



# *Fibras Especiais para Redes Ópticas*

## *Redes Metropolitanas e de Acesso*

*Renato Flávio Cruz*  
*Departamento Técnico de Cabos - DTC*  
*Diretoria de Marketing*  
*41-341-4052*  
*rfcruz@furukawa.com.br*



*Leading Optical Innovations*

# *Fibras Especiais para Redes Ópticas*

---

## **Agenda**

- *Evolução da capacidade de transmissão*
- *Fibras Especiais OFS para Redes Ópticas*
- *Parâmetros técnicos limitantes*
- *Fibras especiais para Redes Metropolitanas*
- *Fibras especiais para Redes Locais*
- *FTTP: Tecnologia de Redes Ópticas Passivas (PON)*

## Acionistas



THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.

85 %

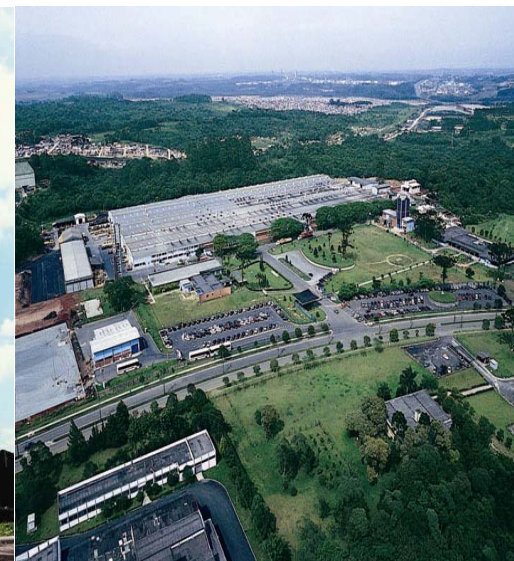


MITSUMI & CO. LTD.

15 %

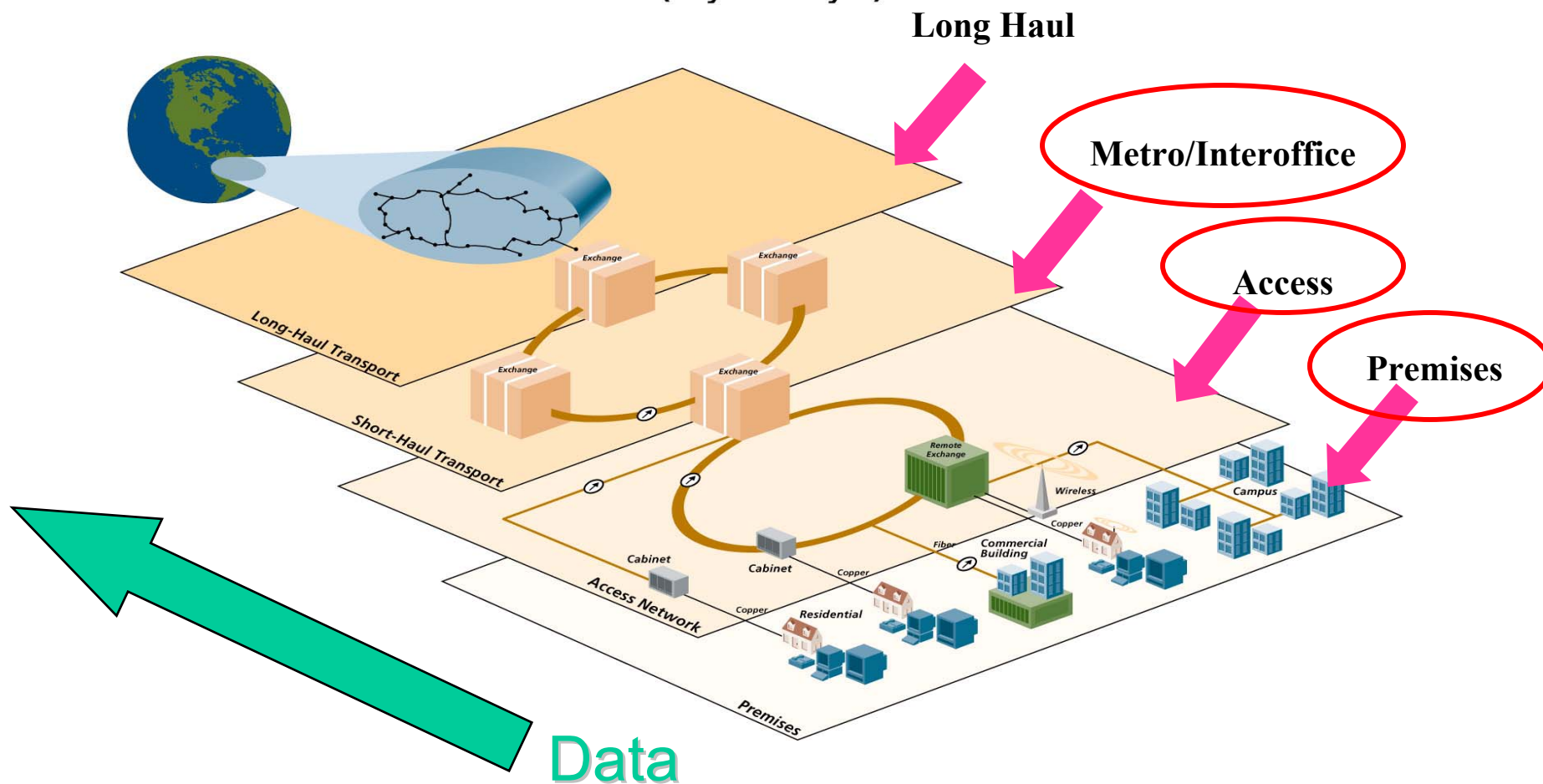


## Localização



# Fibras Especiais para Redes Ópticas

## Generic Network Architecture (Physical Layer)





# Fibras Especiais para Redes Ópticas



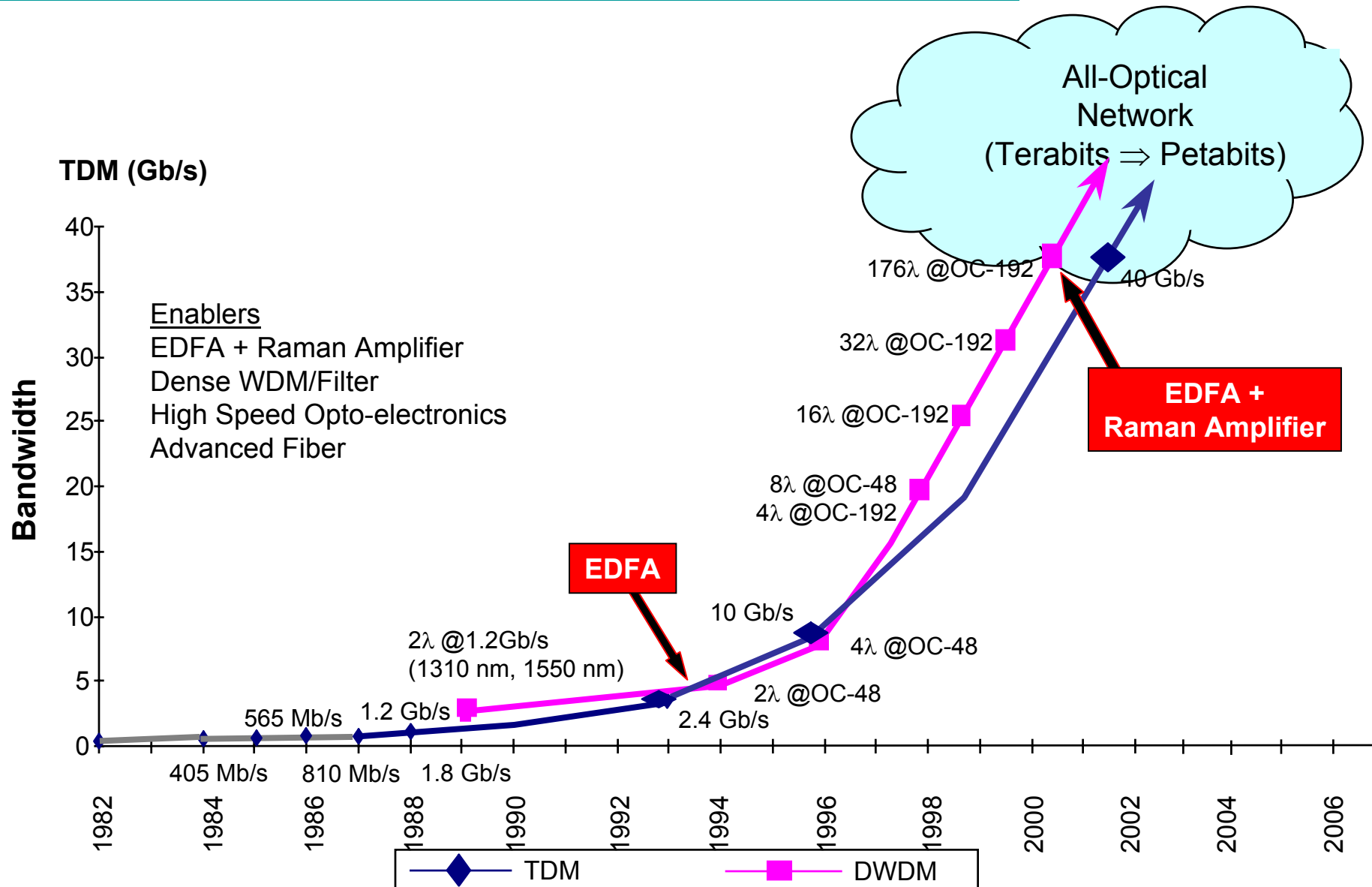
# Fibras Especiais para Redes Ópticas



Leading Optical Innovations

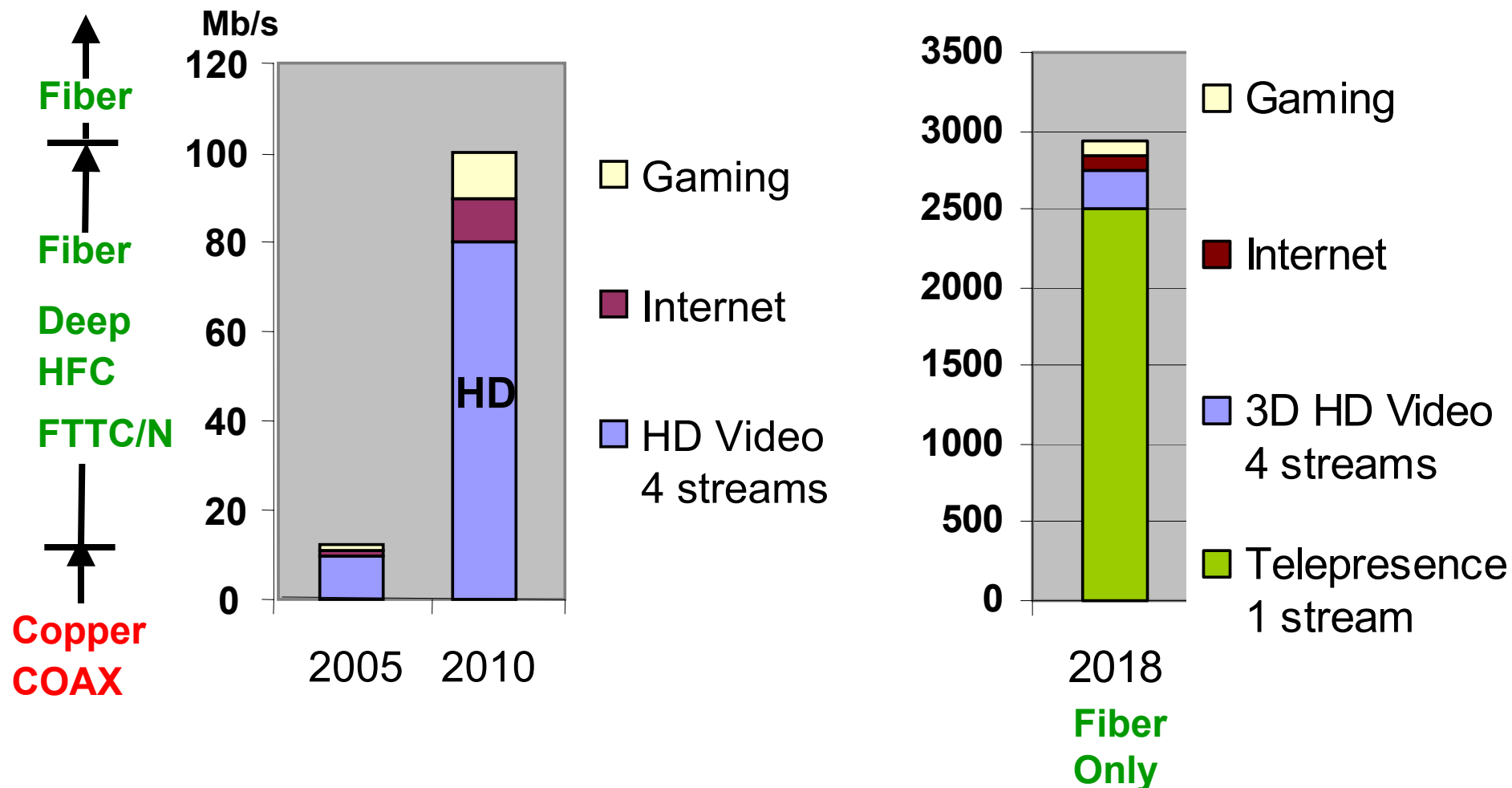
Taxa de Transmissão (Gb/s)		0 a 20km	0 a 60km	60 a 300km	300 a 600km	600 a 1000km	Acima de 2000km	Acima de 4000km
Atual	Futuro	ACESSO	METRO		Regional e Longas Distâncias			Ultra Longa Distância
2,5	2,5	AllWave Fiber						
2,5	10							
10	10	TrueWave RS Fiber						
10	40							
40	>40	TrueWave REACH Fiber						
		UltraWave Fiber						

# Evolução da capacidade de transmissão



# Evolução da capacidade de transmissão

## Previsões de Demanda de Largura de Banda (Residencial & Comercial)

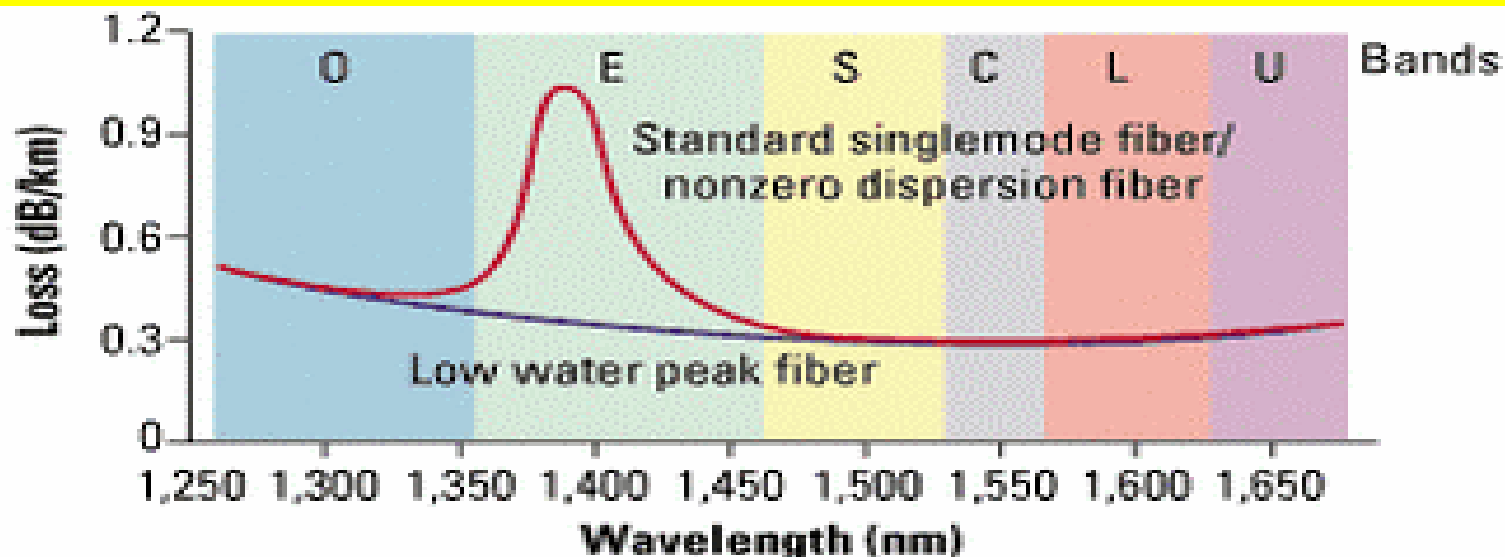


HD = Hi definition, requires 4X bandwidth of standard video



# Evolução da capacidade de transmissão

Região de transparência para transmissão é aproximadamente 50 THz

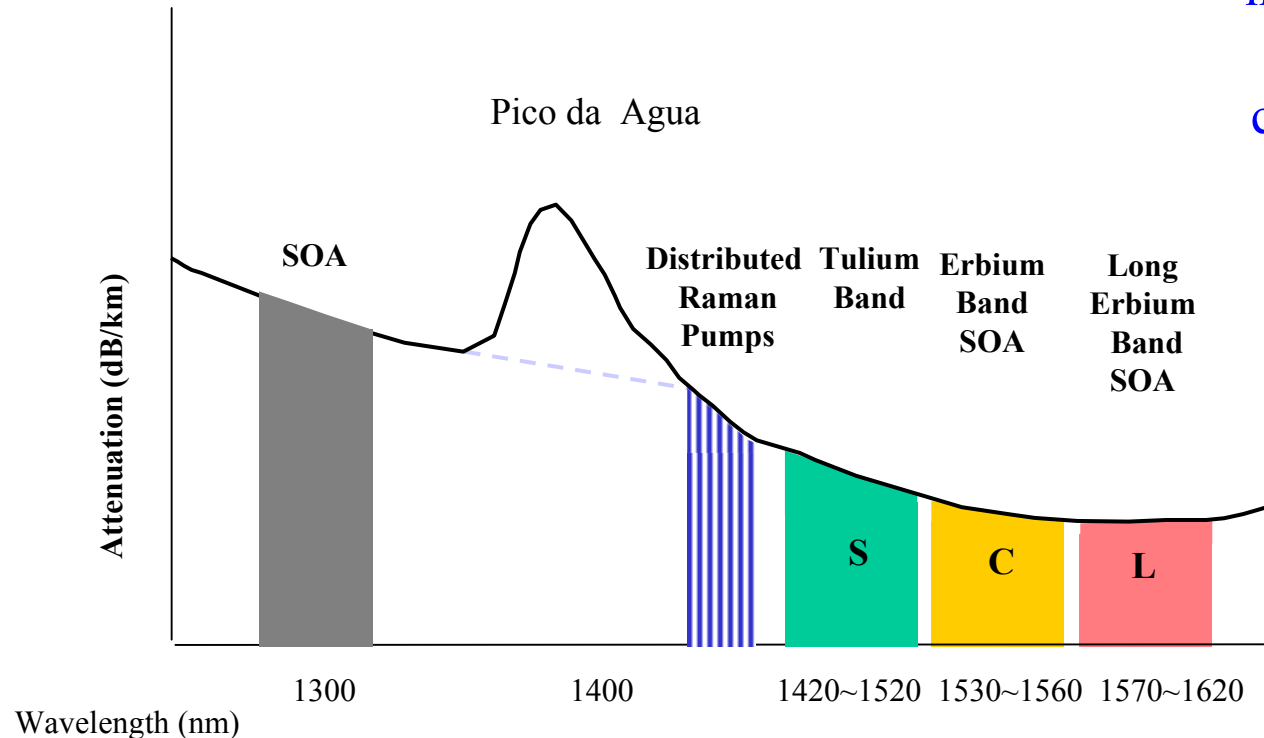


Band	Descriptor	Range (nm)
O band	Original	1260 to 1360
E band	Extended	1360 to 1460
S band	Short wavelength	1460 to 1530
C band	Conventional	1530 to 1565
L band	Long wavelength	1565 to 1625
U band	Ultra Long wavelength	1625 to 1675

# Parâmetros técnicos limitantes

## Amplificadores ópticos

Amplificadores operam independentemente da taxa, formato e comprimento de onda



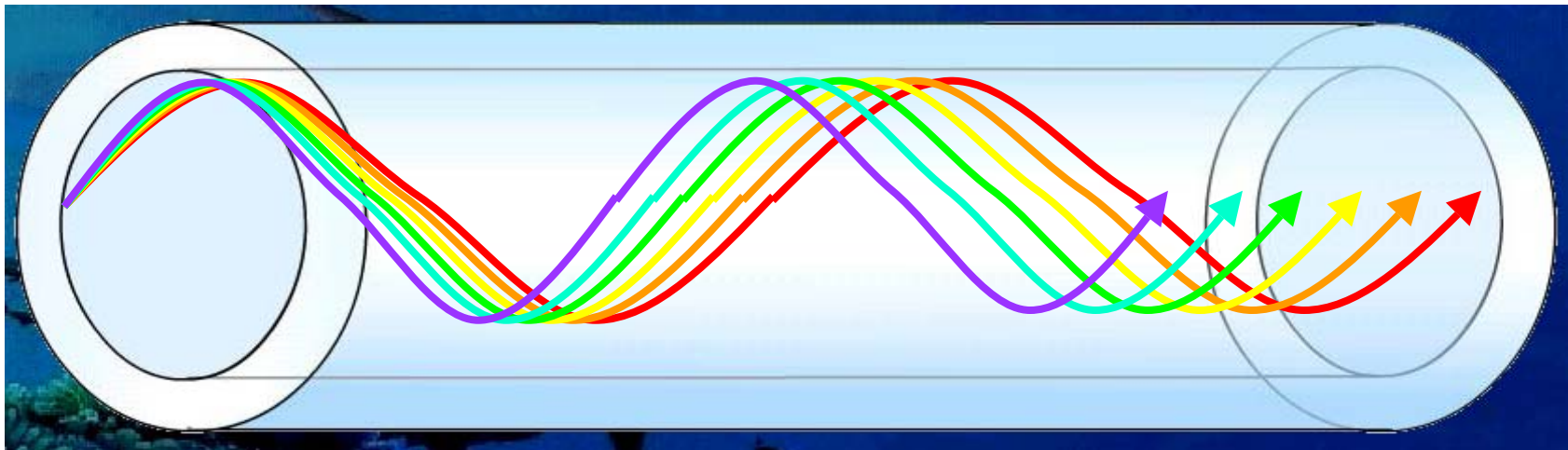
- Érbio - Banda C + L
- Túlio - Banda S
- $\text{Pr}^{+3}$  - Região de 1.3  $\mu\text{m}$
- Raman - Extensa banda de ganho – Bombeio ( S- C- L)

Espectro de Ganho do Amplificador  
(1285nm – 1625nm)

## Parâmetros técnicos limitantes

**O desenvolvimento dos amplificadores ópticos tornou viável a Tecnologia WDM – Wavelength Division Multiplex**

- Sistemas WDM convertem sinais elétricos ( som, voz, vídeo, e-mail) em sinais ópticos com taxas de repetição bem definidas.
- Cada sinal é transmitido em um determinado  $\lambda$  ou “canal”.
- Multicanais ou diferentes  $\lambda$  podem ser transmitidos simultaneamente usando uma única fibra através de técnicas de multiplexação de vários canais



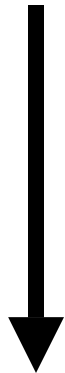
## Parâmetros técnicos limitantes

COMPARISON OF WDM TECHNOLOGIES BY APPLICATION			
Application/parameter→	CWDM metro access→	DWDM metro regional→	DWDM long haul
Channels per fibre→	4-16→	32-80→	80-160
Spectrum used→	O, E, S, C, L bands→	C, L bands→	C, L, S bands
Channel spacing→	20 nm (2500 GHz)→	0.8 nm (100 GHz)→	0.4 nm (50 GHz)
Wavelength capacity→	2.5 Gbit/s→	10 Gbit/s→	10-40 Gbit/s
Fibre capacity→	20-40 Gbit/s→	100-1000 Gbit/s→	>1 Tbit/s
Laser type→	uncooled DFB→	cooled DFB→	cooled DFB
Filter technology→	thin-film filter→	thin-film filter, AWG, FBG→	thin-film filter, AWG, FBG
Transmission distance→	up to 80 km→	hundreds of kilometres→	thousands of kilometres
Cost→	low→	medium→	high
Optical amplification→	none→	EDFA→	EDFA, Raman

DFB = distributed-feedback laser. AWG = arrayed-waveguide grating. FBG = fibre Bragg grating. EDFA = erbium-doped fibre amplifier. Source: Sorrento, RHK.

# Parâmetros técnicos limitantes

Diminuição do  
espaçamento e  
aumento da taxa  
de bit por canal  
induz efeitos  
devastadores nos  
sistemas ópticos



Propriedades  
intrínsecas  
das fibras ópticas

Quais são os fatores intrínsecos  
da fibra que limitam a  
capacidade de transmissão dos  
sistemas ópticos?

**Efeitos Lineares**

**Efeitos Não-Lineares**

# EFEITOS LINEARES

### 1. *Atenuação*

Sensibilidade do receptor óptico - Mínimo numero de fótons por Bit para  $BER < 10^{-9}$

Compensado pelo uso de amplificadores ópticos

### 2. *Dispersão*

- Intermodal –Dispersão Cromática
- Dispersão do Material e Guia de Onda

Minimizado através do uso de fibras especiais

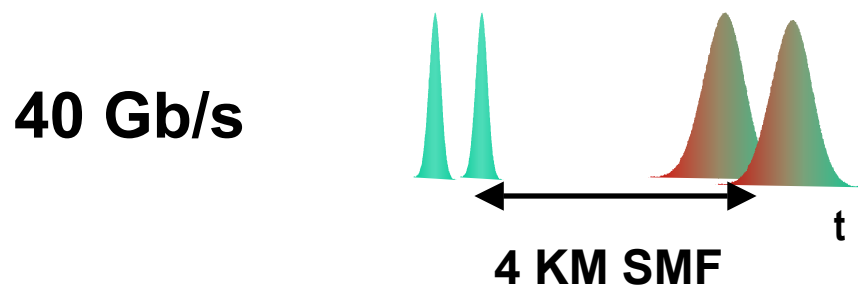
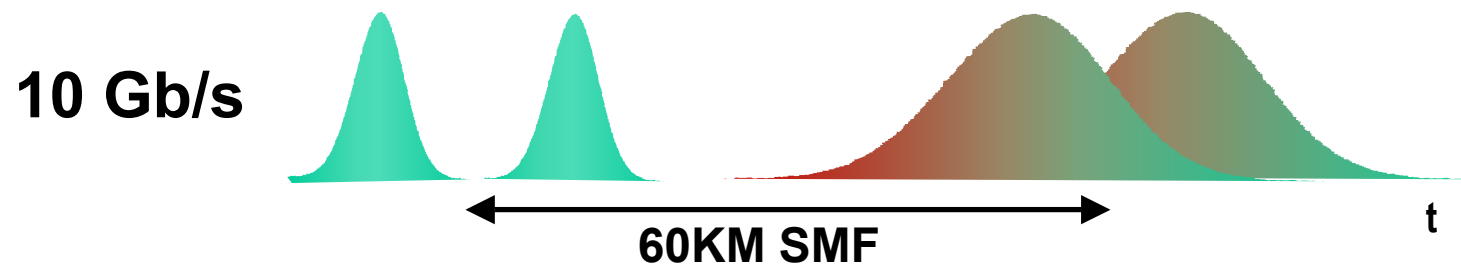
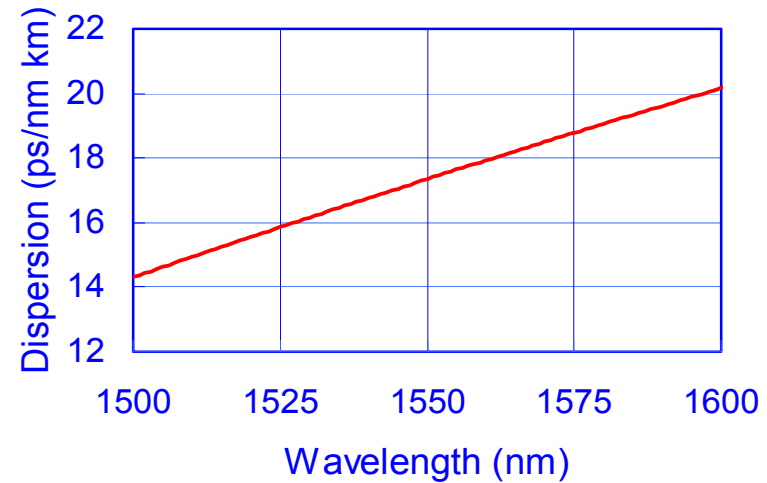
### 3. *Dispersão do Modo de Polarização(PMD)*

Optimização do processo de fabricação (fibra e cabo óptico) ,  
Uso de compensadores (???)



# Parâmetros técnicos limitantes

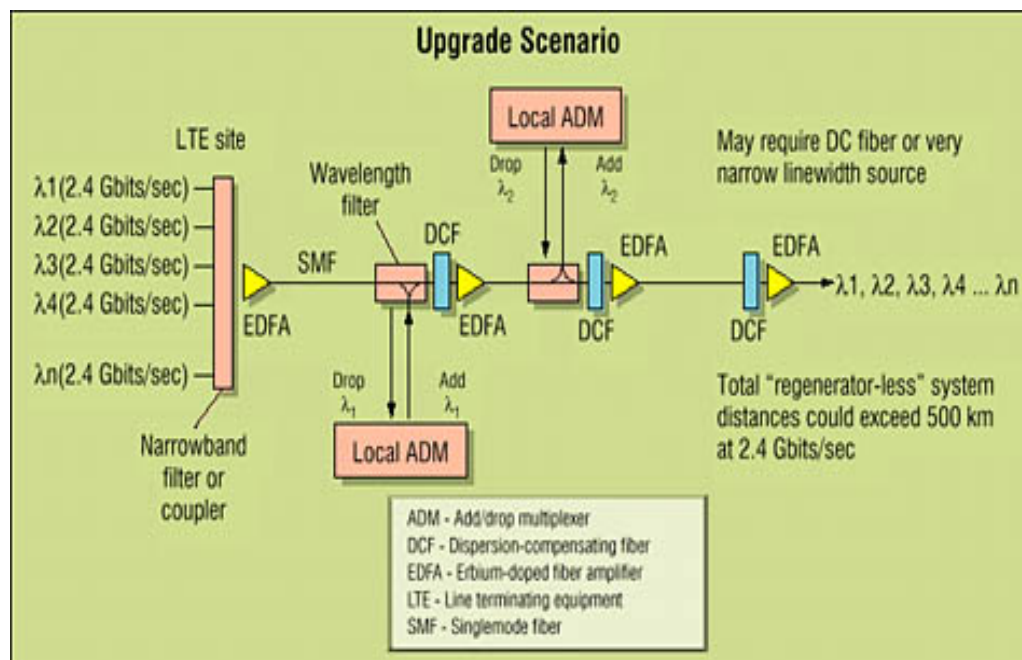
## Dispersão cromática de Fibra SM



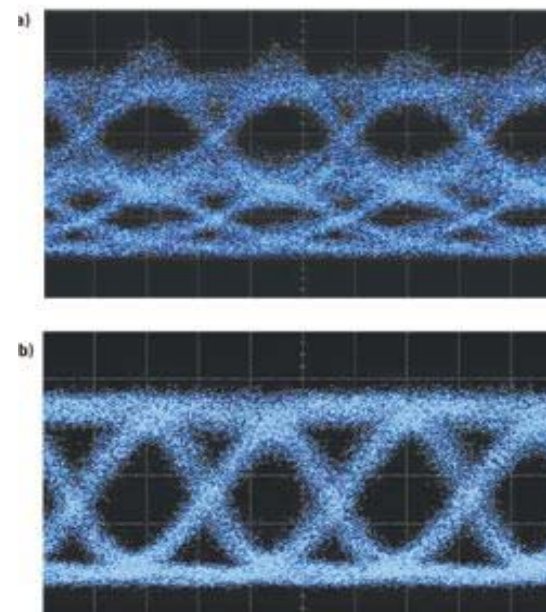
# Parâmetros técnicos limitantes

## Compensação da Dispersão Cromática:

- Fibras DCF (Dispersion-Compensating Fiber) com dispersão negativa com valor típico entre -70 to -90 psec/nm-km
- A fibra retorna a dispersão para valor próximo de zero, revertendo o espelhamento do pulso ocorrido durante propagação do sinal
- Permite 10 Gb/s em fibras SM (+17 ps/nm/km) em centenas de km.

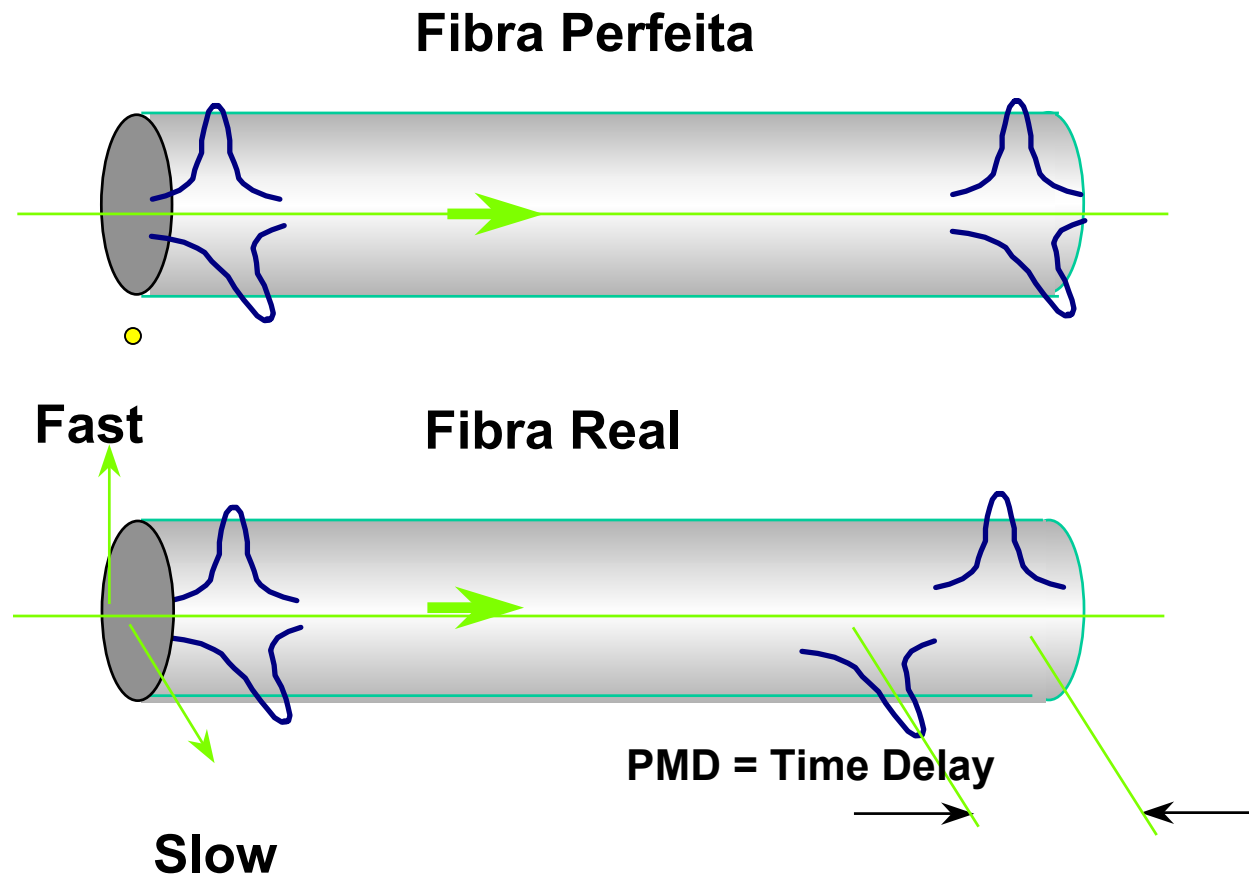


Dispersion compensation



## Parâmetros técnicos limitantes

### PMD – Dispersão do Modo de Polarização



**Cabos Furukawa com valores médio da ordem de  $0,04 \text{ ps/km}^{1/2}$**

## Parâmetros técnicos limitantes

<i><b>Taxa (Gb/s)</b></i>	<i><b>PMD (ps/sqrt km)</b></i>	<i><b>Link (km)</b></i>
<b>10</b>	<i>0,5</i>	<i>400</i>
	<i>0,2</i>	<i>3000</i>
	<i>0,1</i>	<i>&gt; 4000</i>
<b>40</b>	<i>0,5</i>	<i>2</i>
	<i>0,2</i>	<i>80</i>
	<i>0,1</i>	<i>400</i>

### Efeitos Não-Lineares

#### Causas básicas:

- *Altos Níveis de Potencia*
- *Pequena área efetiva da fibra*
- *Longos L fibras*

#### 1. Espalhamento Estimulado

Função do nível de potência

**SBS: Espalhamento Brillouin Estimulado**

**SRS: Espalhamento Ramam Estimulado**

#### 2. Índice de refração não-linear

Intensidade óptica induz variações do índice refração

$$n = n_0 + n_2 I (P(t)/A_{eff}) \quad n_2 = 2.3 \times 10^{-20} \text{ m}^2/\text{W}$$

**SPM: Self Phase-Modulation**

**XPM: Cross Phase-Modulation**

**FWM: Four Wave Mixing**

## **ATRIBUTOS DA “FIBRA IDEAL” PARA REDE METRO**

- \* Longo alcance sem amplificação óptica*
- \* Longo alcance sem compensação de DC*
- \* Baixa DC em 1550nm*
- \* Ampla janela de transmissão: bandas S + C + L*
- \* Baixo custo de transmissão em 2.5 , 10 e 40 Gb/s*
- \* Compatibilidade com as fibras do link longa distância*



AllWave<sup>®</sup> Fiber  
Zero Water Peak

A horizontal wave graphic with a rainbow color gradient, transitioning from red on the left to purple on the right.

*Fibra tipo ZWP*  
*“Zero Water Peak”*

TrueWave<sup>®</sup> **RS** Fiber

A horizontal wave graphic with a red-to-orange color gradient.

*Fibra tipo NZD*  
*“Non-Zero Dispersion”*

# Fibras Especiais para Redes Metropolitanas

---

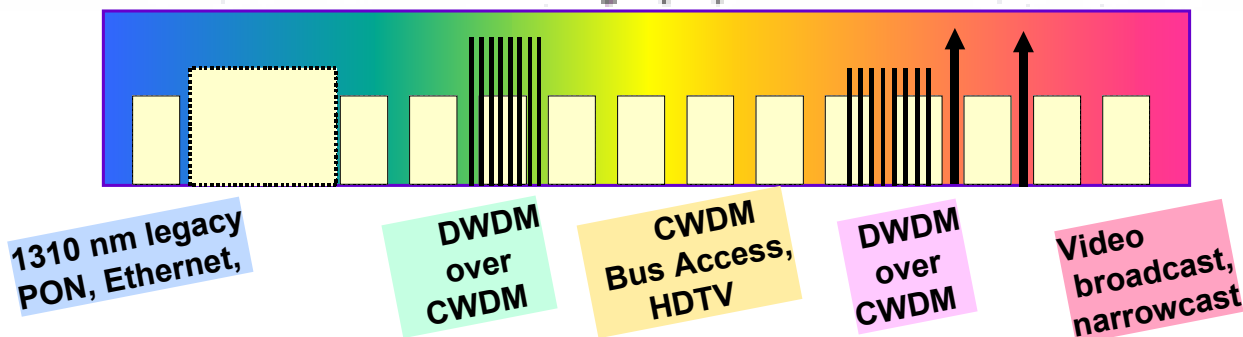
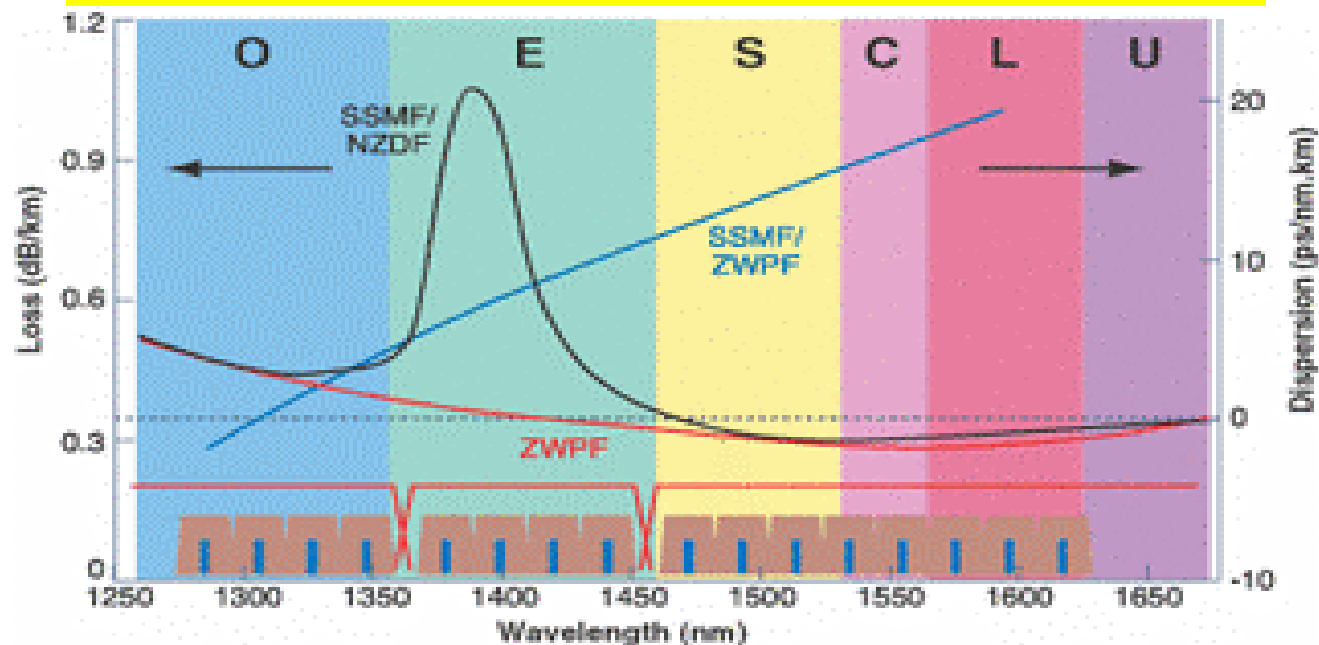


- Aplicada em redes metropolitanas e de acesso
- **ZWP – “Zero Water Peak”** : atenuação zero em 1385nm
- **Full Spectrum**: 1280nm a 1625nm (50% maior capacidade que SMF)
- Janela E (1400nm) : ideal para 10 Gb/s sem compensação DC
- Permite 6 canais em CWDM na banda E (1360 – 1460nm)
- Permite um acréscimo de no mínimo mínimo 33% em canais CWDM em comparação às fibras SMF (convencionais)
- CWDM economiza mais de 35% sobre DWDM aplicado em SMF
- Permite maior rentabilidade da rede por metro
- Normatizada conforme ITU-T G.652.C e ABNT 13488

# Fibras Especiais para Redes Metropolitanas

- AllWave® Fiber the only Zero Water Peak Fiber
- Patented process locks out, keeps out, the water

*AllWave®  
Fiber Ideal for  
FTTP and  
Metro  
Enables 33%  
more  
bandwidth at  
lower cost  
than std SMF*



# Fibras Especiais para Redes Metropolitanas

AllWave® Fiber

Adds 6 additional  
low cost optical  
channels



1270	O1
1290	O2
1310	O3
1330	O4
1350	O5
1370	E1
1390	E2
1410	E3
1430	E4
1450	E5
1470	S1
1490	S2
1510	S3
1530	C1
1550	C2
1570	L1
1590	L2
1610	L3

## Full Spectrum Wavelength grid

- ITU G.694.2 (1270 – 1610 nm)

## CWDM

- 40% lower cost than DWDM
- Multiple vendor support
- 20-nm spacing (2500 GHz)
- 4 up to 16 channels per fiber
- Each optical channel typically at rates to 2.5 Gbit/s

# Fibras Especiais para Redes Metropolitanas

Fiber Attribute	OFS AllWave® Fiber		Corning Conventional SMF		Corning SMF-28e	
Attenuation (dB/km) Uncabled at 1310 nm at 1383 nm at 1550 nm at 1625 nm	<b>Prem</b> ≤ 0.32 ≤ 0.29 ≤ 0.19 ≤ 0.23	<b>Std</b> ≤ <b>0.34</b> ≤ <b>0.31</b> ≤ <b>0.21</b> ≤ 0.24	Prem ≤ 0.34 ≤ 2.1 ≤ 0.20 ?	Std ≤ 0.35 ≤ 2.1 ≤ 0.22 ?	Std < 0.35 < 0.35 < 0.22 < 0.24	Manufactured for lower loss throughout for full-spectrum capability
Hydrogen aging performance: Attenuation at 1383 nm after aging in H <sub>2</sub> (dB/km)	≤ <b>0.29</b>	≤ <b>0.31</b>	?	?	< 0.35	Lowest & most stable loss – will not change with time
Mode Field Diameter (μm) at 1310 nm at 1550 nm	9.2 ± 0.4 10.4 ± 0.5		9.2 ± 0.4 10.4 ± 0.8		9.2 ± 0.4 10.4 ± 0.5	AllWave fiber allows for better connections
Fiber PMD (ps/√km) Link Design Value Maximum individual fiber	≤ 0.08 ≤ 0.20		?* 		< 0.08 < 0.20	Lowest cabled fiber PMD for high speed upgrades (even 40 Gb/s)
Fiber Curl (m)	≥ 4		≥ 4		≥ 4	AllWave fiber allows for best-in-class splicing
Cladding Diameter (μm)	125.0 ± 0.7		125.0 ± 0.7		125.0 ± 0.7	
Core/Clad Concentricity (μm)	< 0.5		< 0.5		< 0.5	

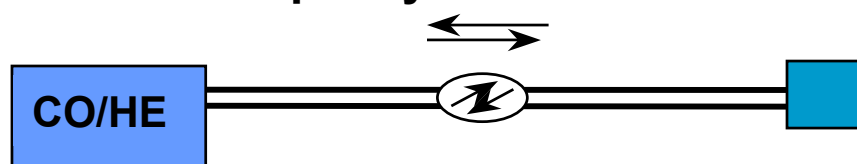
- Per and OFS and Corning® SMF-28® and SMF-28e® datasheet: Individual fiber PMD values may change when cabled.”
- “Corning’s fiber specification supports network design requirements for a 0.5 ps/sqrt(km) maximum PMD.”
- OFS cable supports 0.08 ps/sqrt(km) maximum PMD LDV with a Maximum Individual Fiber of 0.20 ps/sqrt(km), OFS will work with individual cablers to develop cabled fiber specifications.

# Fibras Especiais para Redes Metropolitanas

## Fibras SM ALLWAVE

**AllWave® Fiber FS-CWDM: 16  $\lambda$**

- Double capacity of standard SMF



**SSMF CWDM only 8  $\lambda$**

- More expensive DWDM upgrades

OR

- Pulling new fiber

## Fibras MM LASERWAVE

850 nm ↔ 850 nm

LaserWave™ Fiber enables low cost Laser transmitters.

1490 nm ↔ 1490 nm

1310 nm ↔ 1310 nm

100 Mb/s → 1 Gb/s

- AllWave® Fibra 50% redução fibras e custo, ou maior capacidade
- LaserWave™ Fibra redução custo link distribuição em até 40%



# Fibras Especiais para Redes Metropolitanas

## CWDM – Fabricantes de Equipamentos

*PadTec + Transmode: 16 canais Coarse WDM em  
enlace de 60km de fibra AllWave ®*

**Padtec**  
Optical Components and Systems

**TRANSMODE**

*Finisar*

  
**LuxN**  
enlighten your network

**Luminent**  
Bringing Communications to Light™

 **MOTOROLA**

  
**MRV**  
Communications, Inc.

# Fibras Especiais para Redes Metropolitanas

---

TrueWave® **RS** Fiber



*Leading Optical Innovations*

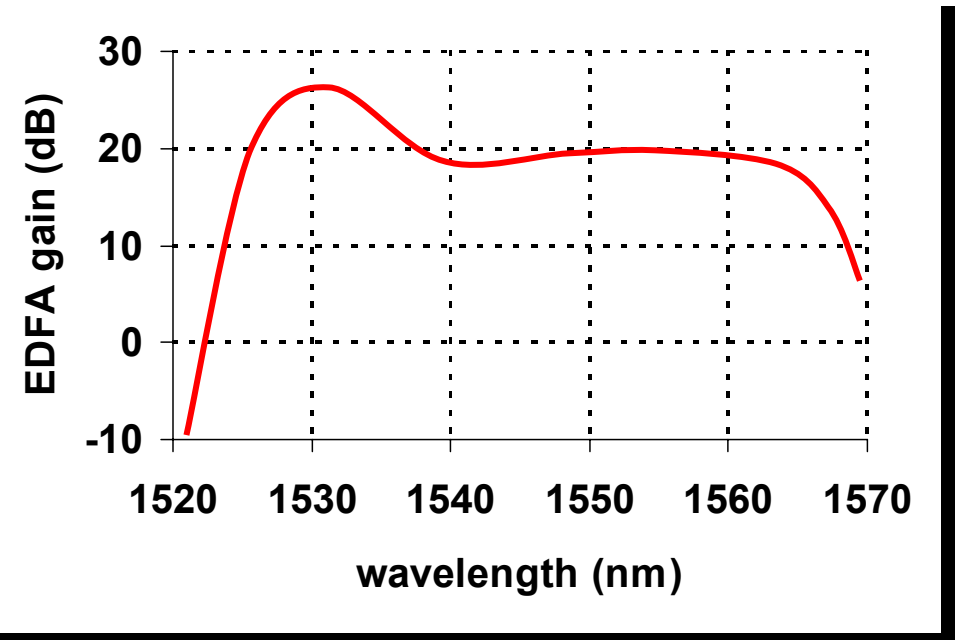
- Fibra tipo **NZD** (NonZero Dispersion)
- Primeira fibra otimizada para “Long Haul” e redes metropolitanas
- Permite DWDM em banda C (1530 – 1565nm) e L (1565 – 1625nm)
- NZDF : evita custos de compensação DC em 2,5 ou 10 Gb/s
- RS – “Reduced Slope” :  $\leq 0,05 \text{ ps/nm}^2.\text{km}$
- Atinge 10 Gb/s em sistemas 1310nm
- Permite up-grade para 40 Gb/s
- Normatizada conforme ITU-T G.655 e ABNT 14604

# Fibras Especiais para Redes Metropolitanas

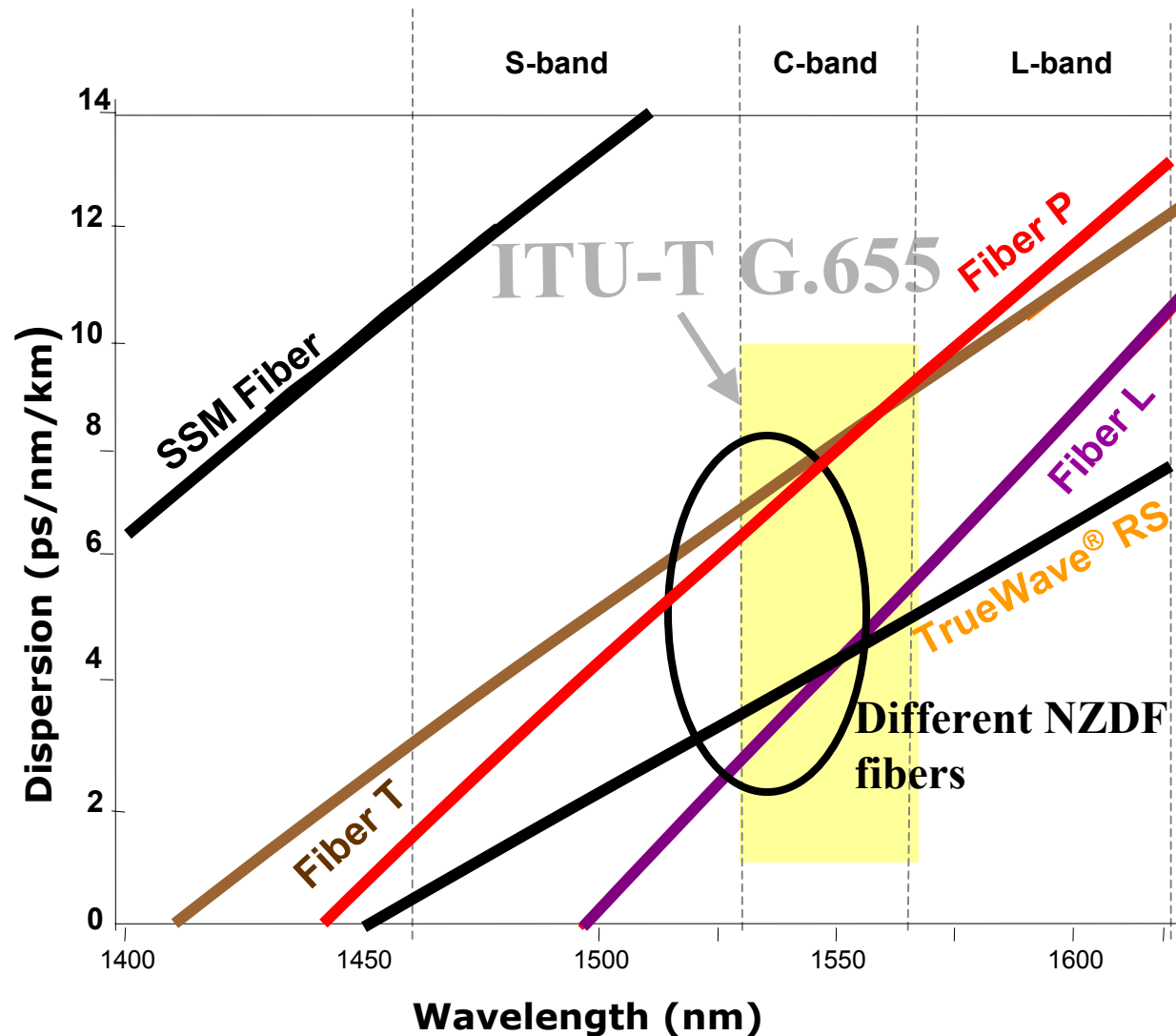
## TrueWave<sup>®</sup> *R<sub>S</sub>* Fiber

O conceito de fibra “non-zero dispersion-shifted” é simples:

O comprimento de onda de dispersão zero é movido para fora dos limites de operação de banda de ganho do EDFA, efetivamente re-introduzindo uma quantidade controlada de dispersão no sistema (minimiza efeito não-linear FWM)



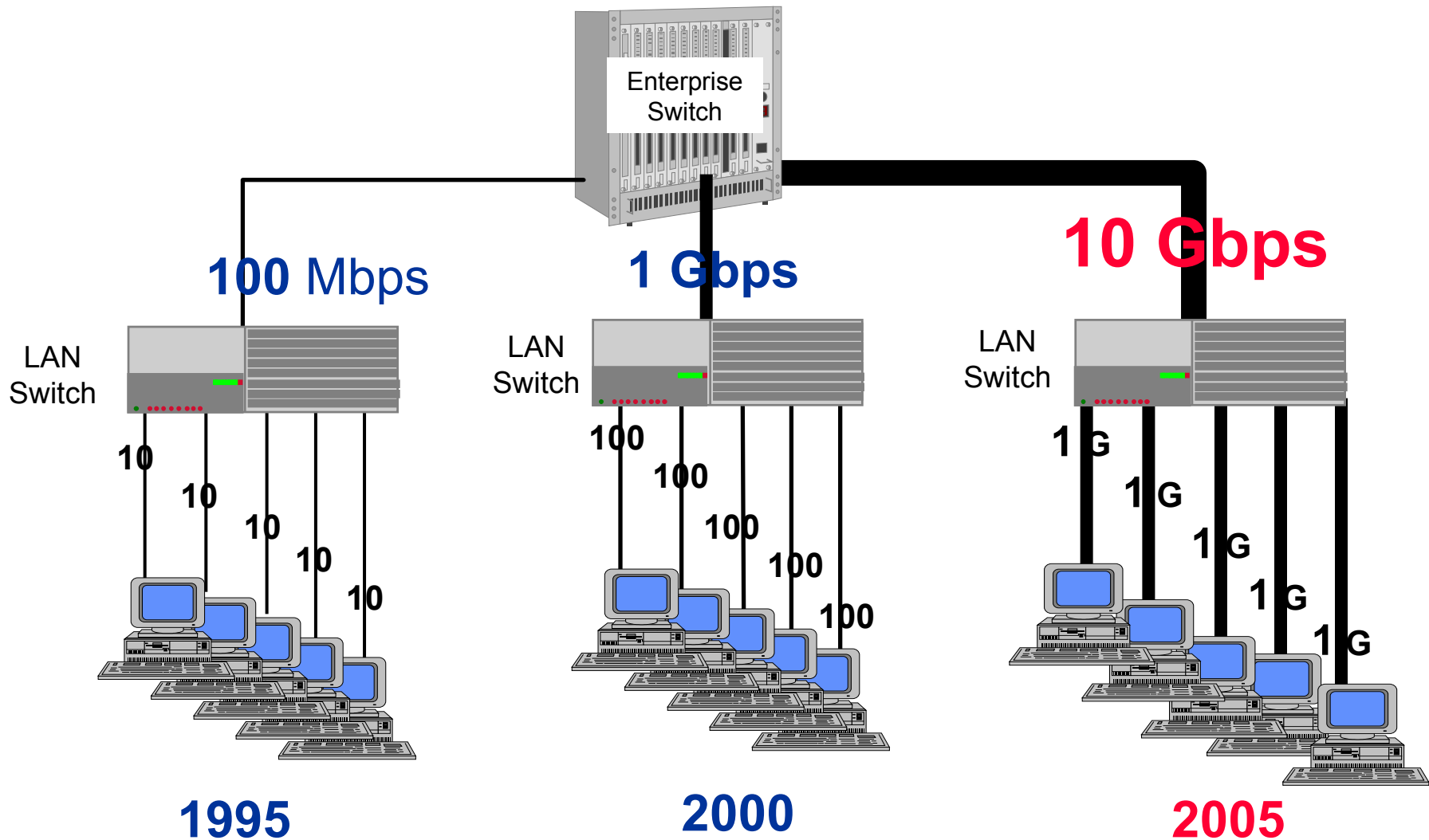
# Fibras Especiais para Redes Metropolitanas



	$A_{eff}$	Slope
Fiber L	High	High
Fiber T	Medium	Medium
Fiber P	Medium	Medium
TW- RS	Medium	Low

# Fibras Especiais para Redes Locais (LAN)

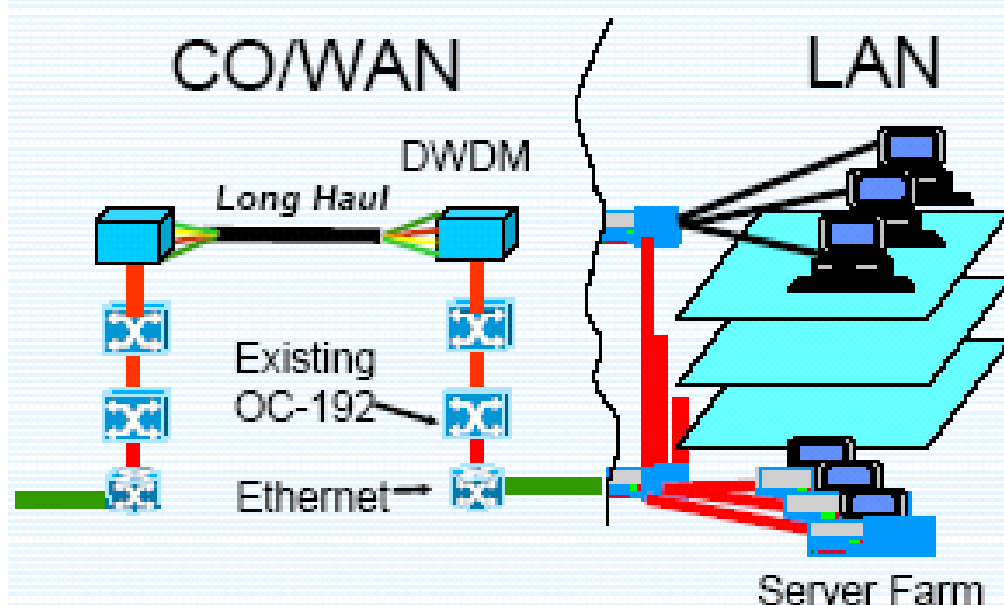
**LAN: 1G to Desk → 10G in Backbone**



# Fibras Especiais para Redes Locais (LAN)

## 10 Gigabit Ethernet (IEEE 802.3)

- Extends low cost Ethernet Technology to 10 Gb/s
- LAN Phy (Physical Layer) supports LAN connections – R suffix
- WAN Phy supports 10 GbE interface to OC-192/STM-64 – W suffix



### Short Reach – MMF

10GBASE-SR/SW	300 m
10GBASE-LX4	300 m
10GBASE-LRM	220 m
<i>(early draft, under study)</i>	

### Long Reach – ITU G.652D SM

10GBASE-LR/LW	10 KM
10GBASE-LX4	10 KM
10GBASE-ER/EW	40 KM



# Fibras Especiais para Redes Locais (LAN)



Leading Optical Innovations

<b>Product</b>	<b>Application</b>	<b>Standards Support Examples</b>
<b>62.5</b> <b>50</b> <b>100/140</b>	10 Mb/s, 100 Mb/s	IEEE 802.3 (100BASE-FX, 10BASEFL) TIA (100BASE-SX)
<b>Laser Optimized 50</b> <b>Laser Optimized 62.5/62.5XL</b>  LaserWave™ <b>G+</b> Fibers	1 Gb/s & Legacy	IEEE 802.3 (1000BASE-SX, -LX) Fibre Channel (FCPI 850, 1310 nm)
LaserWave™ <b>550</b> <b>300</b> Fibers	10 Gb/s & Legacy	IEEE 802.3 (10GBASE-S) Fibre Channel (10GFC) OIF (VSR-4-04, VSR-5)

# Fibras Especiais para Redes Locais (LAN)

<i>Ethernet</i>	<i>NOME COMERCIAL</i>	<i>DIÂMETRO (microns)</i>	<i>JANELA TRANSMISSÃO (nm)</i>	<i>DISTÂNCIA MÁXIMA (m)</i>
1 Gb/s	GigaGuide 50	50	850	600
			1300	600
	GigaGuide 50 XL	50	850	600
			1300	2000
	Laser Optimized 62,5	62,5	850	300
			1300	550
	Laser Optimized 62,5 XL	62,5	850	500
			1300	1000
	LaserWave G+	50	850	750 (1 Gb/s) 150 (10 Gb/s)
			1300	600 (1 Gb/s)
10 Gb/s	LaserWave 300	50	850	330
			1310	300
	LaserWave 550	50	850	550
			1310	300

# Fibras Especiais para Redes Locais (LAN)

2000 Northeast Expressway  
Suite # 8030  
Norcross, GA 30071

770-798-4292 tel  
770-798-2633 fax  
keesee@ofsoptics.com

John Keesee  
Senior Product Marketing Manager, Optical Fiber Cable



September 27, 2004

To Whom It May Concern:

OFS, formerly Lucent Technology's Optical Fiber Solutions division, developed the Laser Optimized 50um (also known as OM3 fiber). Lucent/OFS was involved in the standardization of this product in IEEE, TIA and IEC. OFS's LaserWave™ 300 fiber meets TIA-492-AAACb and IEC-60793-2-10 fiber specifications to support 10Gb/s operation at 850nm Serial up to 300 meters. In fact it exceeds these specifications on many parameters and is assured a 100% Functional System Reliability.

OFS has manufactured and sold outside plant and premises, or indoor, cable containing LaserWave 300 fiber to over 15 customers, including Systemax Solutions (formally known as Avaya), CommScope, Major Custom Cable, and North American Interconnect. These tight-buffered fiber premises cable products include our 1.6 mm MiniCord® and 3 mm interconnect cordage, our AccuMax® distribution cable, and our AccuDry™ indoor/outdoor cable.

For further information please feel free to contact me at the above address and phone number.

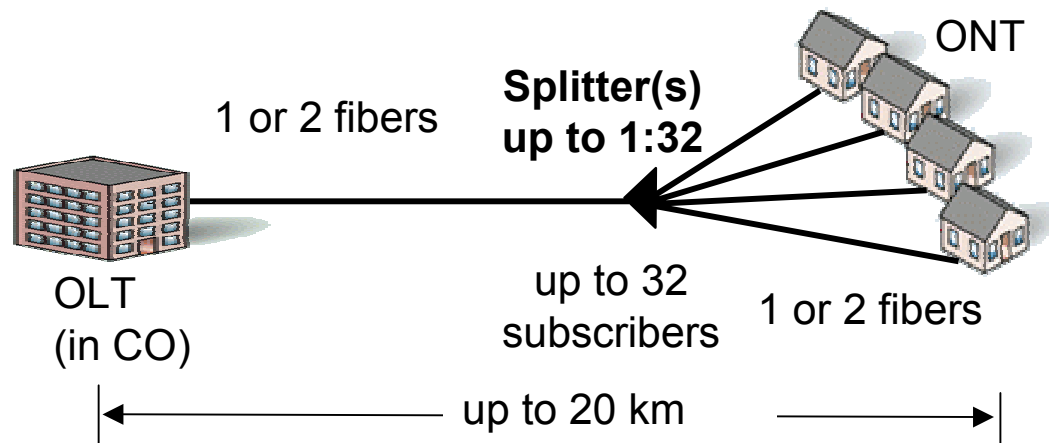
Sincerely,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'John Keesee', is written over the printed name.

John Keesee

# FTTP: Tecnologia de Redes Ópticas Passivas (PON)

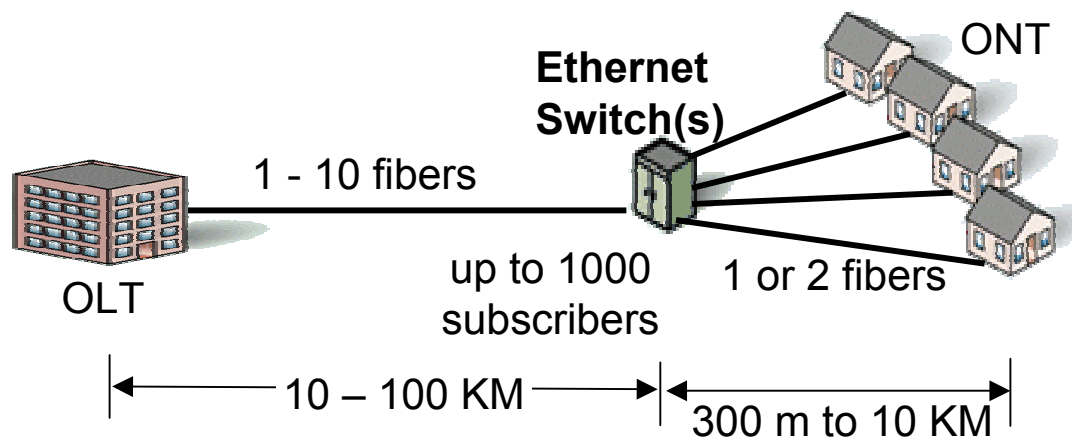
## Passive Optical Network (PON)



### Opções de arquitetura de rede FTTP

- No remote actives
- Low life cycle cost
- Ethernet or ATM
- Voice over TDM or IP
- Data over IP or ATM
- Video over Analog and/or IP
- Shared bandwidth

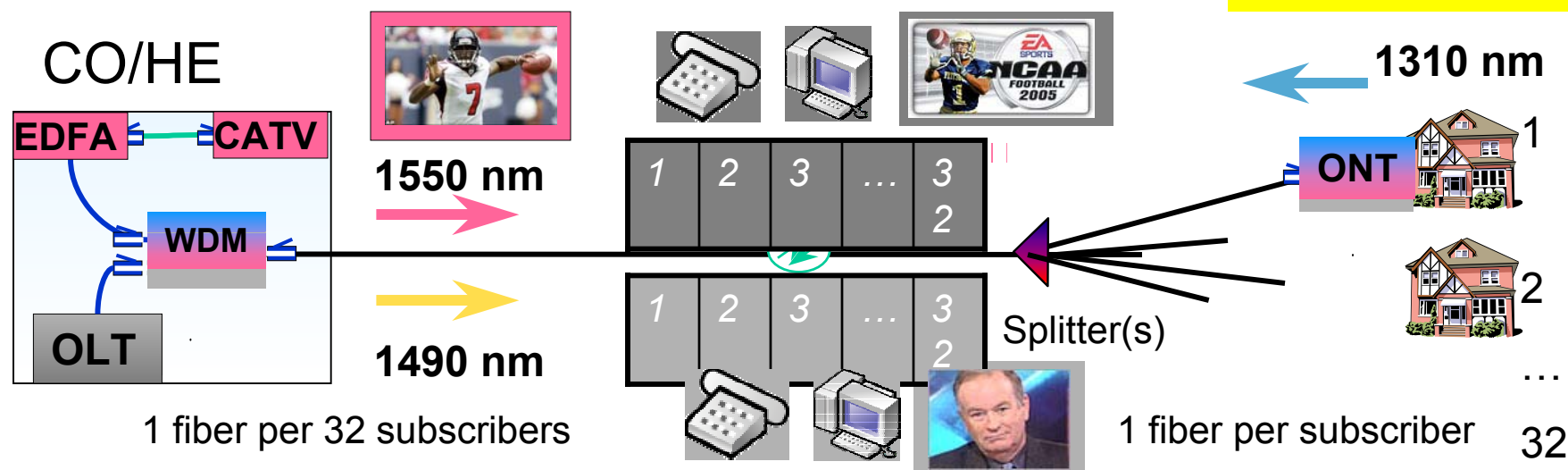
## Point to Point (P2P) Switched Ethernet



- Ethernet end to end
- Low cost ports
- Voice, video, and data over IP
- Dedicated bandwidth if non-blocking architecture used

# FTTP: Tecnologia de Redes Ópticas Passivas (PON)

## Princípios Básicos



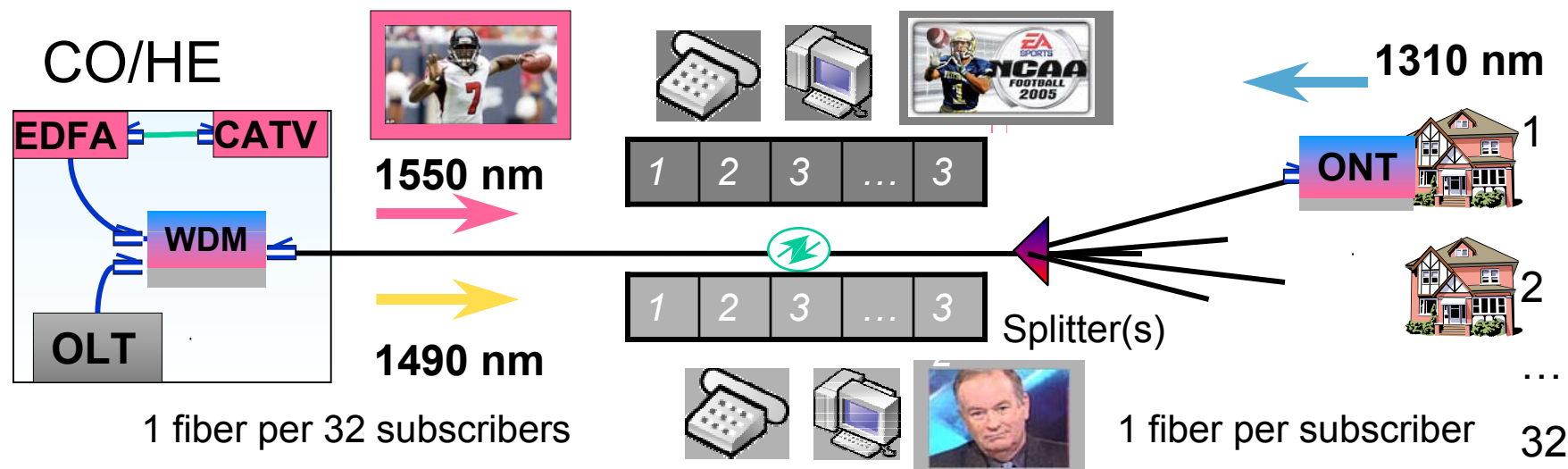
Voice, Data, IP Video  
**TO subscriber - 1490 nm**  
**FROM subscriber – 1310 nm**  
**VERY LOW POWER**

**BPON, EPON, GPON**  
Same wavelength plan as  
described here

**Optional Broadcast Video CATV service to subscriber – 1550 nm**  
**Analog + Digital – High Power**  
**Digital only (the future) – Lower Power**

# FTTP: Tecnologia de Redes Ópticas Passivas (PON)

GPON – Gigabit capable Passive Optical Network – ITU G.984.2



## Voice, Data, IP Video

- **1.2 or 2.4 Gb/s downstream**
- **155 MB/s – 2.4 Gb/s upstream**
- Bandwidth shared
- ATM or Ethernet Protocol

## Reach and Split Ratio

- 20 KM reach with low loss system
- 60 KM possible without analog video
- 1:32 typical, 1:64 possible

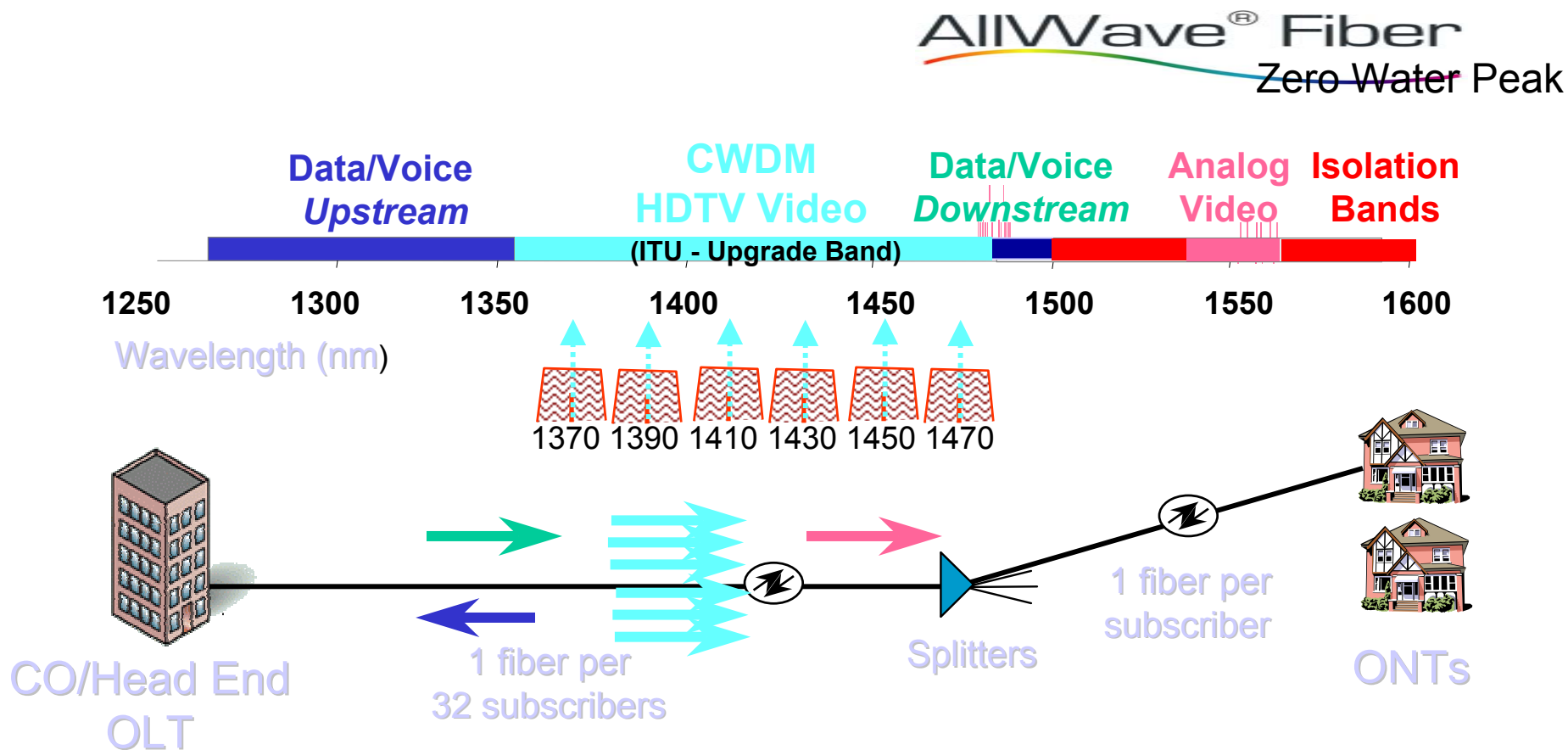
## Broadcast Video Option (not in std)

- **CATV Analog + Digital Channels**

## Fiber Type Included

- ITU G.652D

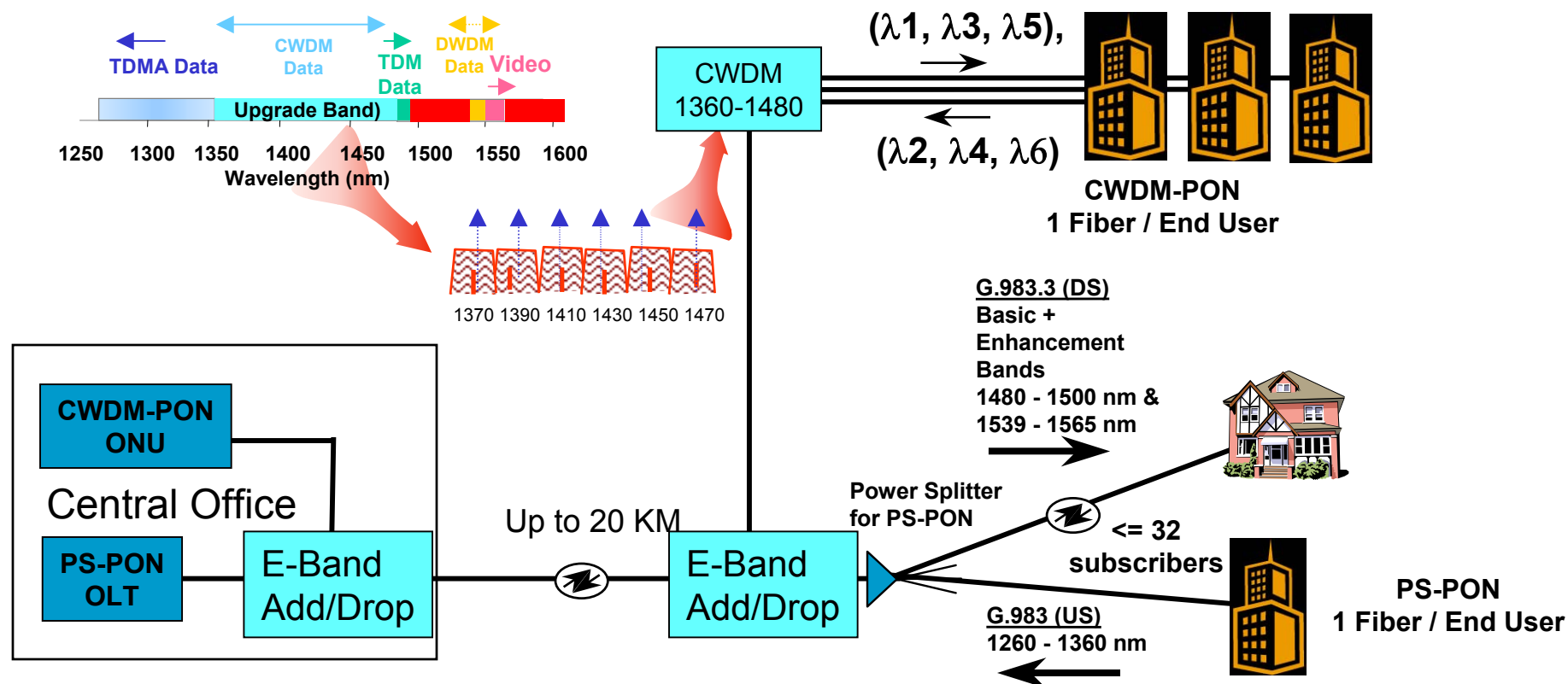
# FTTP: Tecnologia de Redes Ópticas Passivas (PON)



- HDTV digital video: upgrade em rede PON 1 Gbps já existente
- Adicional de até 6 canais CWDM em 1 – 2.5 Gbps cada
- Opera em BPON, EPON ou APON.

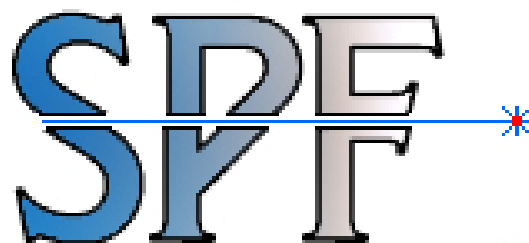


# FTTP: Tecnologia de Redes Ópticas Passivas (PON)



- **CWDM: custo 40% inferior a DWDM**
- **CWDM-PON: 1360 – 1480nm para  $\lambda$  individuais (“Premium services”)**





Sociedade Produtora de Fibras Ópticas S.A.

**São Paulo, 01 de Fevereiro de 2005** - A **Pirelli Telecomunicações Cabos e Sistemas do Brasil S.A.** e a **Furukawa Industrial S.A. Produtos Elétricos** formaram uma joint venture para a fabricação de fibras ópticas.

A SPF irá oferecer o estado da arte em tecnologia de fibra óptica, com custo/benefício que assegurará preços competitivos. Fabricados com tecnologia nacional, os produtos atendem todos os requisitos do **PPB (Processo Produtivo Básico)**, conforme **Portaria Interministerial MICT/MCT/MC nº 135, de 03.08.1994**.



***OBRIGADO !***

**RENATO FLÁVIO CRUZ  
DTC**

**Telefone: 41-341-4052**

**Fax : 41-341-4141**

**E-mail : [rfcruz@furukawa.com.br](mailto:rfcruz@furukawa.com.br)**