



Estudo de Caso: *Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei, um projeto pioneiro e vanguardista para a internet na Bahia*

FRANCISCO JOSE BADARÓ VALENTE NETO

francisco@itsbrasil.net

IX FÓRUM REGIONAL

<https://regional.forum.ix.br/026-BA/>

QUEM SOU EU ?



Francisco José Badaró Valente Neto

- ❑ **Mestrando em Sistemas e Computação (*Strictu Sensu*)**
- ❑ **MBA em Gestão Política, Planejamento Estratégico e Inteligência Estratégica . MBA em Sistemas e Telecomunicações**
- ❑ **Especialista (*Lato Sensu*) em Sistemas e Computação, Especialista (*Lato Sensu*) em Redes e Telecomunicações.**
- ❑ **Bacharel em Ciências da Computação**
- ❑ **Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas**
- ❑ **Diversas certificações de diversos fabricantes**

- Pesquisador Ativo e Publicador (Redes, Telecomunicações (Otimização e Roteamento) e Blockchain. Professor UniRuy/Wyden-DeVry e Caelis/São Salvador.

- Gerente de Telecomunicações e Treinamento - ITS Brasil



<https://www.linkedin.com/in/franciscobadaro/en>

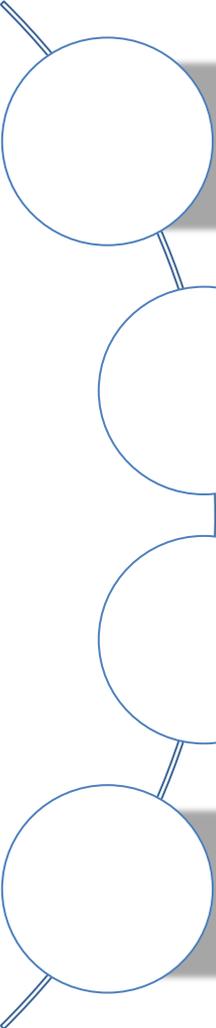


<http://lattes.cnpq.br/0008999030113038>



https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Neto24

AGENDA



1. **Introdução a tecnologia DWDM**

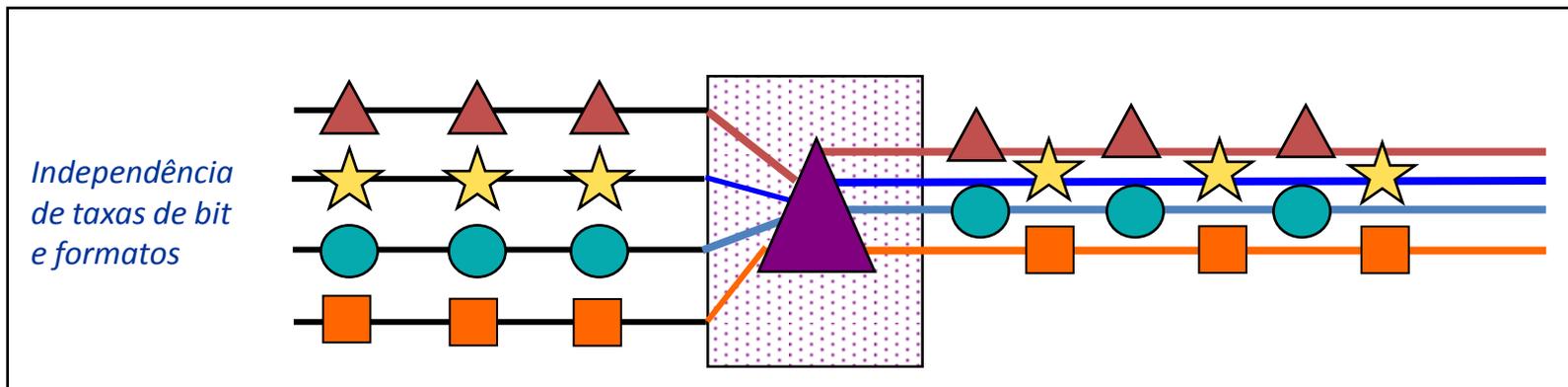
2. Arquitetura DWDM

3. Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM
Huawei

4. Conclusões

Wavelength Division Multiplexing (WDM)

- Uma forma de multiplexação por divisão de frequência (FDM)
- Usa múltiplos comprimentos de onda sobre uma única fibra óptica



- Integra tráfego óptico sobre uma única fibra óptica sob múltiplos canais/comprimentos de onda
- Permite alta flexibilidade em expansão de largura de banda
- Reduz funções de multiplexação e demultiplexação

DWDM = Dense WDM e CWDM = Coarse WDM

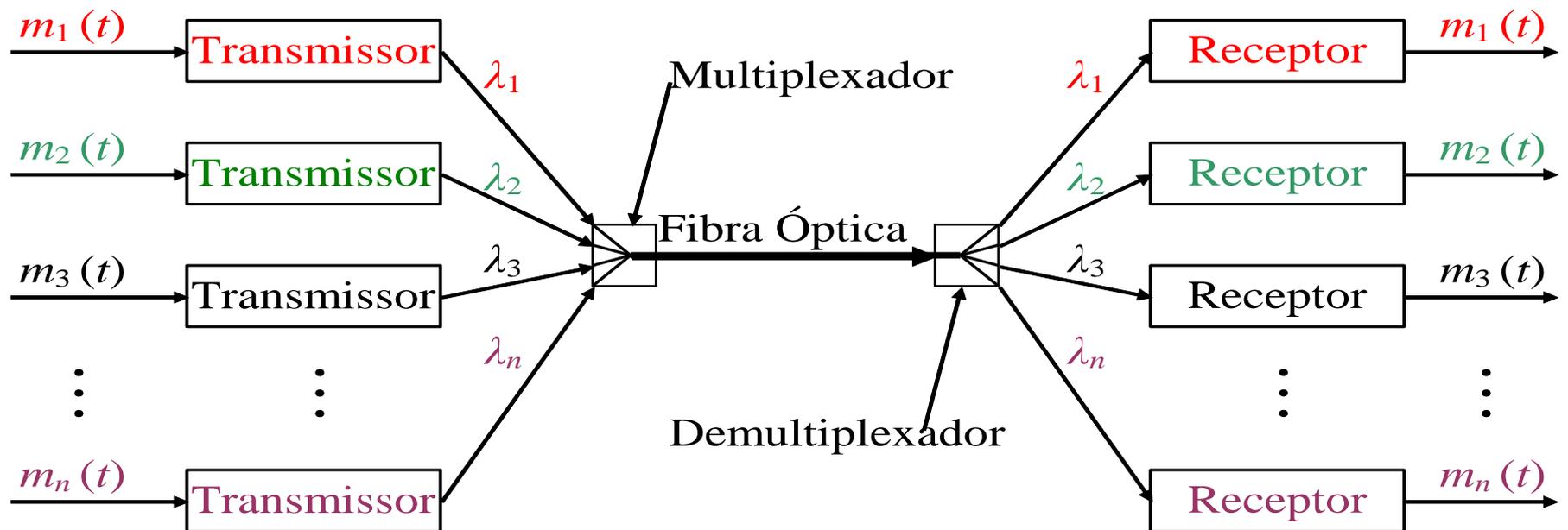
Introdução a tecnologia DWDM



- ✓ O DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing* - multiplexação densa por divisão de comprimento de onda) é uma tecnologia evolutiva que pode combinar dezenas de canais em uma única fibra, economizando fibras e otimizando a transmissão no contexto de número de canais/largura de banda final necessária.
- ✓ O espaçamento convencional entre os canais pode ser de 200 GHz (1.6 nm), 100 GHz (0,8 nm), 50 GHz (0,4 nm), 25 GHz (0,2 nm), podendo chegar até 12.5 GHz (0,1 nm).
- ✓ Padronizado pela normativa ITU G.694.1. e ITU-T G.671 e estendido em diversas outras normas e padrões proprietários.

Introdução a tecnologia DWDM

Segundo a ITU (*International Telecommunications Union, ITU-T G.694.1*), os sistemas DWDM tem até 560 comprimentos de onda. Além disso, foram realizados testes que provaram ser possível a multiplexação de até 1022 canais sob grid de 10ghz [Bell Labs/Lucent Technologies].



Representação do princípio base da arquitetura DWDM

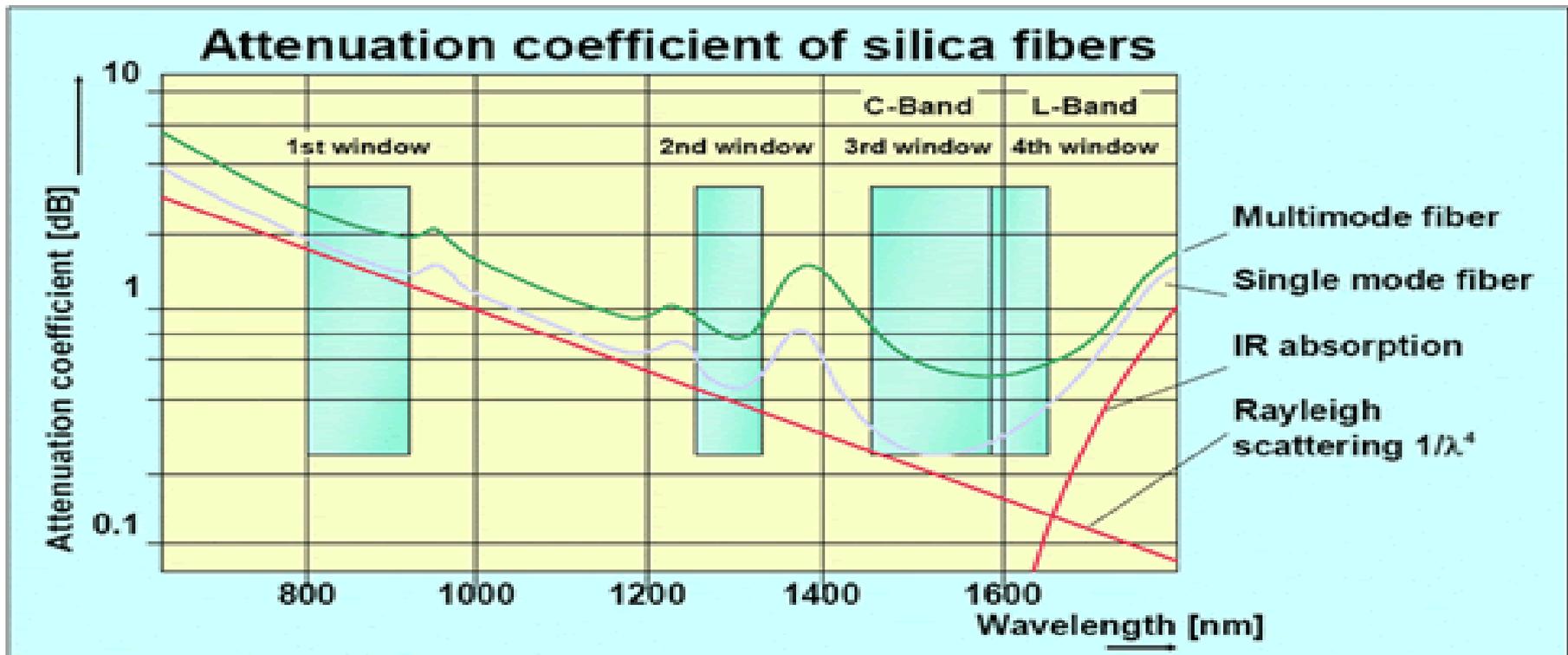
Fibras Ópticas Monomodo

- **Standard Single Mode Fiber (SMF)**
 - Dispersão zero em 1310 nm
 - ITU-T G.652
- **Dispersion-Shifted Fiber (DSF)**
 - Curva de dispersão deslocada para comprimentos de onda superiores para ter dispersão zero em 1550 nm
 - Sistemas ópticos com um λ em 1550 nm
 - ITU-T G.653
- **Non-Zero Dispersion Shifted Fiber (NZDSF)**
 - Uma pequena dispersão é introduzida na janela de 1550 nm para evitar o principal efeito não linear: Four Wave Mixing
 - Sistemas DWDM de longo alcance e com altas taxas de bit
 - ITU-T G.655
- **Zero Water Peak Fiber**
 - Eliminação do pico de água (OH), abrindo a janela toda a janela óptica de 1300 a 1600 nm
 - Ideal para sistemas metropolitanos CWDM
 - ITU-T G.652C

Introdução a tecnologia DWDM

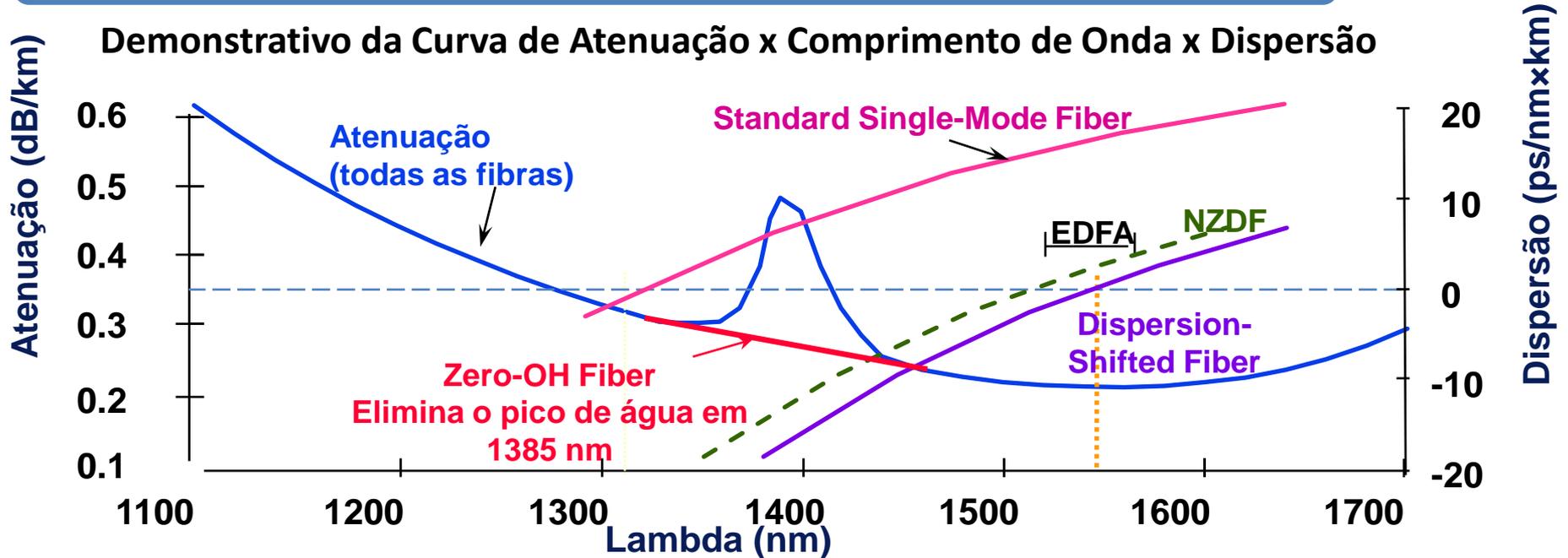
Banda Óptica/Janela de transmissão (Ref: ITU-T G.694.10)

- S λ : Band (Short Band) - 1450 nm ~ 1500 nm [Menos utilizado]
- C λ : Band (Conventional Band) - 1530 nm ~ 1565 nm; [360 canais (12,5 GHz Grid)].
- L λ : Band (Long Band) - 1565 nm ~ 1625 nm; [560 channels (12,5 GHz Grid)].



Representação dos coeficientes

Introdução a tecnologia DWDM



Demonstrativo de Canalização x Banda

Channel spacing in GHz	200	100	50	25	12,5
Channel spacing in nm	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1
Number of available channels (C-Band)	22	45	90	180	360
Number of available channels (L-Band)	35	70	140	280	560

Introdução a tecnologia DWDM

ELEMENTOS TÍPICOS DE UM SISTEMA DWDM

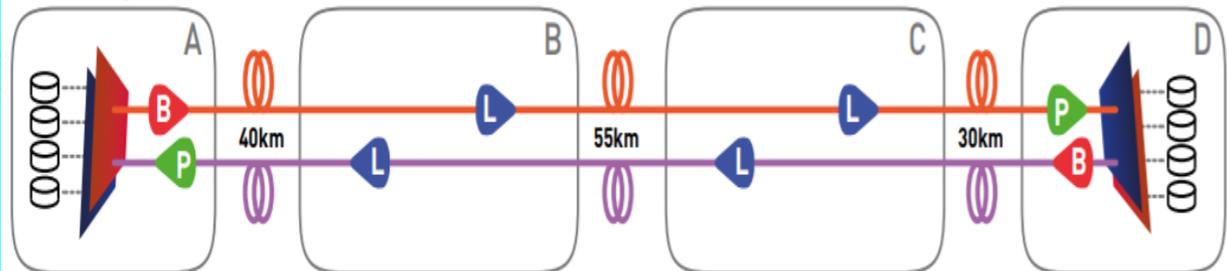
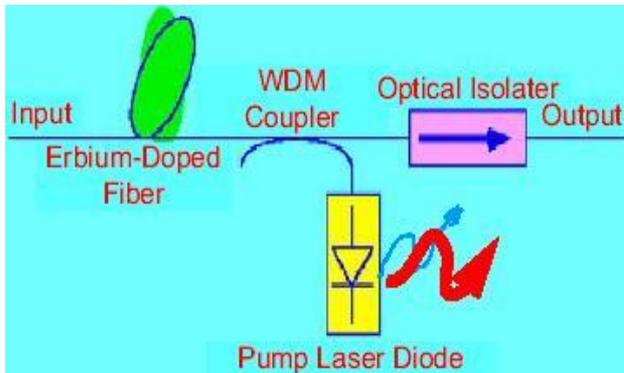
MUX e DEMUX (Multiplexadores e Demultiplexadores)



- ❑ Os sistemas DWDM necessitam de equipamentos capazes de combinar sinais que provêm de várias fontes emissoras, para que sejam transmitidos por uma única fibra. Assim, os multiplexadores convergem sinais de diversos comprimentos de onda em um único feixe em um lado e do outro os demultiplexadores fazem o inverso, estando em um enlace DWDM em direções opostas.
- ❑ Existe um tipo especial de multiplexador denominado add/drop-multiplexer (OADM/ROADM). Estes, além de realizar a função de um multiplexador comum, permite a remoção de um sinal e a inserção de um novo sinal, de mesmo comprimento de onda, em um enlace de transmissão. Deixando passar os outros comprimentos de onda, com uma pequena perda de potência face a derivação. Facilitando assim a evolução dos links ópticos em um sistema DWDM.

Introdução a tecnologia DWDM

ELEMENTOS TÍPICOS DE UM SISTEMA DWDM AMPLIFICADORES ÓPTICOS

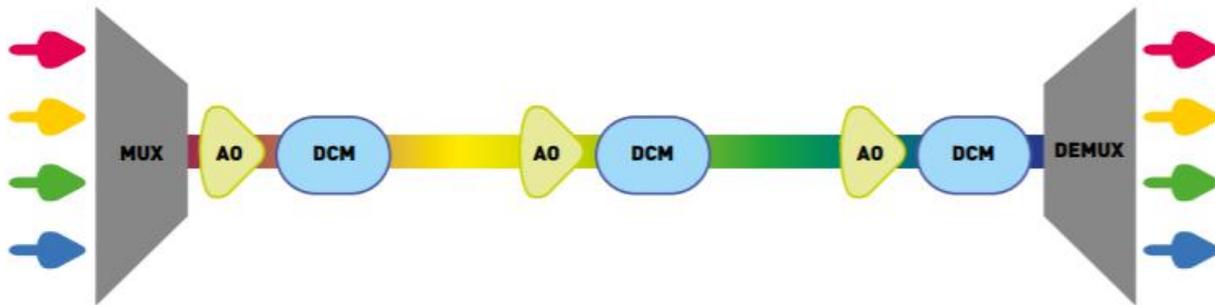
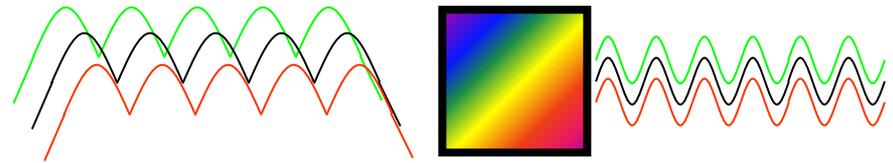


Os amplificadores óticos são dispositivos que têm a finalidade de amplificar um sinal objetivando a regeneração deste.

- **Amplificador Booster/Booster Amplifier (BA)** – Utilizado no começo do enlace, proporcionando aumento de potência. Possui alta potência de saída e baixa sensibilidade de recepção;
- **Amplificador Linha/Line Amplifier (LA)** – Utilizado no meio do enlace, proporcionando complemento de potência. Possui potência de saída e sensibilidade de recepção moderados;
- **Amplificador Pré/Pre-amplifier (PA)** – Utilizado no fim do enlace, proporcionando aumento de potência e sensibilidade de recepção. Possui baixa potência de saída e alta sensibilidade de recepção.

Introdução a tecnologia DWDM

ELEMENTOS TÍPICOS DE UM SISTEMA DWDM COMPENSADORES DE DISPERSÃO CROMÁTICA (DCM)

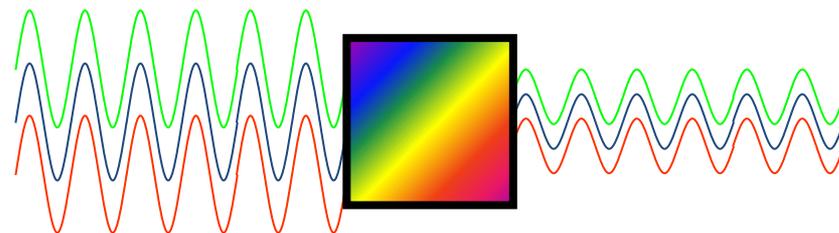
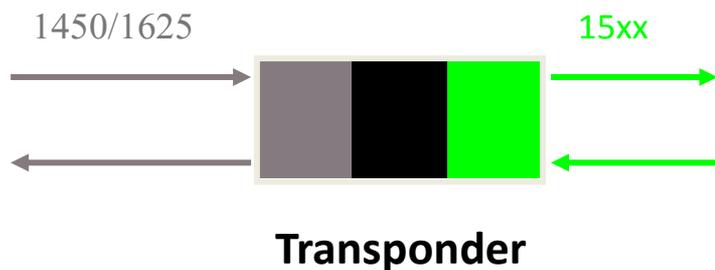


MUX - Multiplexador
DEMUX - Demultiplexador
AO - Amplificador Óptico
DCM - Compensador de Dispersão

A transmissão dos comprimentos de onda não acontece de forma uniforme dentro da fibra, ou seja, frequências rápidas chegam antes que frequências lentas. Isso faz com que o pulso óptico acabe se alargando e conseqüentemente faz com que estes pulsos se sobreponham. Portanto é necessária a utilização de um elemento que compense a largura do pulso disperso, fazendo com que o mesmo volte ao estado original.

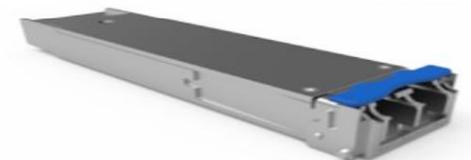
Introdução a tecnologia DWDM

DEMAIS ELEMENTOS TÍPICOS DE UM SISTEMA DWDM



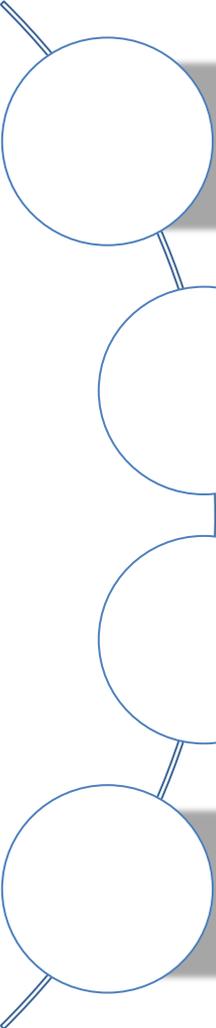
Atenuador Optico (VOA)
Variable Optical Attenuator

Entre outras funções, o **Transponder** tem uma importante: A “**regeneradora 3R**” (*re-amplification, re-shaping, re-timing* de um canal de sinal óptico)



Módulo Óptico

AGENDA

A decorative vertical line on the left side of the slide, composed of four white circles connected by thin lines, with small diagonal tick marks at the top and bottom.

1. Introdução a tecnologia DWDM

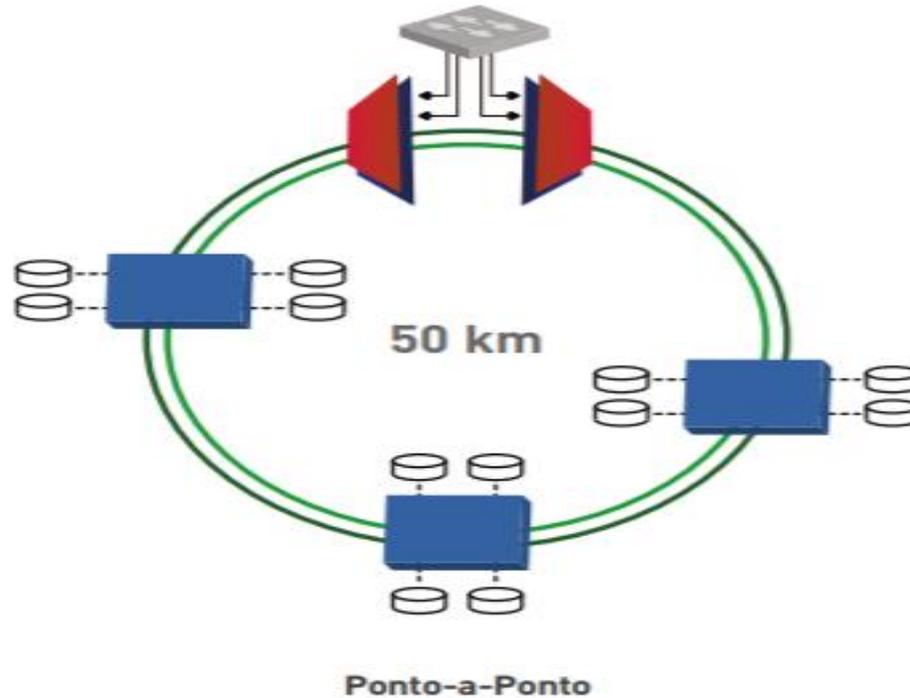
2. **Arquitetura DWDM**

3. Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM
Huawei

4. Conclusões

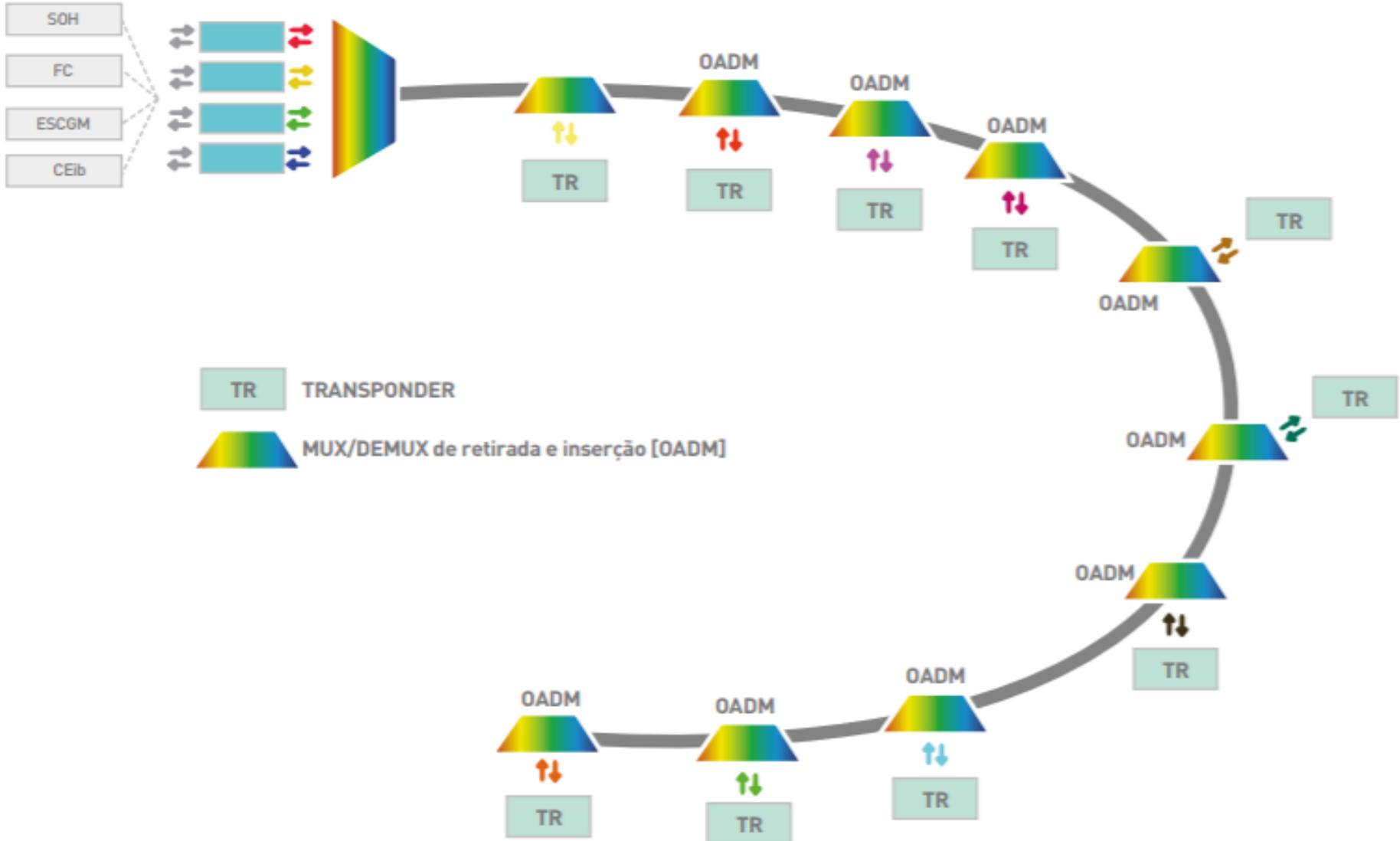
Arquitetura DWDM

TOPOLOGIAS POSSÍVEIS: PONTO A PONTO



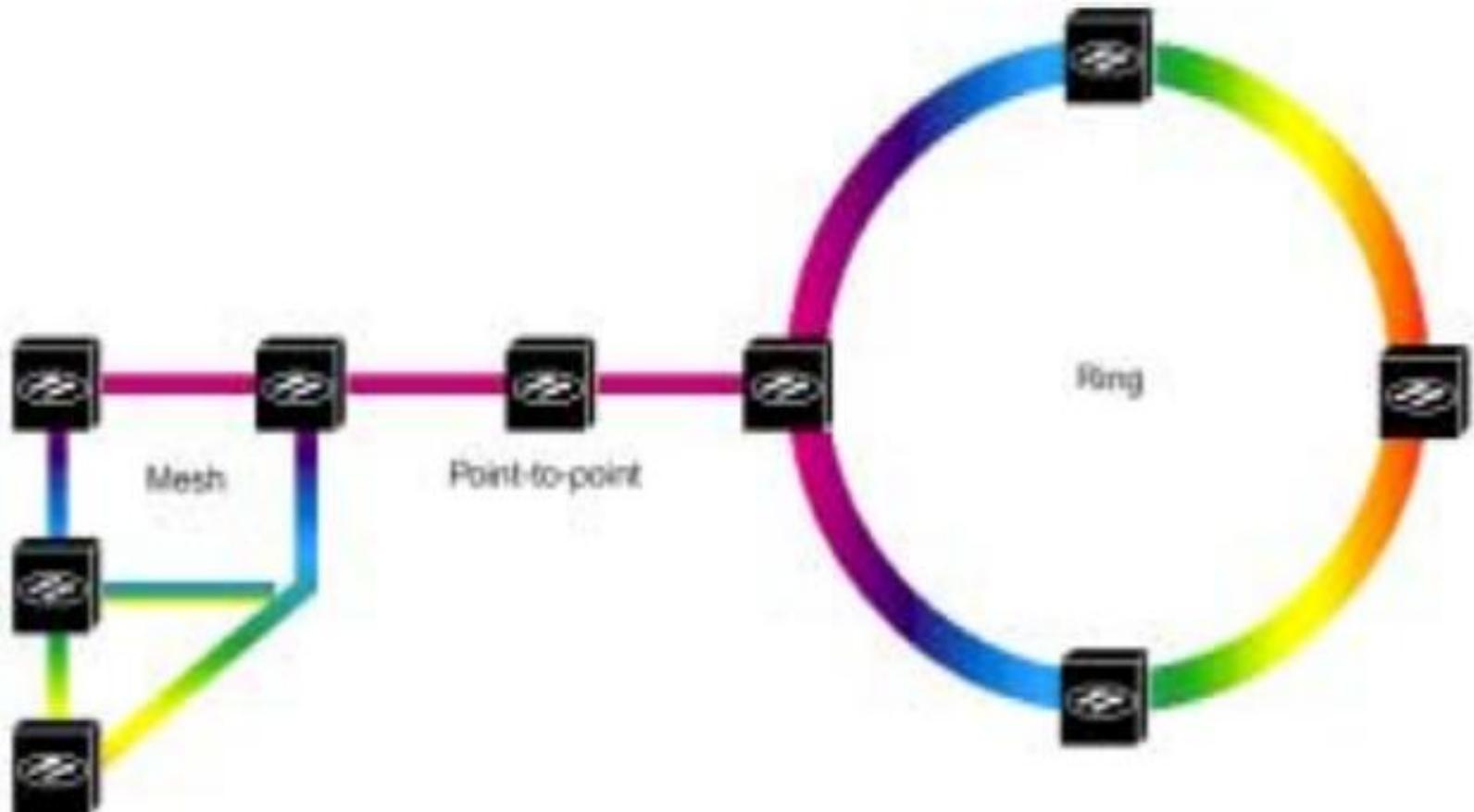
Arquitetura DWDM

TOPOLOGIAS POSSÍVEIS: PONTO MULTI-PONTO



Arquitetura DWDM

TOPOLOGIAS POSSÍVEIS: MESH



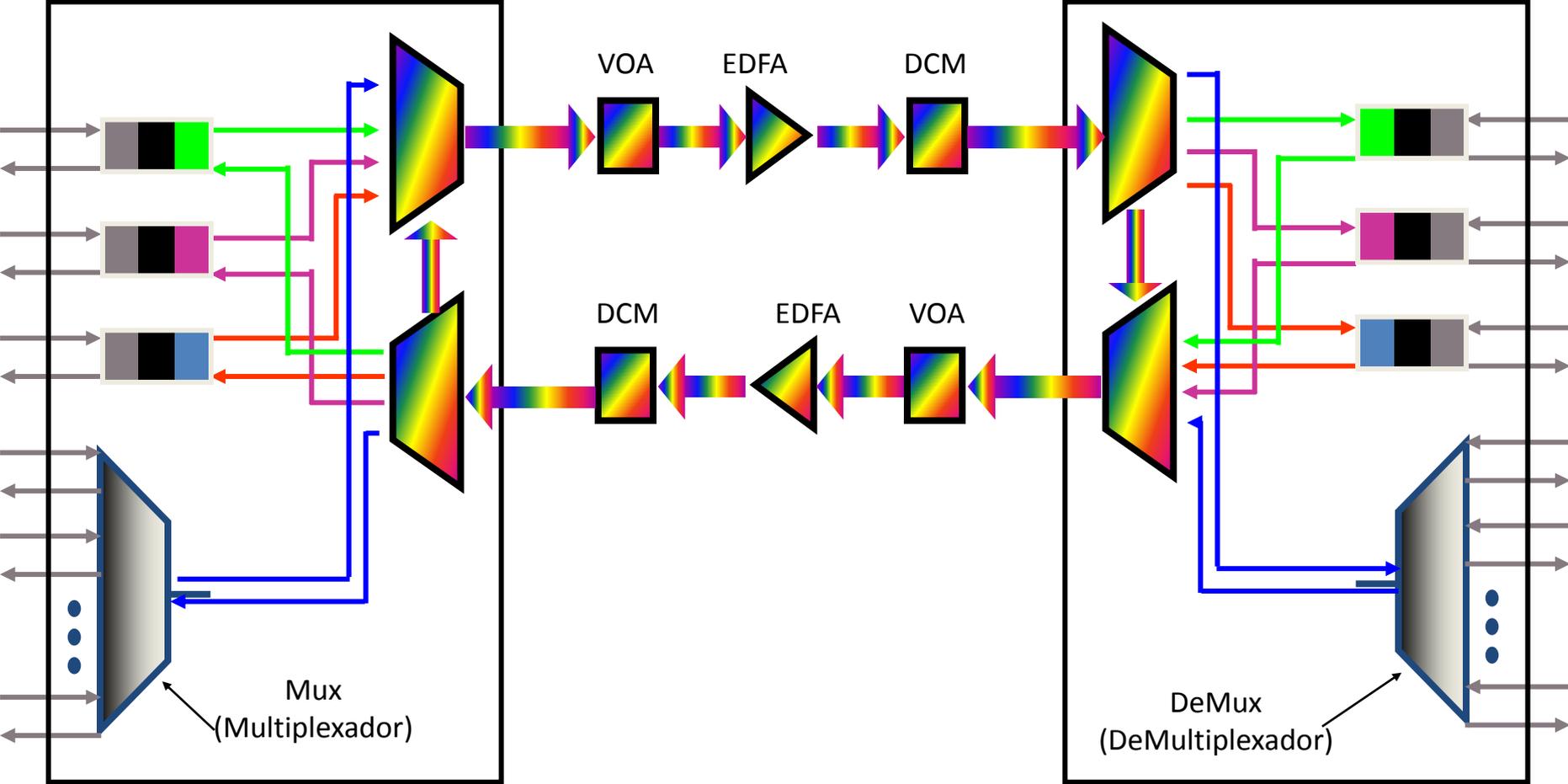
Arquitetura DWDM



ARQUITETURA BASE DWDM

SISTEMA DWDM A

SISTEMA DWDM B



Arquitetura DWDM



Quadros OTN

Ref: ITU-T G.709:

- ***Optical Payload Unit (OPU)***: Consiste do payload do client acrescido do OPU Overhead (OPU-OH), o qual é necessário para mapear o sinal client dentro da OPU;
- ***Optical Data Unit (ODU)***: é a estrutura necessária para transportar o OPU. O ODU consiste do payload do OPU acrescido do ODU Overhead (ODU-OH). O ODU-OH fornece funções de monitoramento da conexão da camada path;
- ***Optical Transmission Unit (OTU)***: condiciona a ODU para a transmissão óptica. Consiste da ODU, mais o OPU Overhead (OTU-OH), mais o bloco Forward Error Correction (FEC). O OTU-OH fornece funções de monitoramento da conexão da camada section;
- ***Optical Channel (OCh)***: várias seções overhead são adicionadas ao sinal de cliente, o qual junto com o FEC forma o Optical Transport Unit (OTU). O OTU é carregado então por um único comprimento de onda como um Optical Channel (OCh);

Arquitetura DWDM

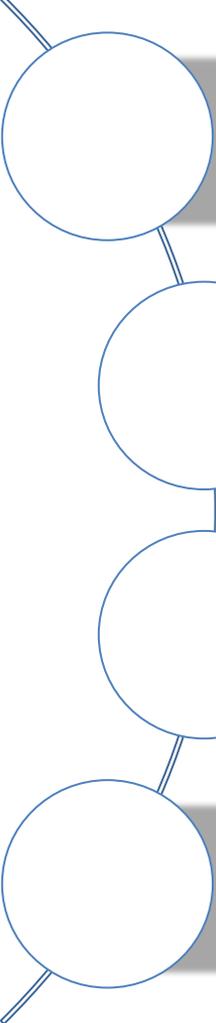


Quadros OTN

Ref: ITU-T G.709:

- ***Optical Multiplexing Sections (OMS)***: Na camada OMS, o payload OMS e o Non-Associated Overhead (OMS OH) são transportados. O payload OMS consiste de OCh's multiplexados. O OMS-OH, embora indefinido neste ponto, suporta a monitoração da conexão e assiste a provedores de serviço na solução e isolamento de falhas na OTN;
- ***Optical Transmission Sections (OTS)***: Na camada OTS, o payload OTS e o OTS Overhead (OTS-OH) são transportados. Similar ao OMS, o OTS transporta as seções multiplexadas opticamente. O OTS-OH, embora não completamente definido, é usado para funções de manutenção e operação.
- ***Optical Supervisory Channel (OSC)***: A arquitetura DWDM oferece um canal de supervisão óptico (OSC) para fornecer a comunicação de gerência entre todos os NE's. O OSC utiliza um comprimento de onda de 1510 nm em ambas as direções de transmissão, fora da banda C e dos amplificadores EDFA. A informação de gerenciamento de enlace e dados de medidas necessários para controle do enlace óptico é trocado entre NE's via Optical Supervisory Channel (OSC), suportando a completa comunicação de OAM&P.

AGENDA



1. Introdução a tecnologia DWDM

2. Arquitetura DWDM

3. **Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei**

4. Conclusões

Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei



ITS - AS28186

Projeto Pioneiro e Vanguardista com a Huawei de DWDM com alta densidade



Plataforma OTN OptiX OSN 9800

<https://e.huawei.com/br/products/fixe-network/transport/wdm/osn-9800>



Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei



ITS - AS28186

Projeto Pioneiro e Vanguardista com a Huawei de DWDM com alta densidade



- ✓ Backbone em Anel DWDM com projeto pioneiro e vanguardista junto a Huawei.
- ✓ Mais de 600km em fibras PRÓPRIAS.
- ✓ Mais de 100km em Fibras de terceiros, em parceria
- ✓ Estamos aptos a atender QUALQUER demanda de transporte, para qualquer tecnologia (ethernet, SDH, PDH ...).

Plataforma OTN OptiX OSN 9800

<https://e.huawei.com/br/products/fixed-network/transport/wdm/osn-9800>

Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei



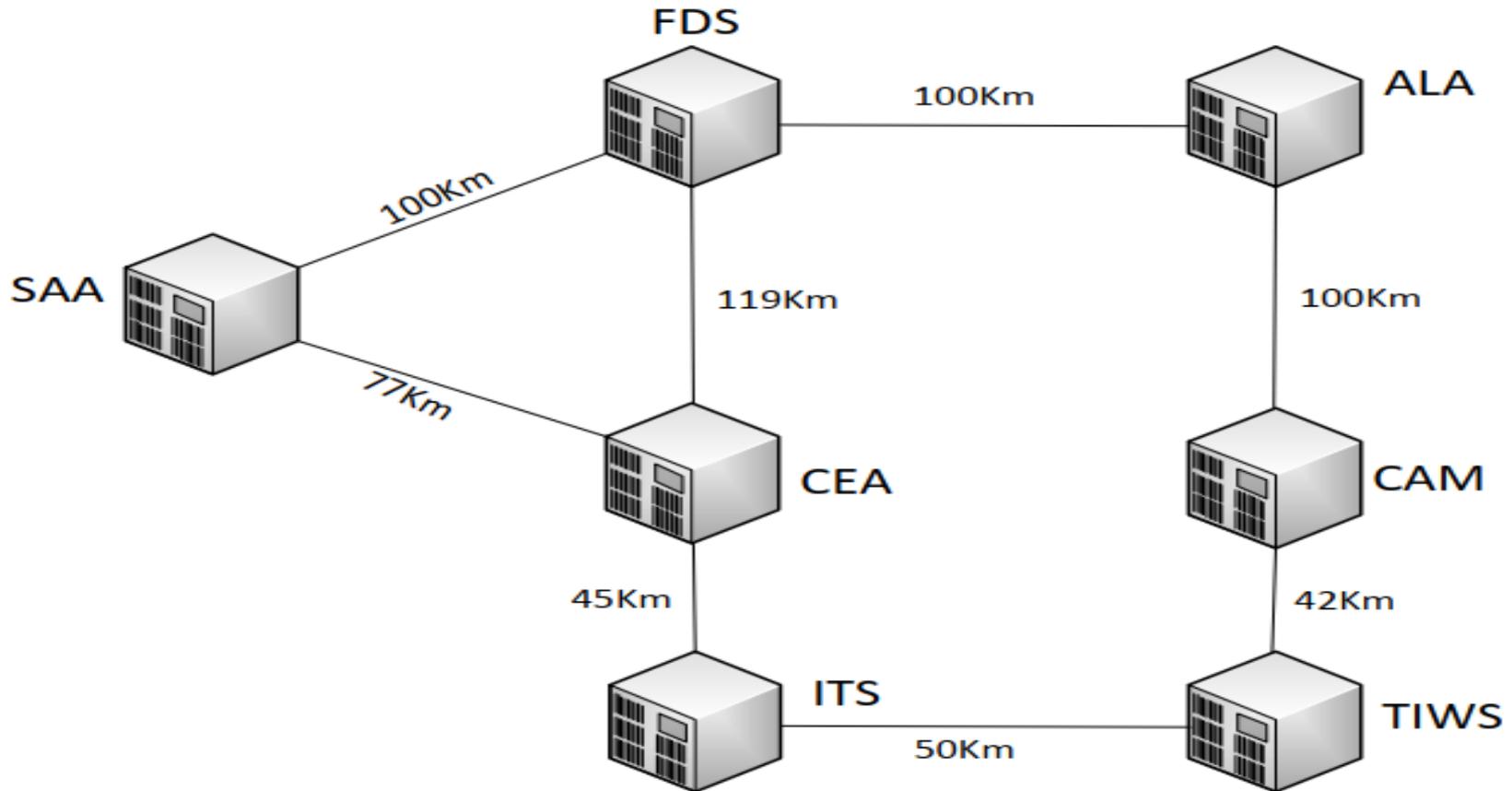
NOSSO DATACENTER, NA SEDE, NO LIZ CORPORATE.



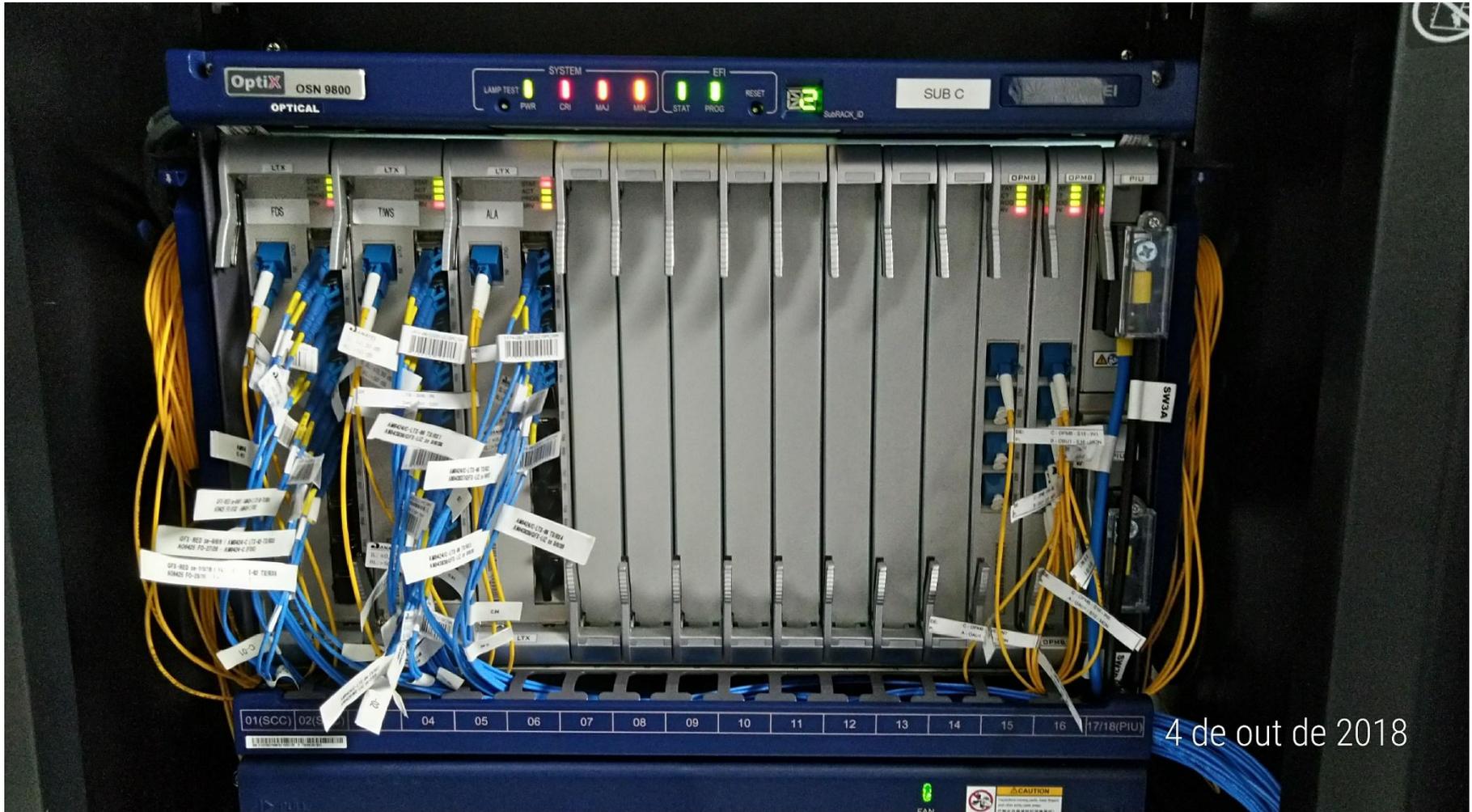
Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei



BACKBONE – DWDM - ITS



Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei



Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei

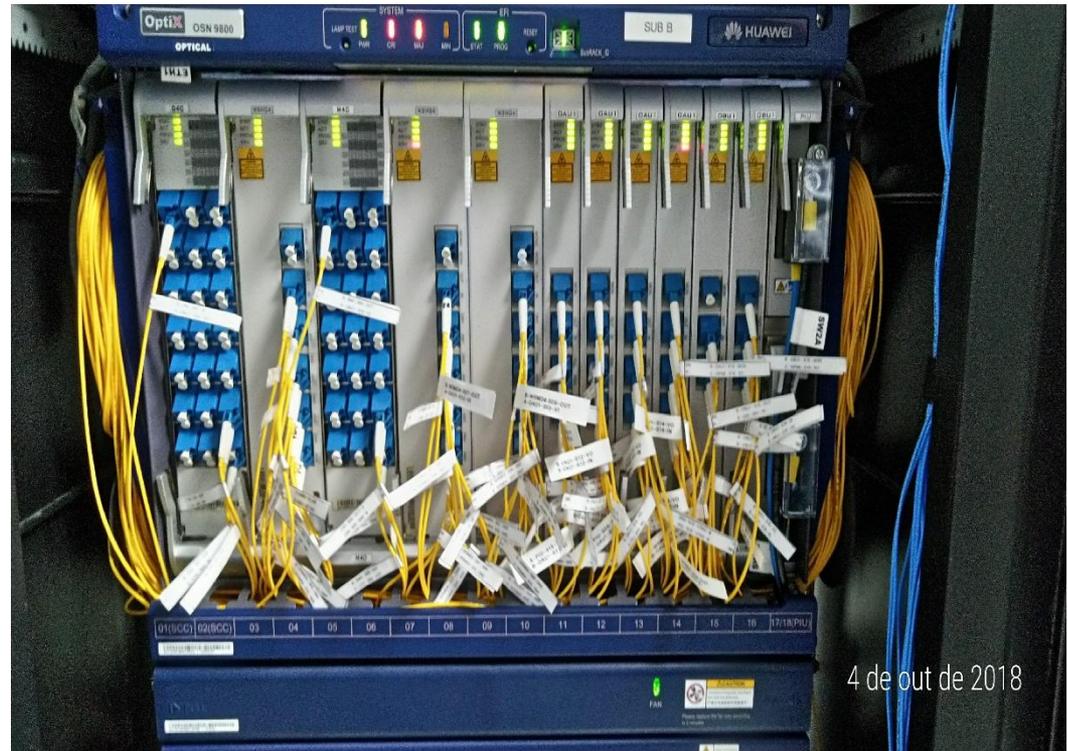


4 de out de 2018



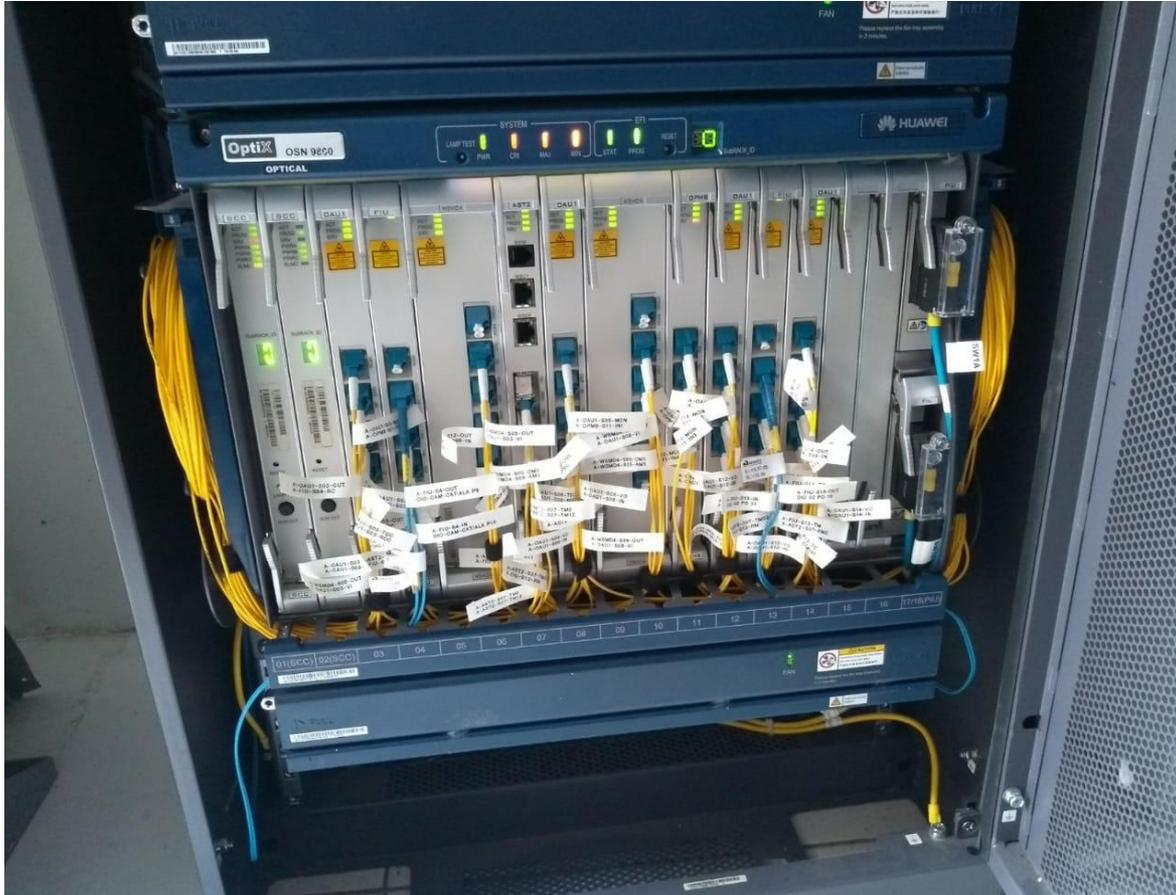
4 de out de 2018

Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei



4 de out de 2018

Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei



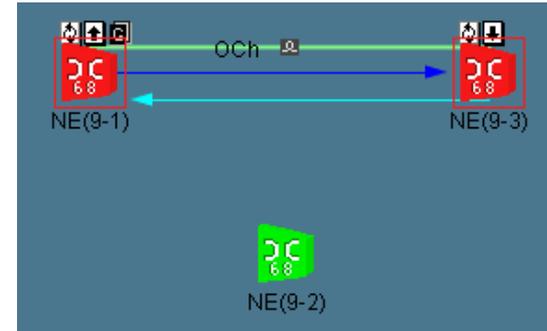
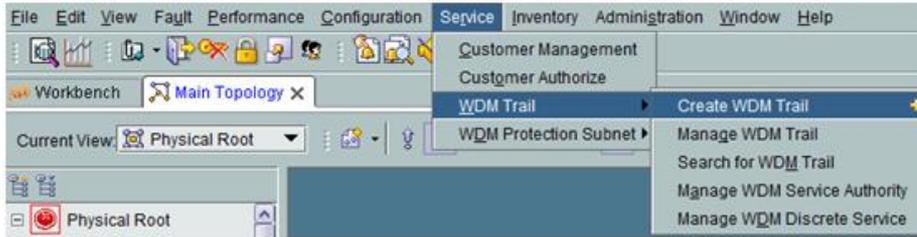
Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei



Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei



Usamos o U2000 para total OAM&P



Current View: Physical Root | 100% | Current Path: Physical Root/ccz

Create WDM Trail

Level: Client | Direction: Bidirectional

Rate: 10GE LAN

SPC first

Source: NE(9-811)-shelf0-1-12OLP-3(TI/RO)-1 | Browse...

Sink: NE(9-812)-shelf0-1-12OLP-3(TI/RO)-1 | Browse...

Protection Settings | General Attributes | **Trail Settings**

Route Constraint

Calculate Route

Auto-Calculation | Specify Route Channel...

Display Physical Route

Calculate Route | Cancel Route Constraint

Activate The Trail

Set optical power after creation | Copy After Creation

Search | Apply | Cancel

ASON Trail Parameter Setting | Port Attribute Settings | Physical Route Information

Server Layer Route Details | Create Cross-Connection

Level ^	Wavelength ^	Source .
WDMFiber	-	NE(9-811)-shelf0-1-12OLP-1(RI1/TO1)
ODU2	-	NE(9-811)-shelf0-2-53TDX(STND)-3(RX1/T
OCh	Colorless	NE(9-811)-shelf0-5-52ND2-1(IN1/OUT1)
WDMFiber	-	NE(9-812)-shelf0-2-53TDX(STND)-3(RX1/T
WDMFiber	-	NE(9-811)-shelf0-1-12OLP-2(RI2/TO2)
ODU2	-	NE(9-811)-shelf0-3-53TDX(STND)-3(RX1/T
OCh	Colorless	NE(9-811)-shelf0-4-52ND2-1(IN1/OUT1)

No.0, Total: 8, Selected: 0

AGENDA



1. Introdução a tecnologia DWDM

2. Arquitetura DWDM

3. Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM
Huawei

4. **Conclusões e Agradecimentos**

Conclusões



- ❑ Os sistemas ópticos baseados na tecnologia DWDM, hoje se apresentam como uma excelente solução baseada em óptica para atender às principais demandas das redes de telecomunicações que demandam de altíssima capacidade escalar de transmissão, alta disponibilidade e flexibilidade.
- ❑ WDM possui uma série de variações como o CWDM, o DWDM e o WWDM. Futuramente teremos também o U-DWDM, que irá multiplexar centenas de comprimentos de onda em apenas uma fibra, alcançando taxas de transmissão na ordem de Tb/s.
- ❑ Irei convidar a Huawei (Time de Engenharia) à personalização do plano de controle ASON (encapsulado pelo U2000), para extensão do meu projeto de pesquisa, para otimização de redes.

Referências (Algumas)

- IEEE P802.3ba – 40 Gb/s and 100Gb/s Ethernet Task Force
- ITU-T SG15 - OTU4
- OIF inter-domain control plane interface specifications [UNI 1.0R2] [E-NNI SIG] [oif2007.351]
- ASON standards [G.8080] [G.8080] [G.7713] [G.7713.1] [G.7713.2] [G.7713.3]
- ITU–T G.709 Interfaces for the Optical Transport Network (OTN)
- ITU–T G.798 Characteristics of optical transport network hierarchy equipment functional blocks
- ITU–T G.692 Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers
- ITU–T G.872 Architecture of optical transport networks
- Huawei: <https://e.huawei.com/br/products/fixed-network/transport/wdm/osn-9800> E <https://support.huawei.com/enterprise/productNewOffering?docType=DOCTYPE10&tab=doc&pid=7905372&lang=en>
- E a documentação confidencial Huawei.

AGRADECIMENTOS



MUITO OBRIGADO

A ITS Brasil por fomentar e incentivar a pesquisa acadêmica e o desenvolvimento interno dos seus colaboradores.

Ao nic.br pela oportunidade, é uma parceria onde bons frutos virão.

FRANCISCO JOSE BADARÓ VALENTE NETO

francisco@itsbrasil.net