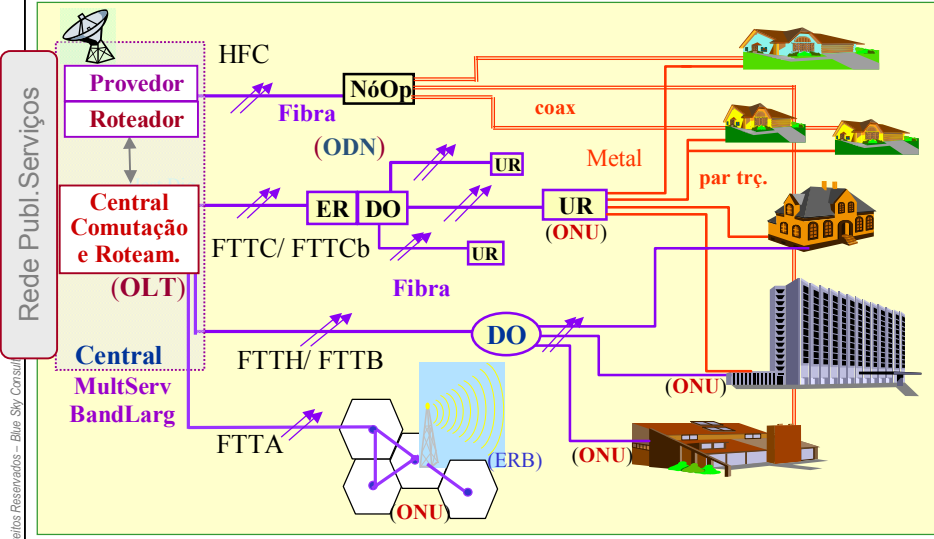


Redes Ópticas WDM

⇒ presente e futuro

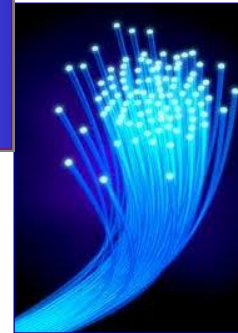


Arquitetura Atual (e futuro próximo..)



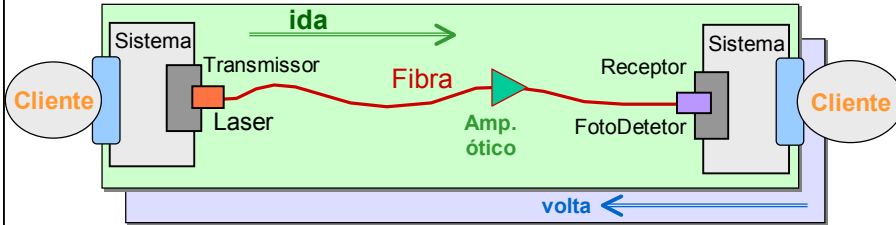
Direitos Reservados - Blue Sky Consult

Enlaces Ópticos Camada Física



Direitos Reservados - Blue Sky Consult 2009-2010

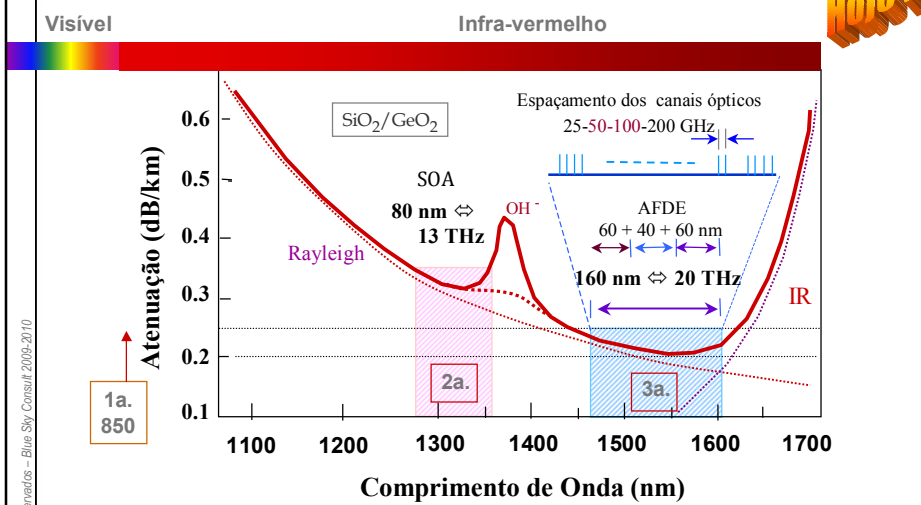
Enlace (link) Óptico



- Laser Semicondutor e Led
- Transmissores
- Amplificador Ótico
- Elementos passivos
- Fotodetetor PIN e APD
- Receptores
- Fibra Monomodo
- Fibra Multimodo
- Sistemas e WDM
- Redes óticas

Direitos Reservados - Blue Sky Consult 2009-2010

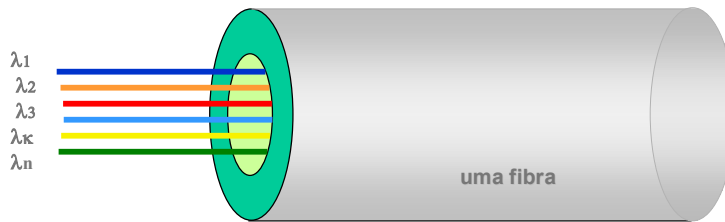
Atenuação -- Fibras Ópticas



Direitos Reservados - Blue Sky Consult 2009-2010

Sistemas WDM em Fibras Ópticas

- **Wavelength Division Multiplexing** – multiplexação por divisão de comprimentos de onda (λ);
- cada **fibra** (monomodo) suporta dezenas de λ s, até >1 centena;
- cada λ suporta dezenas/centenas de Gb/s...
- portanto, sendo $40\lambda \times 100G = 4000$, **UMA fibra** suporta >Terabit/s de informação !!



- ❖ cabos de fibras contém dezenas até centenas de fibras (12, 18, 36, 72, 144)
- ❖ mas, cada fibra requer UM amplificador optico.

Optical Fibers Transforming Chaos into Order

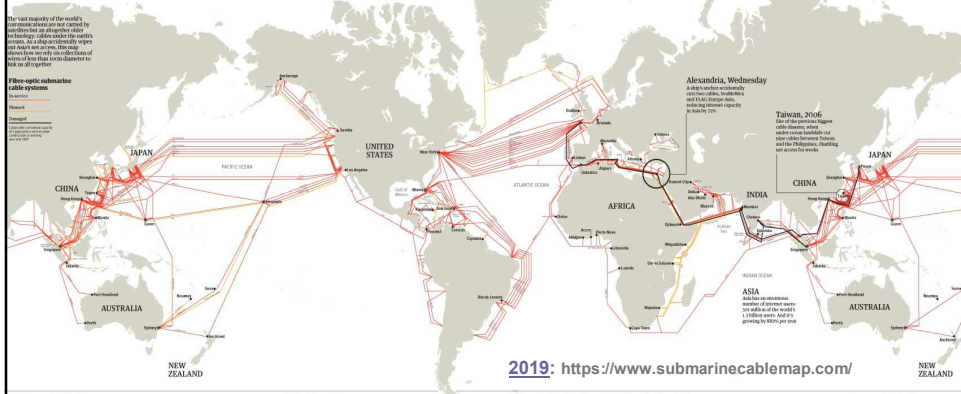


De poucos kb/s
para > muitos Tb/s

$$12 \text{ fi} \times 18 \lambda \times 100 \text{ Gb} = 21,6 \text{ Tb}$$

=> vai aumentando λ e Gb; fib.não

The internet's undersea world



2019: <https://www.submarinecablemap.com/>

Fonte: Alcatel ; 2011



➤ Navio lançador

Fonte: FranceTelecom - Orange ; 2013



Seaborn Networks completes funding for Seabras-1 submarine network

January 11, 2016 [Lightwave](#) Staff

- **Seaborn Networks** has successfully gathered the \$500 million needed to fund construction of the **Seabras-1 submarine network** that will **connect New York City and São Paulo**.
- Construction of **Seabras-1** has already begun, with Alcatel-Lucent Submarine Networks (now part of **Nokia**) the prime contractor; (**100-Gbps submarine cable network**).
- The **six-fiber-pair system** will have an initial maximum design capacity of **72 Tbps***. In addition to its endpoints, the submarine cable network is expected to offer connections to Ashburn, VA; Miami, FL; St. Croix PR; **Fortaleza and Rio de Janeiro, Brazil**; and La Plata, Argentina; **Tata Communications** and **Microsoft** have signed on as clients;
- The undersea cable system is expected to be ready for service in the second quarter of **2017**.(?!) >>>

➤ *Configs.: 06 fi x 200G x 40λ = 48 Tb ; ; ... 60λ = 72 Tb



Seabras-1 undersea cable system between Brazil and New York nearly ready for service

July 11, 2017 by Sara K. Madden = [Lightwave](#) Staff

- **Seaborn Networks** says it has finished the final splice for **Seabras-1**, the first direct PoP to PoP **undersea cable** system to link São Paulo, Brazil and New York, USA. Owned by Seabras Group, the **Seabras-1 submarine network** should be ready for service in August 2017, according to Seaborn.
- **Seabras-1** submarine cable system's completion is the result of over five years of work and more than \$520 million of project financing. At least three service providers – **Microsoft**, **Tata Communications**, and **TI Sparkle** – have purchased capacity on the undersea cable system.)
- **Seaborn Networks** is a **developer-owner-operator** of independent Submarine Fiber Optic Cable Systems, including ARBR between São Paulo and Buenos Aires, as well as **Seabras-1** between New York and São Paulo.
- **Seabras-1** is operated and maintained from the **Seaborn Network** offices in the United States and Brazil, including Seaborn's own network operations centers in New Jersey and Massachusetts.

Telxius = (empresa grupo Telefonica)

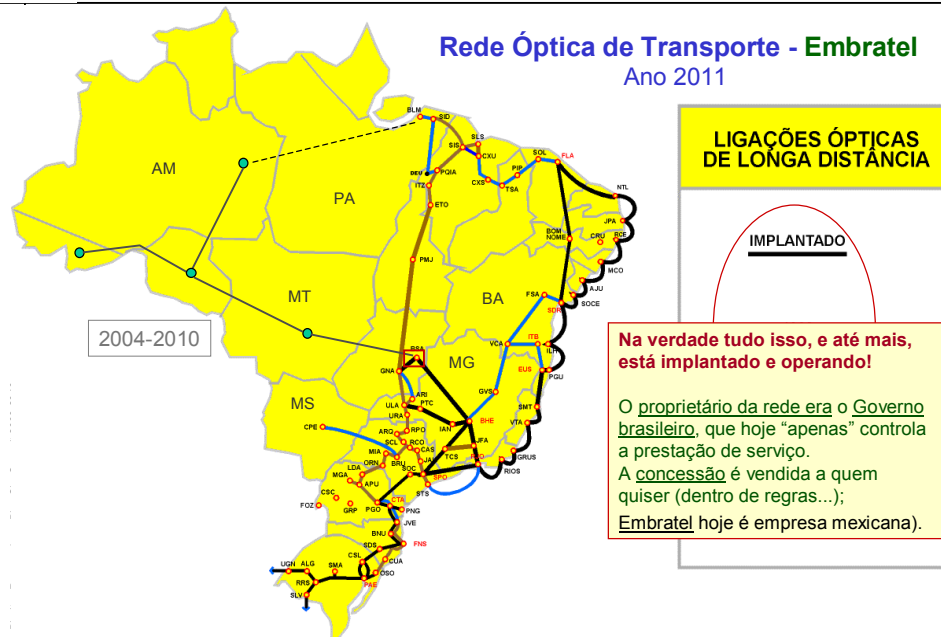
Cabo Intercontinental Brusa-Marea (Espanha- Virginia/Usa- Rio/Br)

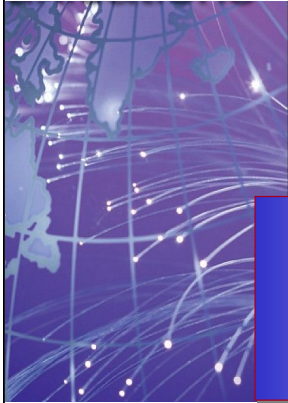
- Capacidade de 138 Tbps ; (agregado máx., 08 pares fibra = 16 fibras bidirec.) ;
- É hoje o cabo de maior capacidade e menor latência que une as Américas e a Europa, através da MAREA ;
- Postos de amarração no Rio de Janeiro, Fortaleza, San Juan de Porto Rico e Virginia Beach, USA ;
- Em operação desde 2018;

Ver:: <https://telxius.com/pt-pt/mareaebrusa/>

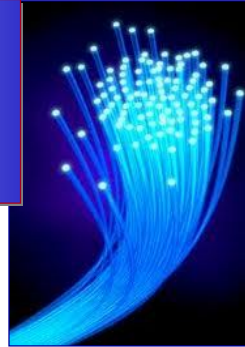
Nota:: o site *Telesintese* do grupo Terra(Br) deu recente/te a noticia errada de 160 Tb/s;

Rede Óptica de Transporte - Embratel Ano 2011



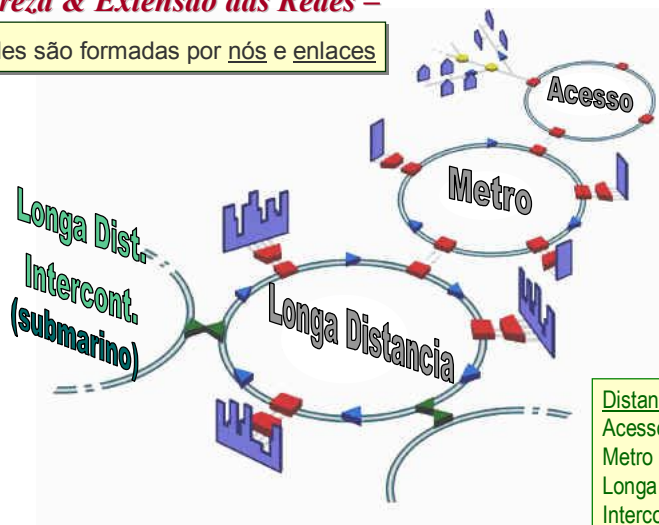


Redes Ópticas



Compatibilidade horizontal (ou longitudinal) Natureza & Extensão das Redes –

Redes são formadas por nós e enlaces



Distancias:
 Acesso ⇒ até 20 km;
 Metro ⇒ de 20 a 50 km;
 Longa ⇒ >100 km
 Intercont ⇒ >1000 km

Hierarquias Digitais

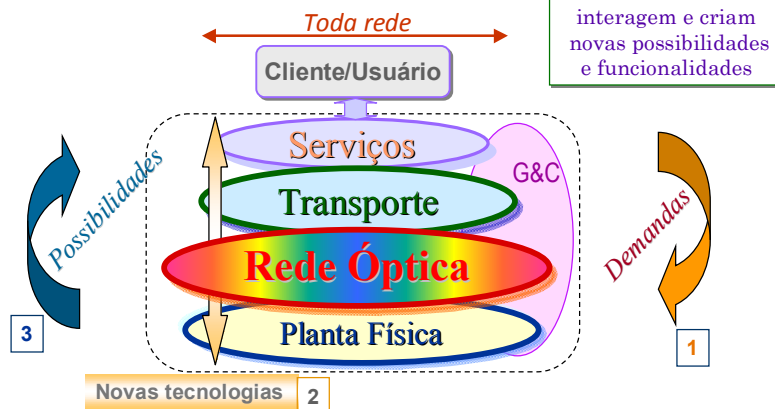
- Distribuição Hierarquias (*capacidade de transmissão canal ótico*)
 - Metro-Acesso = 1Gb/s até 10Gb/s ;;
 - Metro-Tronco = 10, 40, 100 Gb/s ;;
 - Long-haul (*intercity; internacional; intercontinental*) = 100, 200, 400 Gb/s ;;

=> *capacidade agregada aumenta com a composição WDM*

>> >>

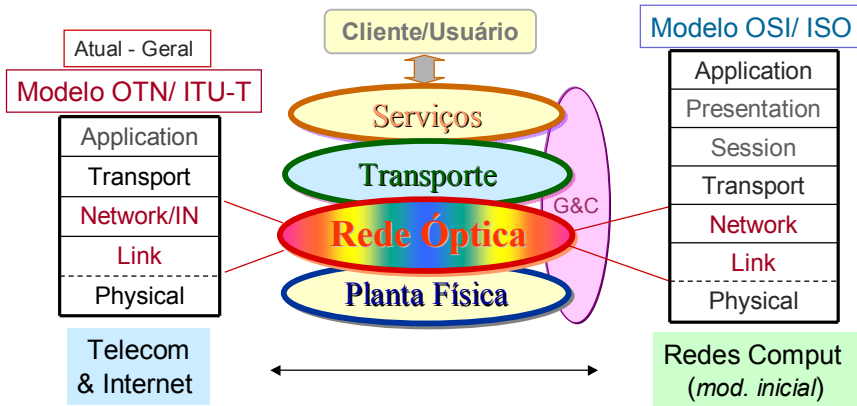
Motor Evolutivo :)

Natureza & Capacidade de Nós e Enlaces –

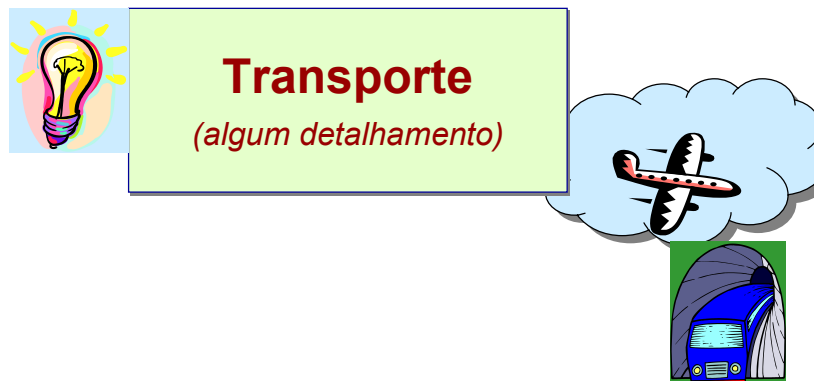


☞ *O objetivo das Redes de Comunicações é interconectar os múltiplos usuários. Demanda sempre crescente exige novas soluções e novas tecnologias.*

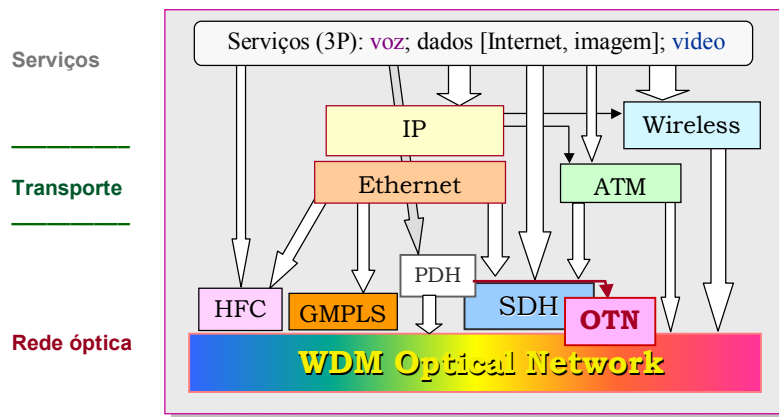
Panorama Geral -|- Compatibilidade e Padronização



- ☞ O objetivo das Redes de Comunicações é interconectar clientes e usuários; e a rede deve funcionar de modo transparente e ininterrupto.
- Padronizações (interfaces internas e externas) são sempre necessárias.



Camadas & Interfaces (dimensão vertical) Cenário Atual – Redes Óticas



=> tudo sobre Redes Óticas !!

Protocolos de Transporte em Redes Óticas (padronizados)

- Telecom
 - PDH – hierarquia digital pliesiônica (final 1970-1980-1990)
 - SONET -- rede ótica síncrona (meados 1980-1990-2000..)
 - SDH -- hierarquia digital síncrona (meados 1980-1990-2000..)
 - ATM – modo transferencia assincrona (final 1980-2000..)
- Redes Dados (computadores/Internet)
 - Ethernet
 - TCP-UDP/ IP
 - e mais uma “infinidade”...
- Redes Fônicas (convergencia de redes sobre Redes Óticas !)
 - GMPLS e ASON
 - OTN

Evolução Capacidade – tecnologias convergentes

PDH	Taxa	Canais de Voz (*)
Sigla	(Mb/s)	
E-0	0,064	1
E-1	2,048	30
E-2	8,448	120
E-3	34,368	
E-4	139,264	1920

(*) equivalencia exata.

SDH	SONET	Taxa	Canais Voz
Sigla	Sigla	(Mb/s)	(64k)
STM-1	OC-1	51,84	672 (810#)
STM-4	OC-3	155,52	1920
STM-16	OC-12	466,56	
STM-64	OC-48	2488,32	30720 (**)
STM-256	OC-192	9953,28	122880 (**)
	OC-768	39813,12	491520 (**)

(**) equivalencia ilustrativa apenas.

(#) comunicação digital pura

Ethernet	Taxa
Sigla	(Mb/s)
10 base T	10
Fast Eth	100
GbE	1 Gb/s
10 GE	10 Gb/s
100 GE	100 Gb/s

*1-transição histórica

*2-união histórica !

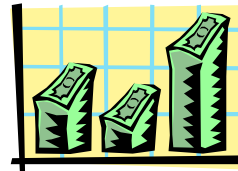
todas estas tecnologias serão vistas em detalhe!

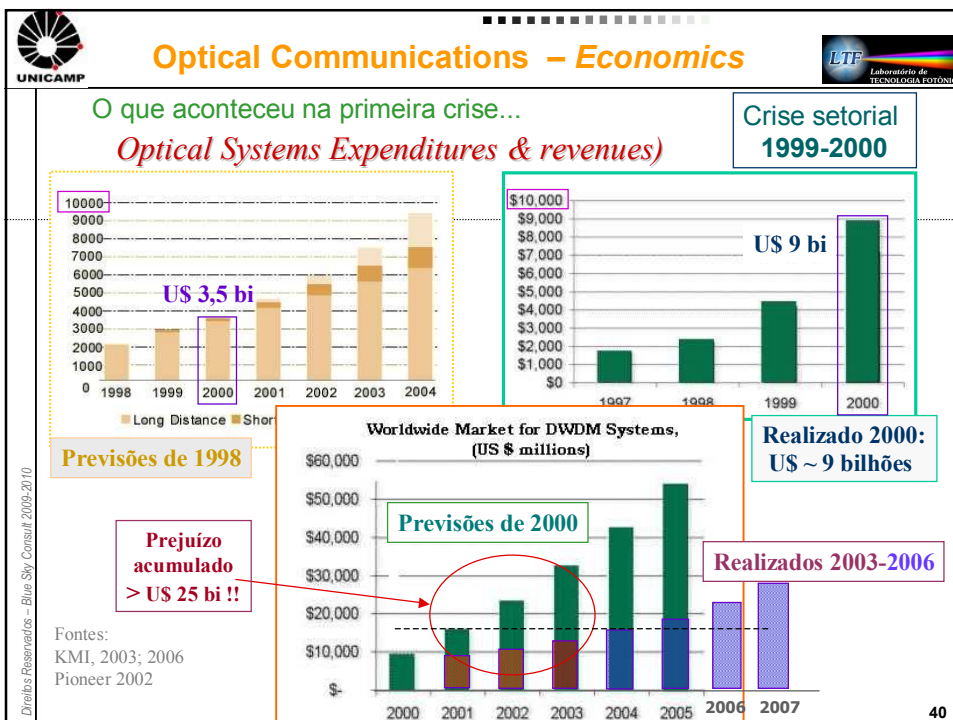
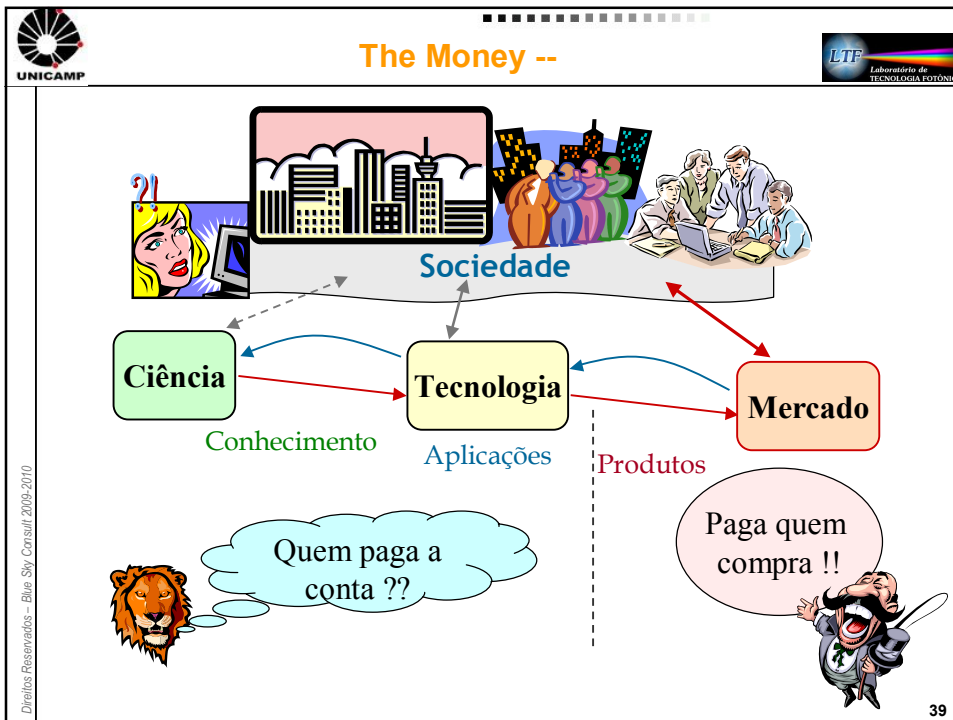
=> mas quanto custa isso ??

The Money
 \$\$\$
Grana

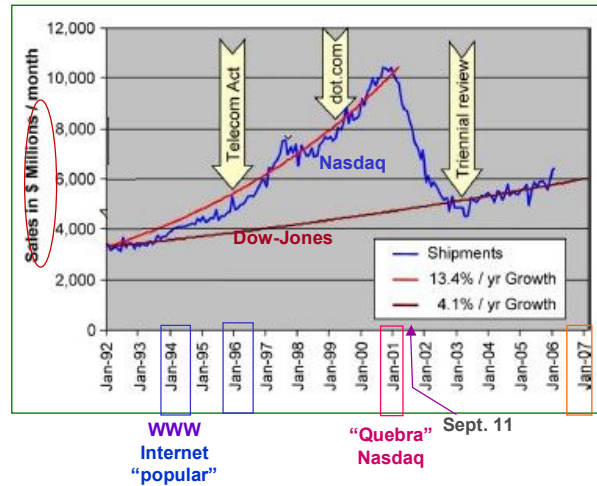


... quem paga a conta?



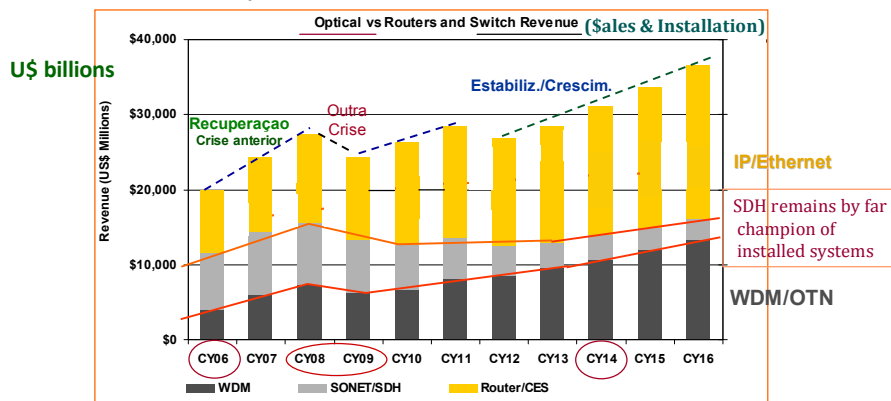


Primeira Crise de Investimentos em Telecom & TI (



Cenário Mundial Transporte -- atual e futuro CapEx Trends -- a multi-Billion market ...

2012-2016



Tendências:

Source: Infonetics Research, Dec. 2012

- ⇒ WDM continuará "sempre" como tecnologia dominante (layers 1,2,3);
- ⇒ diversos sistemas de transporte estarão competindo;
- ⇒ roteadores Ethernet/IP já superaram sistemas PDH/SDH; mas...

Reunindo os aspectos **tecn-econômicos**; pode-se concluir (incluindo variações *sociais, políticas e geográficas*) :

Sistemas Óticos se tornaram a base de alta-capacidade para **TODAS** as Redes de Comunicações; *com os seguintes destaques* :

- ✓ A única opção para **altíssima capacidade** (Terabits) nas Redes Longa Distância e Metropolitanas tronco (*backbone*); ..
- ✓ mais alta capacidade e vazão nas Redes de Acesso, interfaceando com outras tecnologias de redes locais (*custos, disponibilidade, flexibilidade*)
- ✓ **Altíssima confiabilidade e permanência**;
- Elevados custos de *instalação e operação*, mas Banda passante maior que qualquer outro meio; Resulta => o menor (custo/ bit / assinante);
- ☞ Permitiram **desenvolvimento mundial da Internet como é Hoje**; sendo que *Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)* -- se tornaram a maior atividade econômica do planeta.



☺☺ **“Fim”** ☺☺
do começo...

