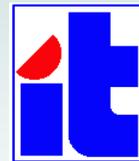


# Estratégias para Resolução da Contenção em Comutadores Ópticos de Pacotes

Mário M. Freire e Henrique J. A. da Silva  
(mfreire@co.it.pt) (hjas@co.it.pt)



Universidade da Beira Interior



Instituto de Telecomunicações  
Pólo de Coimbra



Universidade de Coimbra

*Redes Ópticas Multigigabit*  
*Aveiro, 28 de Junho de 2000*



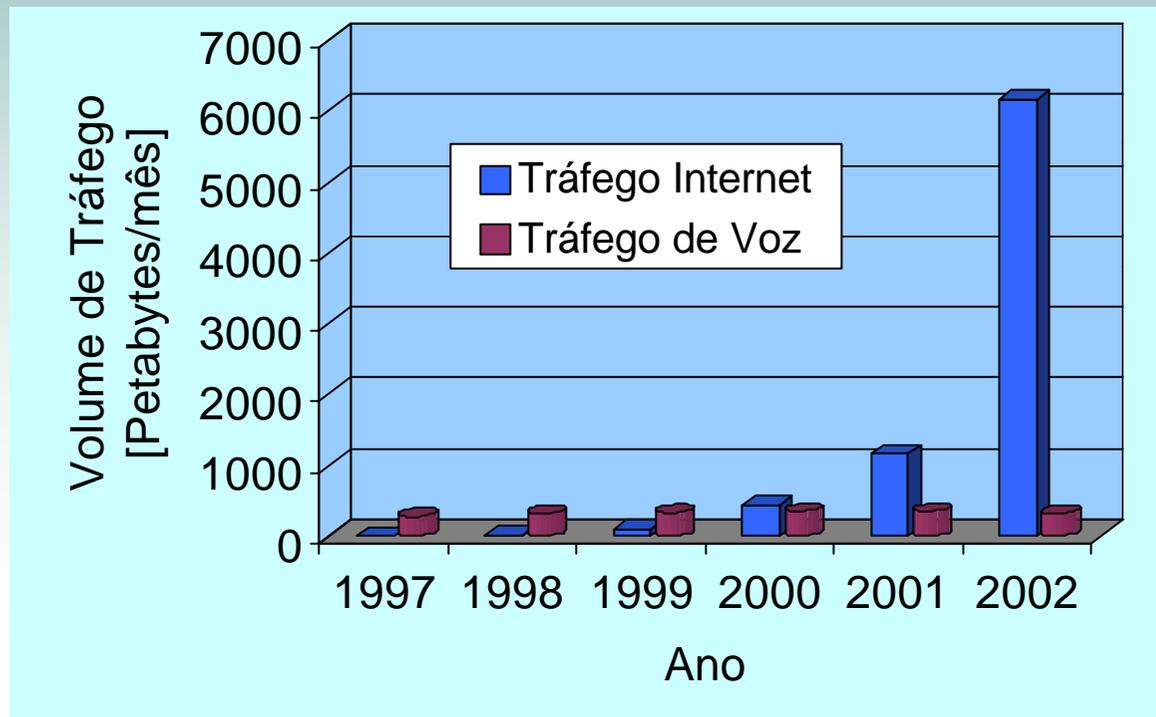
# Sumário

- Introdução
- Arquitecturas de Comutação Electrónica de Pacotes
- Arquitecturas de Comutação Óptica de Pacotes com Armazenamento em *Buffers*
- Estratégias para Resolução da Contenção em Comutadores Ópticos de Pacotes
- Conclusões

# Introdução

“This year it finally occurred to the telecommunications industry that the last 123 years have been spent building the wrong network”

Steve Harbour, in *Fibre Systems*, Dec. 1999, pp. 30-32.





# Introdução

- A B-ISDN, concebida para a integração de voz, dados e multimedia, está a ser rejeitada;
- Com o crescimento explosivo da Internet, o *Internet Protocol* (IP) tornou-se o protocolo de convergência;
- Continua a supremacia da tecnologia *Ethernet* em redes locais (*Ethernet*, *Ethernet Rápida* e *Gigabit Ethernet*);
- Em redes de área alargada (WANs) a questão da tecnologia mais promissora para transporte do IP continua em aberto.



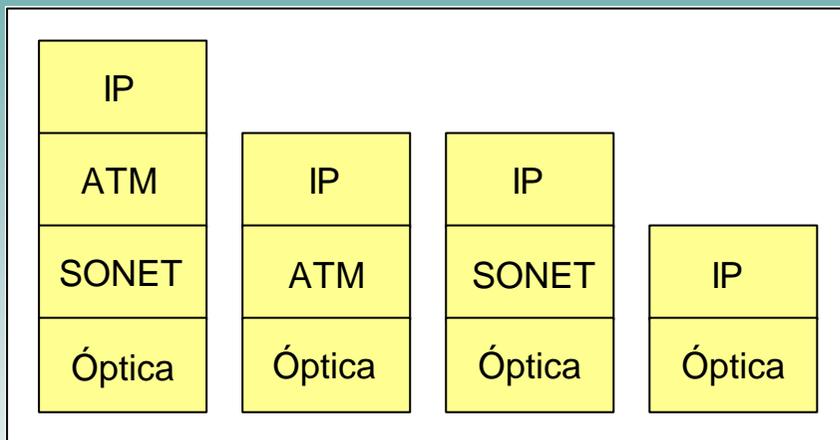
# Introdução

- Paradigma da mudança

- O volume do tráfego de dados tornou-se, a partir de 1999, claramente superior ao tráfego de voz, mantendo, simultaneamente, uma taxa de crescimento bastante mais elevada;
- Espera-se a evolução de uma rede centrada em voz para uma rede centrada em dados;
- O mais importante requisito que fundamenta este paradigma de mudança é a enorme largura de banda disponível em fibrasópticas.

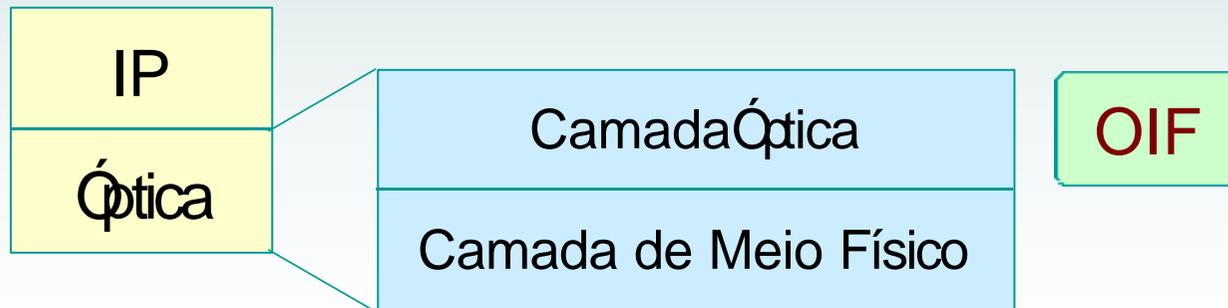
# Introdução

- Alternativas para transporte do IP



## Vantagens de IP sobre WDM

- Menor custo de equipamento;
- Menor custo de manutenção;
- Utilização eficiente da largura de banda;
- Menor complexidade;
- Menor *overhead*.





# Introdução

- OIF : *Optical Internetworking Forum*  
([www.oiforum.com](http://www.oiforum.com))
  - Criado em Abril de 1998 por AT&T, Bellcore, CIENA, Cisco, Hewlett-Packard, Qwest, Sprint e WorldCom;
  - Missão: Desenvolvimento de especificações que garantam a interoperabilidade da interligação óptica.



# Evolução das Redes de Comunicação Ópticas

## • Primeira Geração de Redes Ópticas

- SONET (*Synchronous Optical Network*) / SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*);
- Diversas redes empresariais, tais como: ESCON (*Enterprise Serial Connection*), Canal de Fibra (*Fibre Channel*), and HIPPI (*High-Performance Parallel Interface*);
- Redes FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*) ou DQDB (*Distributed Queue Dual Bus*);
- As redes ATM podem ser incluídas nesta categoria, desde que não sejam utilizados comutadores ATM ópticos.



# Evolução das Redes de Comunicação Ópticas

- Segunda Geração de Redes Ópticas
  - Redes com multiplexagem óptica por divisão no tempo (OTDM);
  - Redes com multiplexagem por divisão no comprimento de onda (WDM)
  - Redes ópticas digitais assíncronas

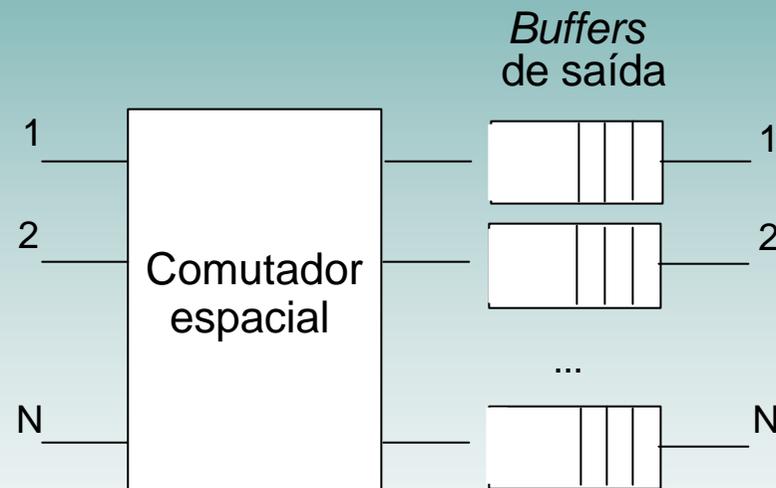


# Arquitecturas de Comutação Electrónica de Pacotes

- Classificação dos comutadores de acordo com a posição dos *buffers*:
  - Armazenamento à saída
  - Armazenamento partilhado
  - Armazenamento com recirculação
  - Armazenamento à entrada

# Arquitecturas de Comutação Electrónica de Pacotes

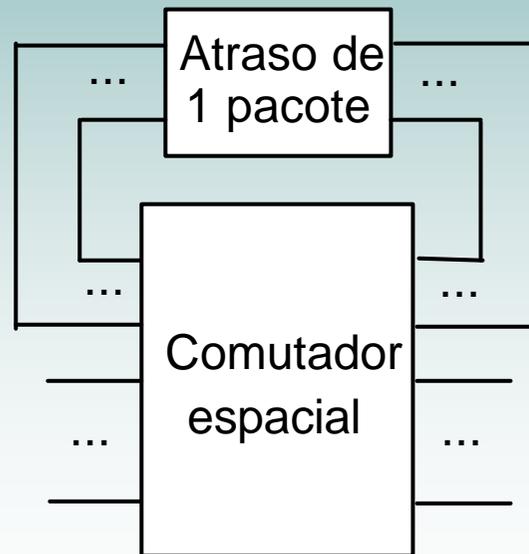
- Armazenamento à saída



- Armazenamento partilhado
  - Forma de armazenamento à saída em que todos os *buffers* de saída partilham a mesma área de memória (RAM)

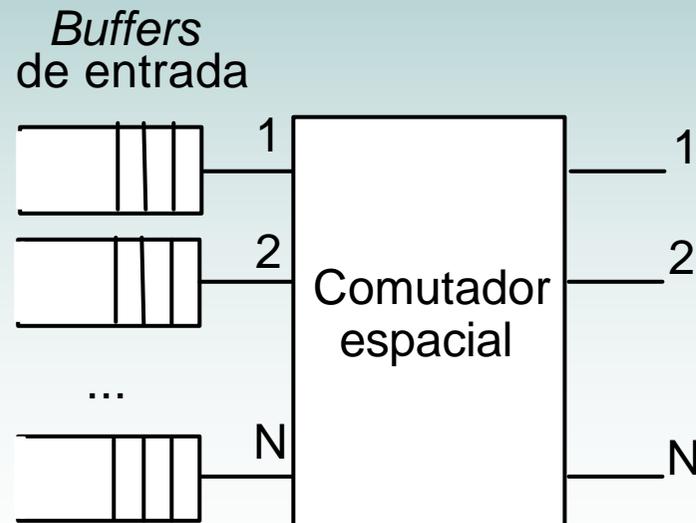
# Arquitecturas de Comutação Electrónica de Pacotes

- Armazenamento com recirculação



# Arquitecturas de Comutação Electrónica de Pacotes

- Armazenamento à entrada
  - Limitação fundamental devida ao bloqueio de início de linha (*head-of-line blocking*)



# Arquitecturas de Comutação Óptica de Pacotes com Armazenamento em *Buffers*

Classificação das arquitecturas de comutação óptica com armazenamento em linhas de atraso

Linhas de atraso com alimentação avançada

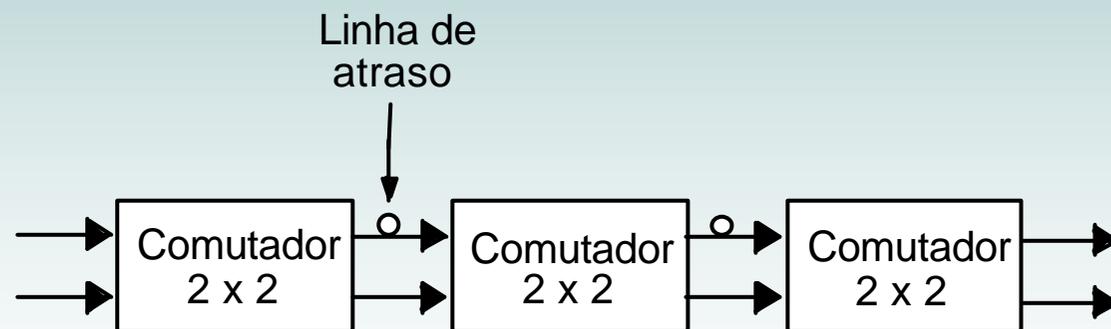
Andar simples

Vários andares

Linhas de atraso com realimentação

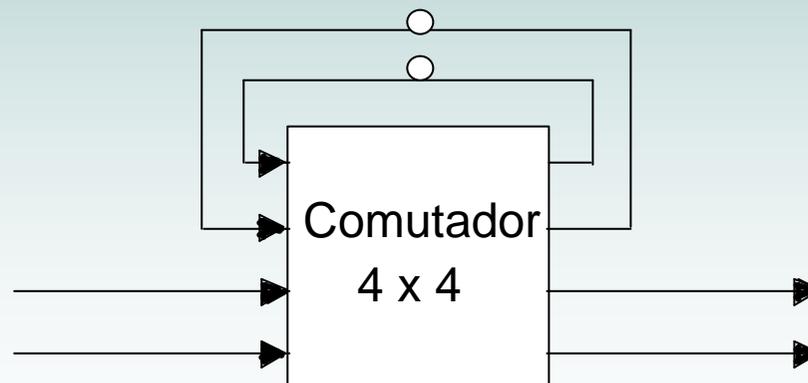
# Arquitecturas de Comutação Óptica de Pacotes com Armazenamento em *Buffers*

Linhas de atraso com alimentação avançada



# Arquitecturas de Comutação Óptica de Pacotes com Armazenamento em *Buffers*

Linhas de atraso com realimentação



## Comparação das arquitecturas de comutadores ópticos com armazenamento baseado em *buffers*

Comutador	Tamanho do buffer	Esquema de prioridades de pacotes	Uso interno de comprimentos de onda	Controlo
OASIS	Médio	Não	Sim	Simulação do <i>buffer</i> de saída
Difusão e selecção	Médio	Sim	Sim	Simulação do <i>buffer</i> de saída
Malha com múltiplos comprimentos de onda	Pequeno	Sim	Sim	Armazenamento partilhado
SMOP	Médio ou grande	Sim	Não	Simulação do <i>buffer</i> de saída e escalonamento
Wave-Mux	Grande	Não	Sim	Transporte escalonado de pacotes
CORD	Pequeno	Não	Não	Vários
COD	Médio ou grande	Não	Não	Auto-encaminhamento
Linha de atraso logarítmica	Médio ou grande	Não	Não	Simulação do <i>buffer</i> de saída
SLOB	Grande	Não	Sim	Simulação do <i>buffer</i> de saída



## SLOB (*Switch with Large Optical Buffers*) Comutador com *buffer*s ópticos de grande tamanho

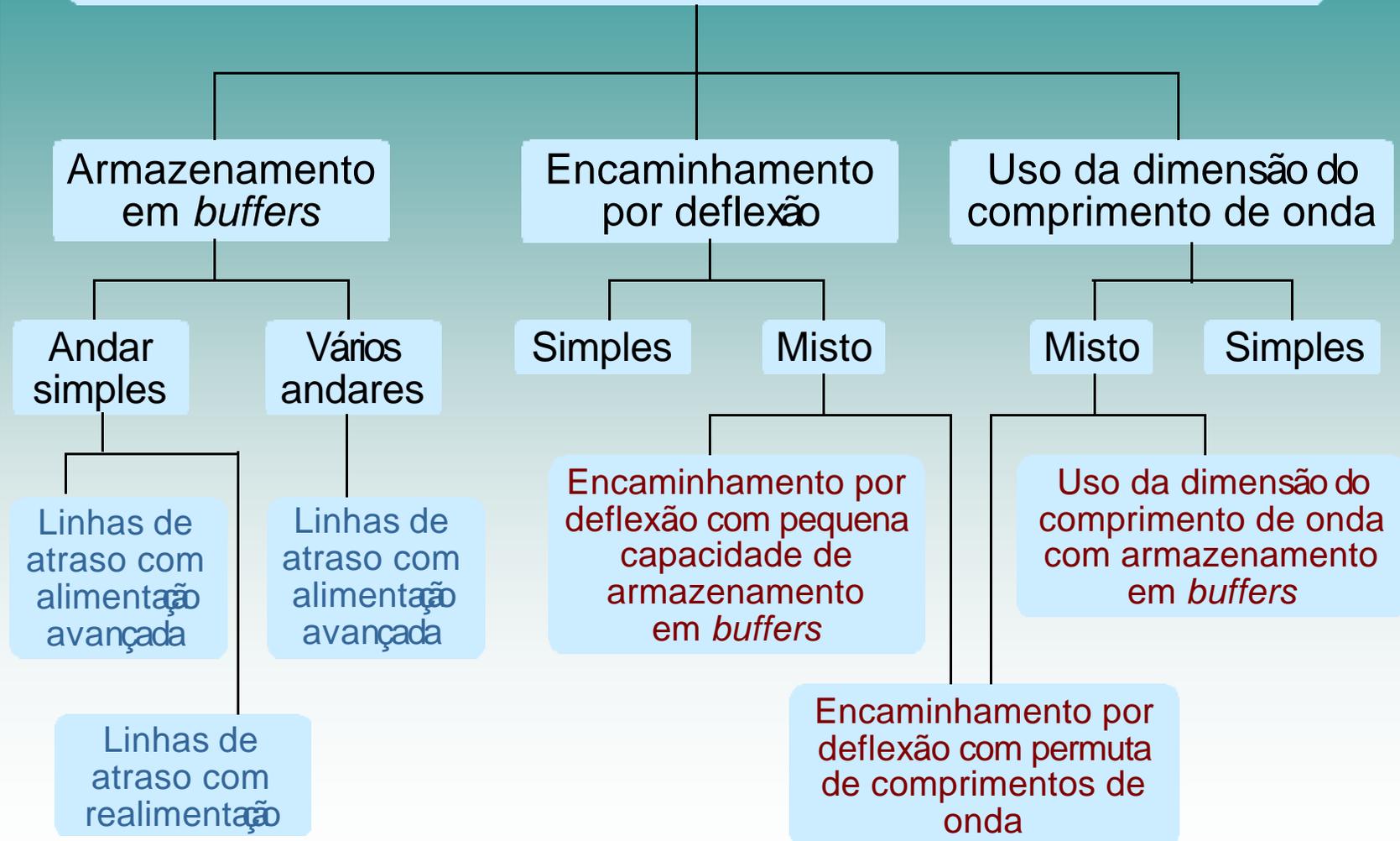
- Este comutador emula um comutador com armazenamento à saída;
- É possível construir *buffer*s com tamanhos da ordem das centenas de pacotes, pelo que, esta arquitectura é adequada para tráfego em rajada;
- Nesta arquitectura não é possível implementar esquemas de prioridade de pacotes;
- Na versão em que a arquitectura foi apresentada, o tamanho dos *buffer*s sofre uma redução acentuada à medida de que aumenta o número de entradas e saídas;

## SLOB (*Switch with Large Optical Buffers*) Comutador com *buffer*s ópticos de grande tamanho

Número de entradas ou saídas	Tamanho máximo do <i>buffer</i> (pacotes)
4	65 535
6	7 775
8	4 095

- Esta forte redução surge da dificuldade em colocar em cascata os vários andares (6x6 ou 8x8) devido ao aumento das perdas do sinal e à diafonia (*crosstalk*);
- Para ultrapassar esta limitação usando a tecnologia actual, é necessário regeneração electrónica entre os andares.

# Estratégias para Resolução da Congestão em Comutadores Ópticos de Pacotes

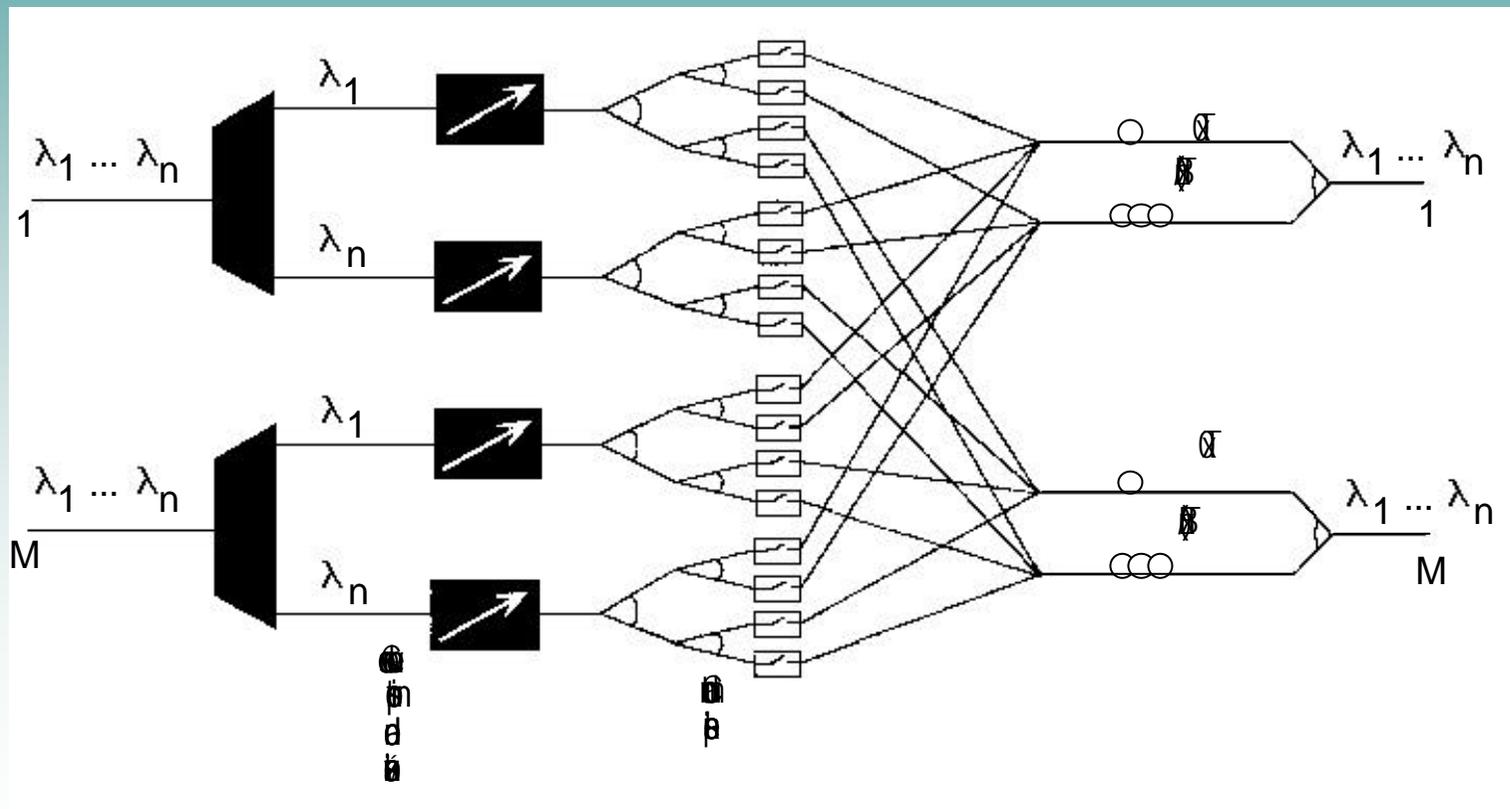




# Resolução da Contenção Usando a Dimensão do Comprimento de Onda

- Nesta estratégia é explorada a dimensão do comprimento de onda através da utilização de WDM e conversores de comprimentos de onda sintonizáveis;
- Trata-se de uma estratégia bastante promissora especialmente quando combinada com a estratégia de armazenamento em *buffers*.

# Arquitetura de um Comutador Óptico de Pacotes para Redes WDM

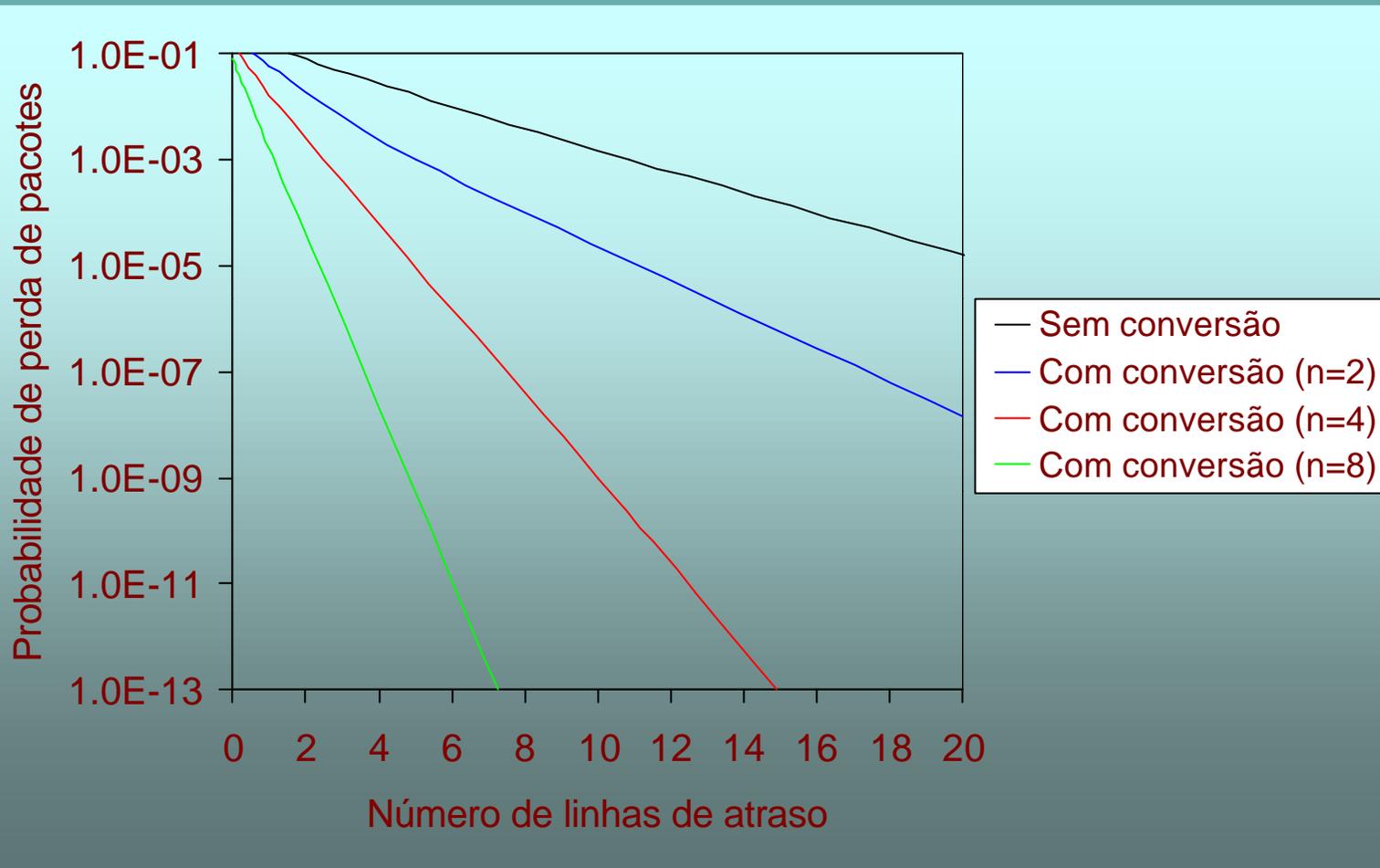




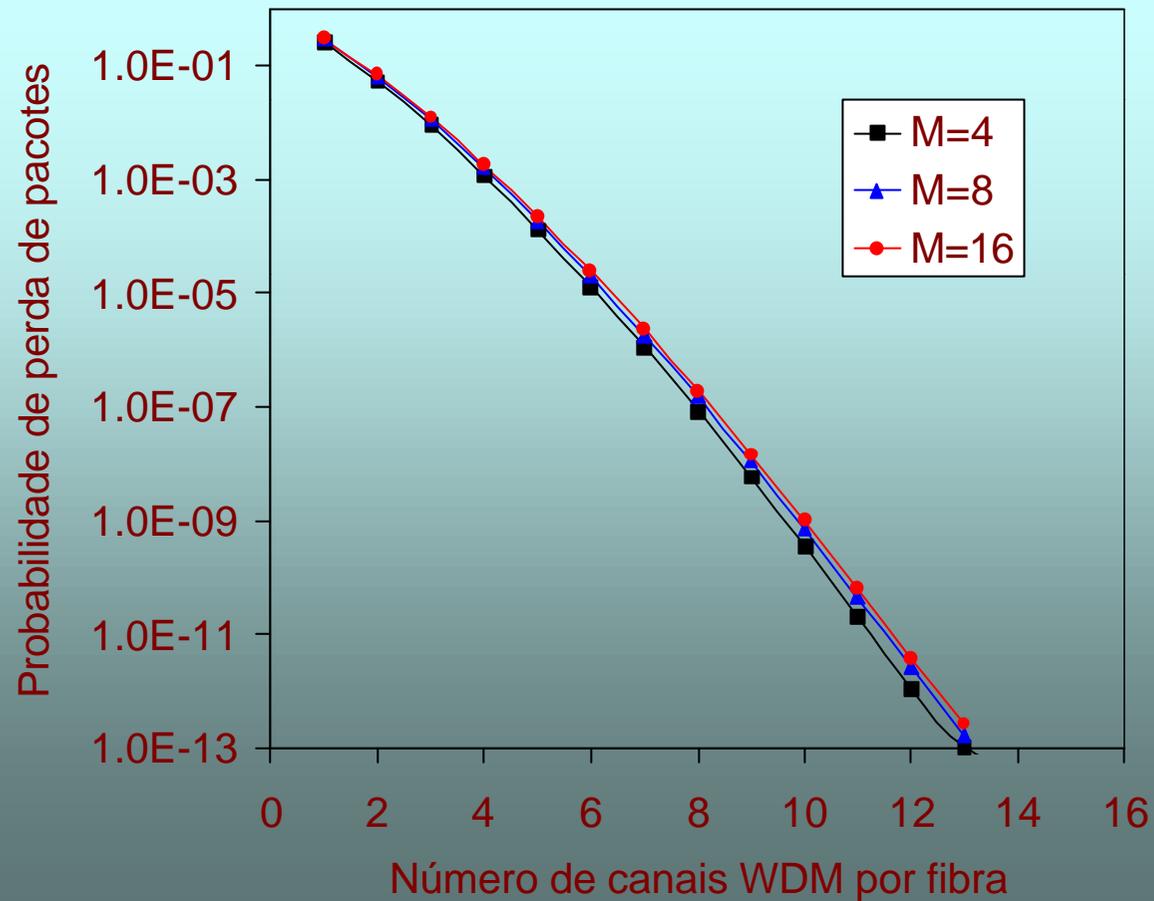
# Pressupostos do Modelo de Tráfego

- Assume-se que a chegada dos pacotes é síncrona;
- Há  $M$  fibras ópticas à entrada do comutador;
- Há  $n$  canais WDM em cada uma das  $M$  fibras;
- Assume-se que a probabilidade de chegada de um pacote, num dos  $n \times M$  canais de entrada, é dada pela carga de canal,  $\rho_i$ , e que cada pacote destina-se a uma das saídas com igual probabilidade  $1/M$ ;
- O processo de chegada a cada fila de espera é binomial;
- Assume-se que cada fila de espera pode armazenar  $B$  pacotes e que  $n$  pacotes podem sair da fila de espera em cada intervalo temporal (duração do pacote).

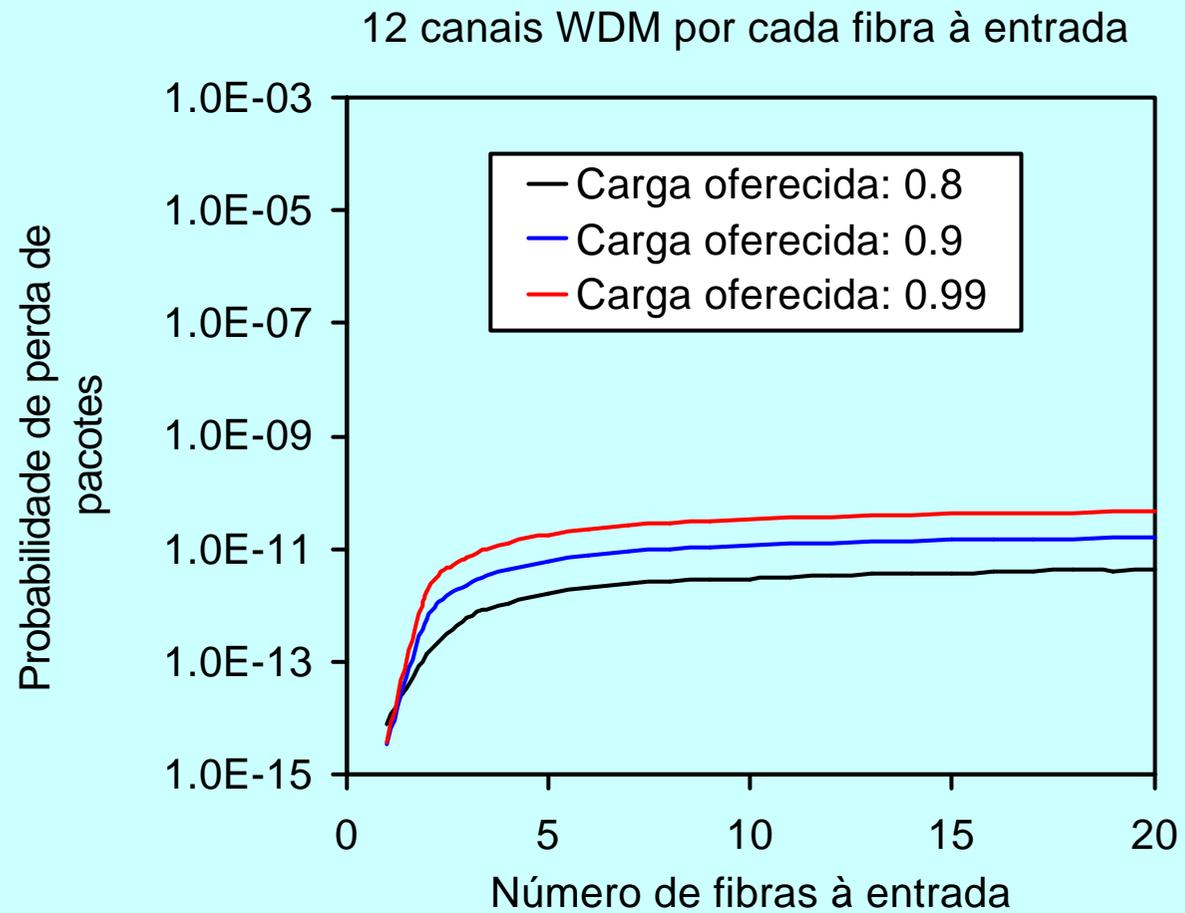
# Resolução da Contenção Usando a Dimensão do Comprimento de Onda



# Resolução da Contenção Usando a Dimensão do Comprimento de Onda



# Resolução da Contenção Usando a Dimensão do Comprimento de Onda



# Conclusões

- Foram analisadas as várias estratégias propostas para resolução da contenção em comutadores ópticos de pacotes: armazenamento em *buffers*, encaminhamento por deflexão, uso da dimensão do comprimento de onda, e combinações entre elas;
- Foi prestada particular atenção à análise da estratégia baseada no uso da dimensão do comprimento de onda, tendo-se mostrado que o recurso a esta estratégia, em certas condições, dispensa o uso de *buffers*;
- Mostrou-se que, para o caso da utilização híbrida desta estratégia com a de armazenamento em *buffers*, o uso dos conversores de comprimentos de onda sintonizáveis permite reduzir significativamente o número de linhas de atraso.