

# Redes Ópticas

## Proteção, Confiabilidade e Sobrevivência de Serviços

Felipe Rudge Barbosa  
[rudge@dsif.fee.unicamp.br](mailto:rudge@dsif.fee.unicamp.br)

LTF-FEEC-Unicamp  
Maio-Junho 2018



## Proteção em Redes Ópticas de Transporte e Acesso

### Foreword...

- Devido a suas características próprias e evolução dos sistemas e tecnologias, as **Redes Ópticas de Transporte e Acesso** constituem-se na **melhor opção** para as mais **altas capacidades** em todas as redes de comunicações (TV, telecom, computadores):
  - o menor **custo/bit** e **custo/assinante**;
    - ⇒ *apesar elevado custo de equipamento e instalação;*
  - total disponibilidade de multiserviços;
  - máxima segurança e privacidade;
  - alta confiabilidade e estabilidade;
  - total isolamento e muito longa permanência;
- **Custo adicional de proteção aumenta confiabilidade da rede e garante disponibilidade serviços, permite maior fluxo de receita (e conseqüente lucro \$\$)**, sem interrupção!
  - *(reliability, availability, profitability) ...*



## Natureza & Extensão das Redes

=> proteção espacial (localização)



## Proteção e Segurança

Serviços FE e FL -

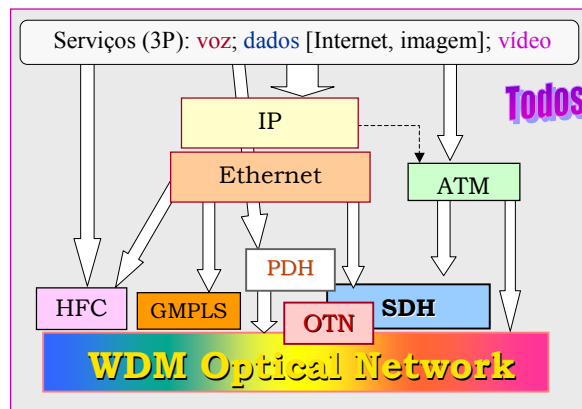
3P = triple play ou Quadri-play

☞ voz é telefonia há 120 anos !!

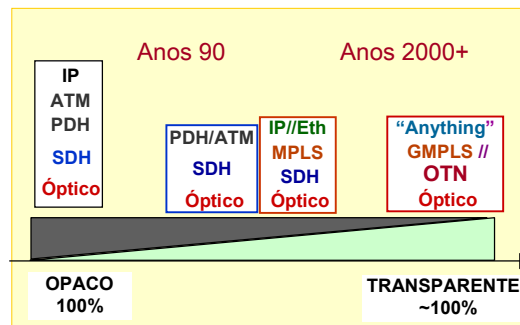
Serviços

Transporte  
(protocolos,  
interfaces,  
sinalização,  
controle)

Rede óptica



## Transparência do Transporte --

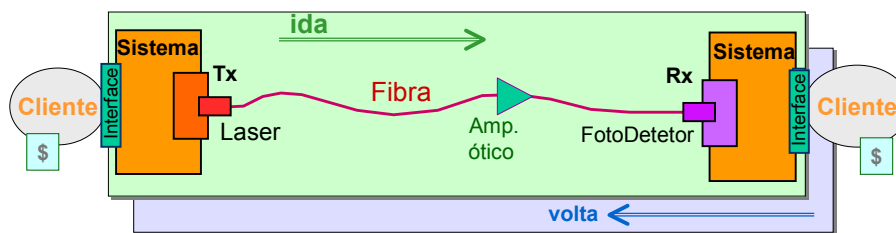


Necessidade de Protocolos mais rapidamente adaptáveis à demanda de **transparência** crescente na **Rede Transporte Ótico**

*Como garantir estruturas de **proteção** aos serviços ?*



## Enlace (link) Óptico



**Transmissor (Tx)**  
• Laser Semicondutor; Led

**Amplificador Ótico & Elementos passivos**

**Sistemas e WDM**

**Receptor (Rx)**  
• Fotodetor PIN; APD

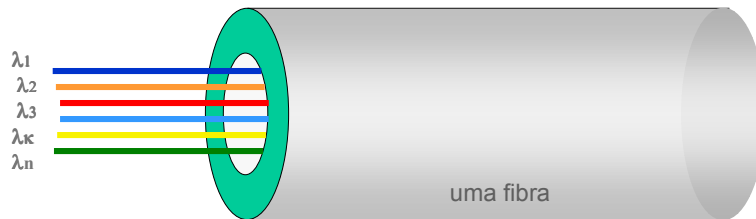
**Cabos Óticos**

- Fibra Monomodo
- Fibra Multimodo



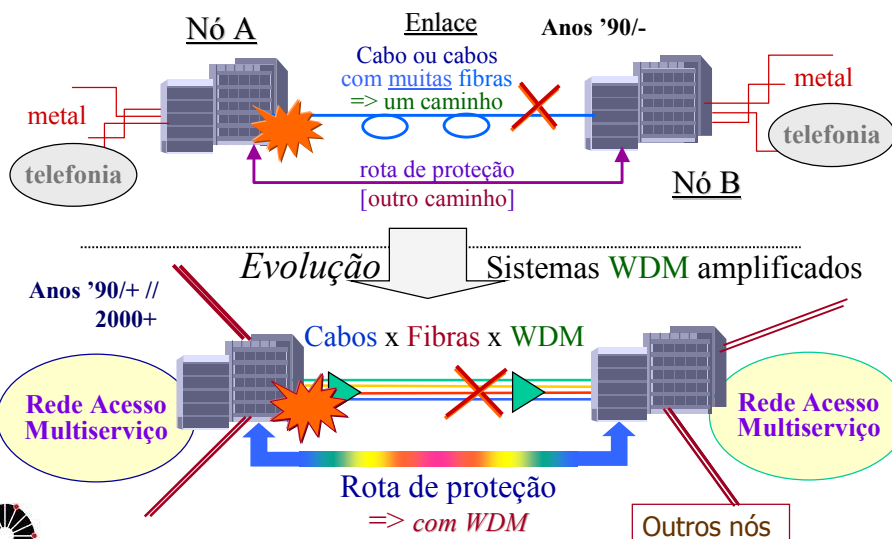
## Sistemas WDM em Fibras Ópticas

- **Wavelength Division Multiplexing** – multiplexação por divisão de comprimentos de onda (lambda);
- cada fibra (monomodo) suporta dezenas de lambdas, até >1 centena;
- cada lambda suporta dezenas de Gb/s...
- portanto, sendo  $100 \times 10 = 1000$ , UMA fibra suporta >Terahz de informação !!

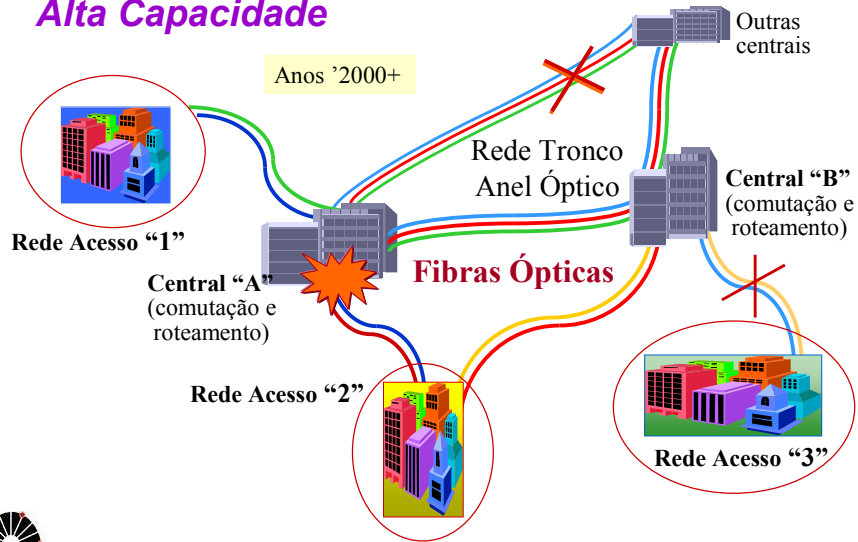


- cabos de fibras contém dezenas até centenas de fibras (36, 72, 144)
- rompimento de UM cabo com muitas fibras com vários lambdas representa GRANDE perda de trafego.

## Proteção Nós e Enlaces Alta Capacidade –



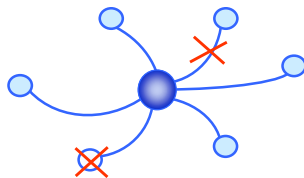
## Proteção Redes WDM Alta Capacidade



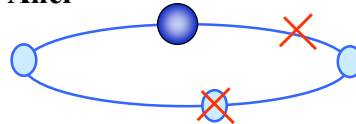
## Falhas na Rede Topologias

⇒ As falhas podem ocorrer nos **enlaces** e/ou nos **nós**; falhas simultaneas são pouco prováveis ...

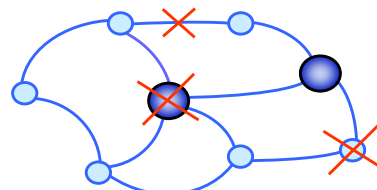
### Estrela



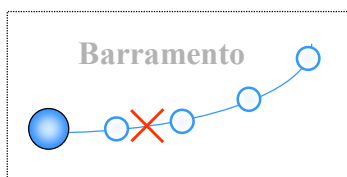
### Anel



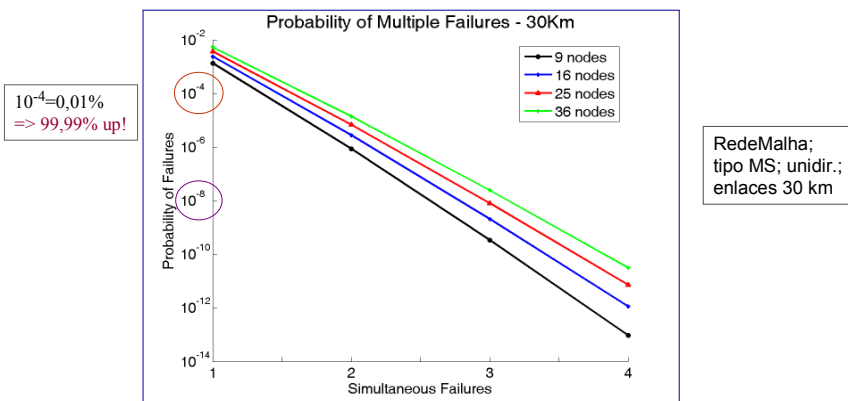
### Malha



### Barramento



## Arquitetura e Proteção da Rede



Probabilidade de falhas múltiplas cai exponencialmente

(I.B.Martins, F.Rudge Barbosa, L.H.Bonani, E.Moschim, "Future Metropolitan Access Network Planning Considering Link Failures in Photonic Switched Networks", *PNET - Photonic Network Communications*, vol.24, n.1, p.107, Aug. 2012; DOI: 10.1007/s11107-012-0379-6; 748576)



## Arquitetura e Proteção da Rede

### Falhas na Rede

- cortes de cabos e fibras (linha); [enlace; link]
- falhas de equipamentos e interfaces; [nó]
- falhas de componentes; [enlace; nó]
- mal funcionamento de SW
  - $\Rightarrow$  (instalação/operação; atualização; supervisão/gerencia/control)
- Incêndios/terremotos/inundações em centrais e nós
- $\triangleright$  sempre aleatórias, mas "previsíveis"  $\Rightarrow$  prevenção falhas...
- falhas nas Redes Ópticas podem causar perdas de informação (e de receita \$\$) ordens de grandeza maiores que nos sistemas wireless ou metálicos.



## Arquitetura e Proteção da Rede

### Atrasos na Transmissão e Comutação (latência):

- ❑ Determinísticos (controlados)
  - ⇒ Conversão E-O: Tx, Rx (terminais & pts. intermeds.) ;
  - ⇒ Propagação: linha/distancia e elementos longos (entre nós);
  - ⇒ Comutação: conversão e processamento (nos nós);
- ❑ Estocásticos (não-controláveis)
  - ⇒ "Previsto": estatística de tráfego; (variações "normais")
  - ⇒ "Imprevisto": surtos de tráfego (sobrecarga) e falhas na rede; (variações anormais; situações de contingencia)
- ∞ outros: manutenção (programada) e reparo (imprevisto);



## Arquitetura e Proteção da Rede

### • Proteção e Restauração

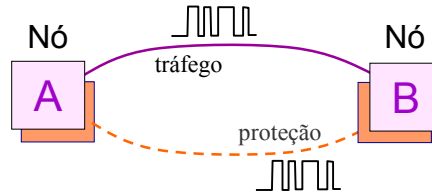
- ❑ **Proteção da rede** é o conjunto de *ações sincronizadas e rápidas*, que visam manter -- durante falhas -- o tráfego da rede fluindo sem quebra de continuidade perceptível pelo usuário;
  - Tempo de ação: ms.
- ❑ **Restauração da rede** é o conjunto de *ações corretivas* que visam restabelecer a capacidade da rede -- após falhas;
  - Tempo de ação: horas ou dias.
- ❑ **Tipos de Proteção**
  - ❖ *dedicada* = duplicação equipamentos e linhas;
  - ❖ *compartilhada* = rateio de equipamento e de linhas de proteção;

Nota: *linhas de comunicação* são canais distintos dentro da capacidade do enlace (p/ex., duas linhas de 1,25Gb/s num enlace STM-16)



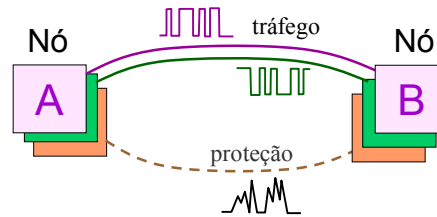
## Arquitetura e Proteção da Rede

- Proteção 1+1;
  - => cada rota *tráfego*;
  - => tem *rota proteção* exclusiva, que leva *réplica* do tráfego; (*ação rápida em falha*)



Diferença de (1+1) pra (1:1) é *tipo de tráfego* que vai na *rota* proteção (*path*)

- Proteção 1:1; 1:N;
  - => *várias rotas de tráfego*;
  - => *rota proteção* "disponível" para tráfego *não-prioritário*;
  - => *If 1:1*, then proteção exclusiva;
  - => *If 1:N*, then proteção "compartilhada"
  - => vários canais (*sistemas; Tx/Rx; fibras*) podem compartilhar uma única rota de proteção.



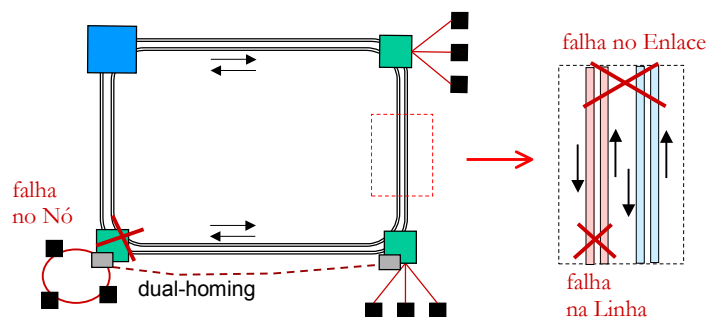
Trilha = *trail*; rota, caminho = *path*



## Arquitetura e Proteção da Rede

Anel Bidirecional / Duas ou Quatro Fibras (com proteção)

- Possibilidade de Falha no Enlace; na Linha; no Nó;

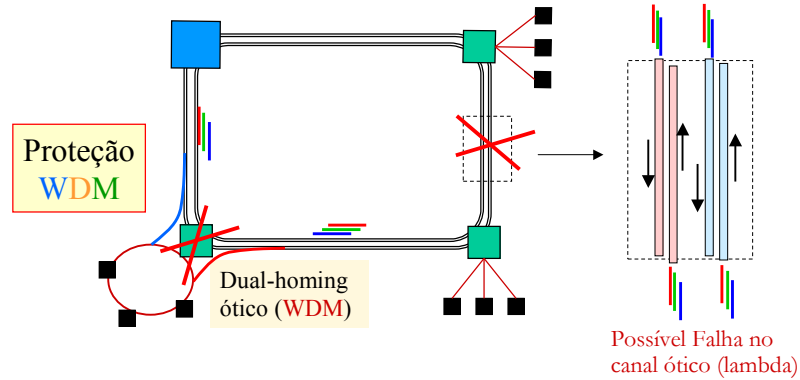




## Arquitetura e Proteção da Rede

Anel Bidirecional / Duas ou Quatro Fibras (com proteção)

- Falha em nó da rede; falha enlace; falha lambda;



## Arquitetura e Proteção da Rede

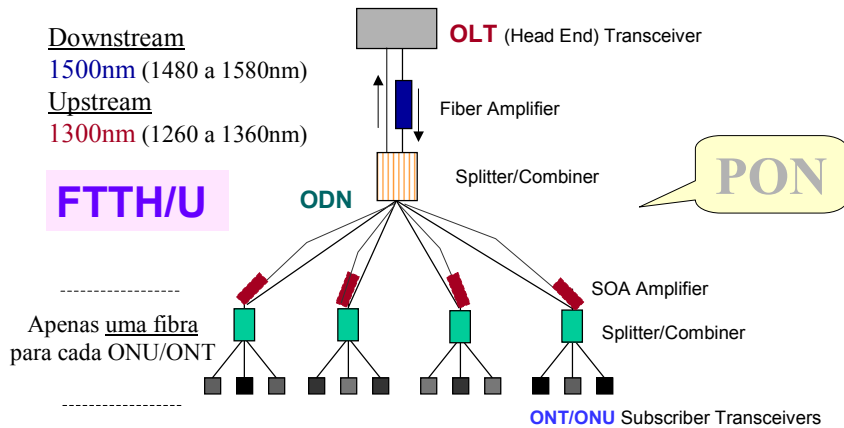
**Redes Óticas de Acesso**

**EPON/GPON**

Redes Distribuição/Coleta

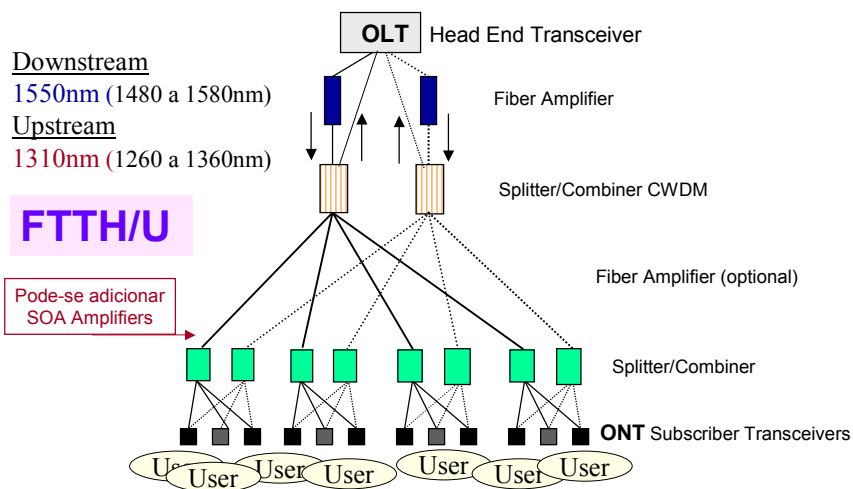
### Arquitetura da Rede (sem proteção)

Estrela / Bidirecional / Uma Fibra (WDM, sem proteção)



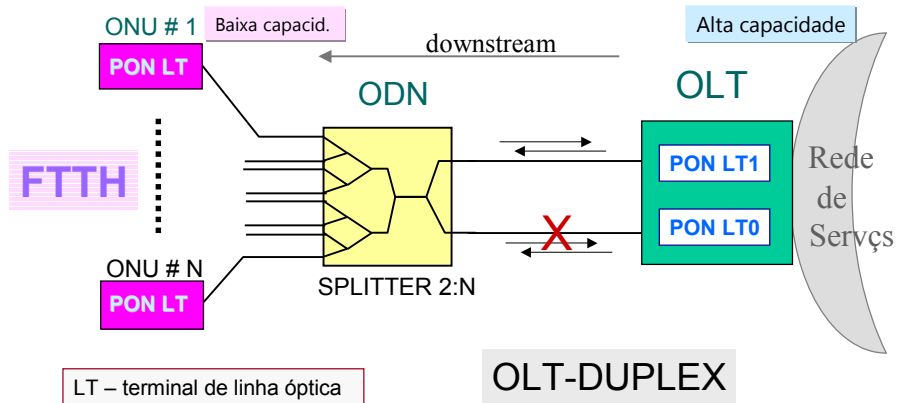
### Arquitetura da Rede (com proteção)

Estrela / Bidirecional / Duas Fibras (inclui WDM e proteção)



### Arquitetura da Rede (com proteção)

Estrela / Bidirecional / Duas Fibras (com WDM)

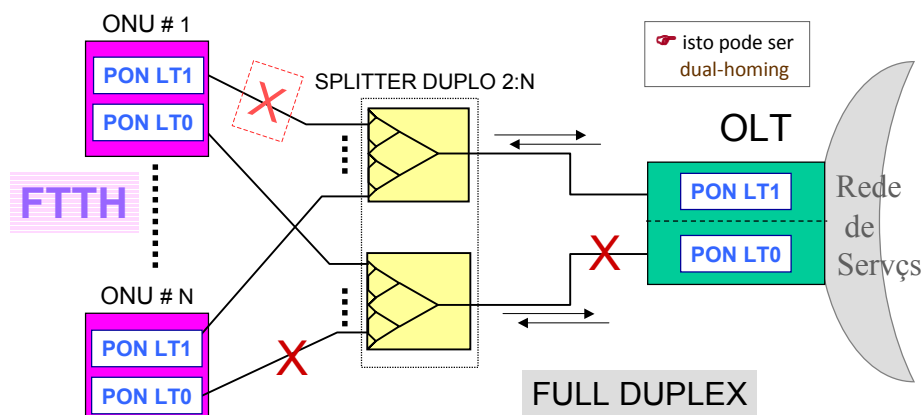


Fonte: ITU-T Recomend. 983 (BPON) e 984 (GPON)



### Arquitetura da Rede (com proteção)

Estrela / Bidirecional / Duas Fibras

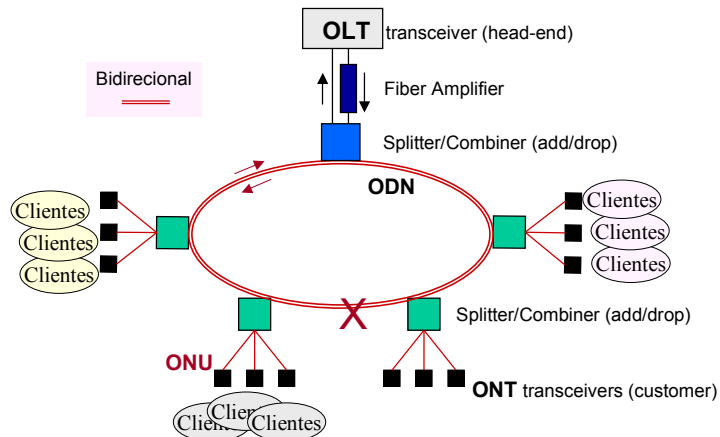


Fonte: ITU-T Recomend. 983 (BPON) e 984 (GPON)



## Arquitetura e Proteção da Rede

Anel Bidirecional / Duas ou Quatro Fibras (com proteção)



## Arquitetura e Proteção da Rede – Padronização

Sabemos que:

- Esquemas de **proteção** na **camada óptica** contribuem para confiabilidade da rede e sobrevivência dos serviços que nela trafegam;
- **Proteção física e funcional**  aumenta custos de instalação e operação, mas evita perdas financeiras, perda de credibilidade, perda de clientes e riscos de ações legais;

Portanto,

- **Padronização da proteção** agiliza instalação e interoperabilidade;
- os mesmos órgãos que estabelecem Regras e Recomendações, regem os esquemas de Proteção !!

>> >> >>

## Padronização -- organismos e institutos

### Europa:

- ❑ ITU-T -- International Telecom Union - Telecom (Genebra)
- ❑ ETSI -- *European Telecommunications Standards Institute* (Nice)
- ❑ Eurescom -- European Institute for Research and Strategic Studies in Telecommunications (Heidelberg)
- ❑ IET -- Institution of Engineering and Technology (UK);
  - *programas* IST, ICT, ACTS, e outros , cooperam nesses institutos;

### EUA

- ❑ Telcordia (antiga Bellcore) (New Jersey):
- ❑ IEEE -- Institute of Electrical & Electronic Engineers (New York)
- ❑ IETF -- Internet Engineering Task Force (California)

#### Eurescom/ITU-T:

- ❖ **Information Society Technologies (IST)** priority - funded European research activities
- ❖ The **Information and Communication Technologies (ICT)** follows the IST programme.
- ❖ **ACTS** = Advanced Communications Technologies & Services



## Arquitetura e Proteção da Rede – Padronização

### Documentos relevantes (*Arquit. & Protec.*)

- ITU- T (Geneve, Intl.):
  - ❑ G.841 (SDH), G.983 e 984 (**Acesso Ótico**)
  - ❑ G.872: Architecture of Optical Transport Networks (OTN);
  - ❑ G.873.1: Optical Transport Network (OTN): Linear protection
  - ❑ G.874: Management aspects of OTN elements
- ETSI (abrange UE): ETS 300 681 (**rede ótica acesso**)
- Eurescom (abrange UE; programa ACTS): P615 (**rede ótica**)
- Telcordia (ex-Bellcore, USA): GR-2979-CORE (**rede ótica**)



🌿 **Embratel e CPqD selam parceria em sistema de supervisão óptica**

- ❑ A Embratel fechou contrato com o CPqD para a instalação do sistema CPqD Supervisão Óptica, que fará a supervisão em sua rede óptica, instalada entre as cidades de Manaus (AM) e Porto Velho (RO).
- ❑ A rota da operadora tem cerca de 900 km e está localizada ao longo da rodovia BR 319 – estrada federal que corta os Estados do Amazonas e Rondônia, e que se constitui da única ligação rodoviária disponível entre Manaus e o restante do Brasil.
- ❑ A Rede Óptica da Embratel é estratégica e muito importante para a região. Ela abrange a selva amazônica, que, com toda a sua exuberância, representa um imenso desafio a ser vencido no sentido de assegurar a comunicação da região com o resto do mundo. A manutenção e o reparo das redes em áreas de difícil acesso requerem grande esforço das equipes de campo em termos de deslocamento e segurança.
- ❑ O sistema CPqD Supervisão Óptica identifica e localiza a falha ao longo das redes, com agilidade, assegurando a eficiência das manutenções preventiva e corretiva.



2012



Passau  
2013



» **ENCHENTES EUROPEIAS** Casas são alagadas após enchente do rio Danúbio na cidade de Passau, Alemanha; chuvas na Europa já causaram duas mortes na República Tcheca



## Proteção em Redes Ópticas de Transporte e Acesso

### Conclusão

- Redes Ópticas de Transporte e Acesso constituem-se na melhor opção para **alta capacidade** (throughput) ao usuário:
  - o menor custo/bit e custo/assinante;
    - ⇒ *apesar elevado custo de equipamento e instalação*;
  - total disponibilidade de multiserviços;
  - máxima segurança e privacidade;
  - alta confiabilidade e estabilidade;
  - total isolamento e muito longa permanência;
- Portanto, merecem cuidadosa instalação e sistemas de proteção.
- Lembrando que *custo adicional* de proteção *aumenta confiabilidade da rede e garante disponibilidade serviços*, permite maior fluxo de *receita \$\$*, sem interrupção !
- (*reliability, availability, profitability*)



***Fim !***      (*but it never ends...*)

Kobe (Jp)  
Set.2011

