



Estudo Experimental da Tecnologia MPLS: Avaliação de Desempenho, Qualidade de Serviço e Engenharia de Tráfego

Roberto Willrich (INE-UFSC)

Roberto A. Dias (CEFET-SC), Fernando Barreto, Renato D. V. de Oliveira,
Adriano O. Campestrini, Bruno Bisol, Danilo U. S. Barbosa,
Michel Araujo, Sabrina da Silva Leandro

Projeto CNPq RHAE UCER
NURCAD (INE & DAS) - UFSC



Plano da Apresentação

- Projeto CNPq/RHAE UCER: Parceiros e Objetivos
- MPLS
- Avaliações Experimentais com MPLS x IP
- Conclusão



Projeto CNPq RHA E UCER

- UCER – Uso Controlado e Eficiente de Recursos de Redes Usando a Tecnologia MPLS
 - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
 - Núcleo de Redes de Alta Velocidade e Computação de Alto Desempenho (NURCAD)
 - Centro Federal de Educação Tecnológica de SC (CEFET/SC)
 - Empresa W2B Wireless Business



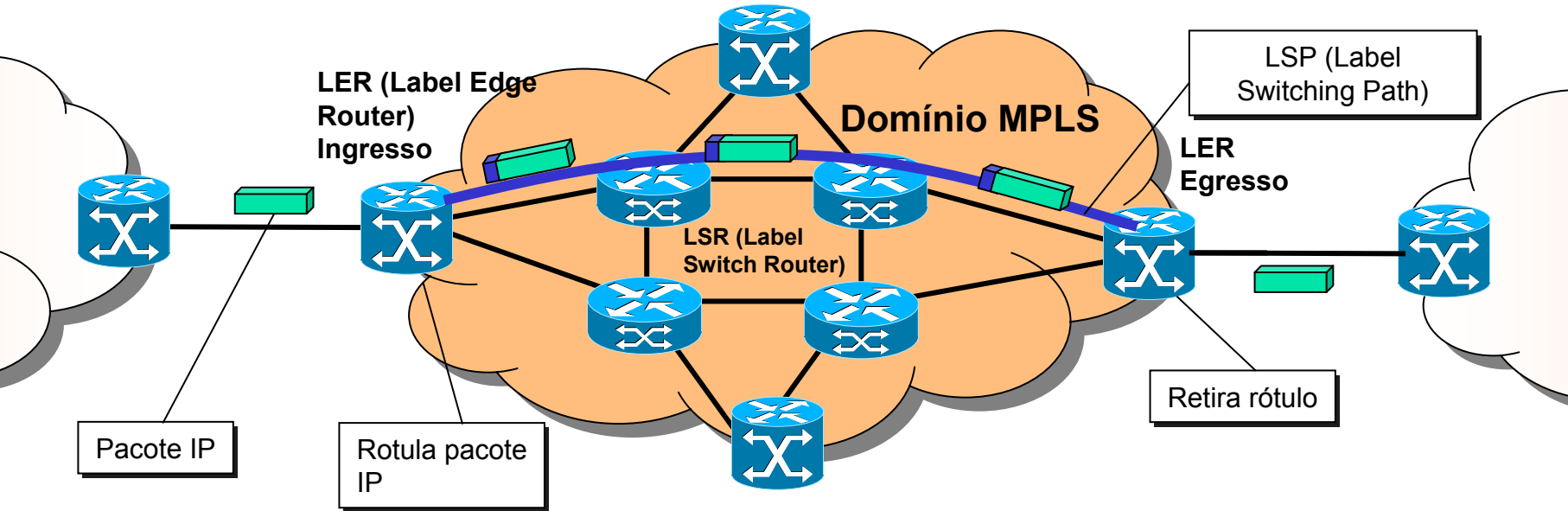


Objetivos do UCER

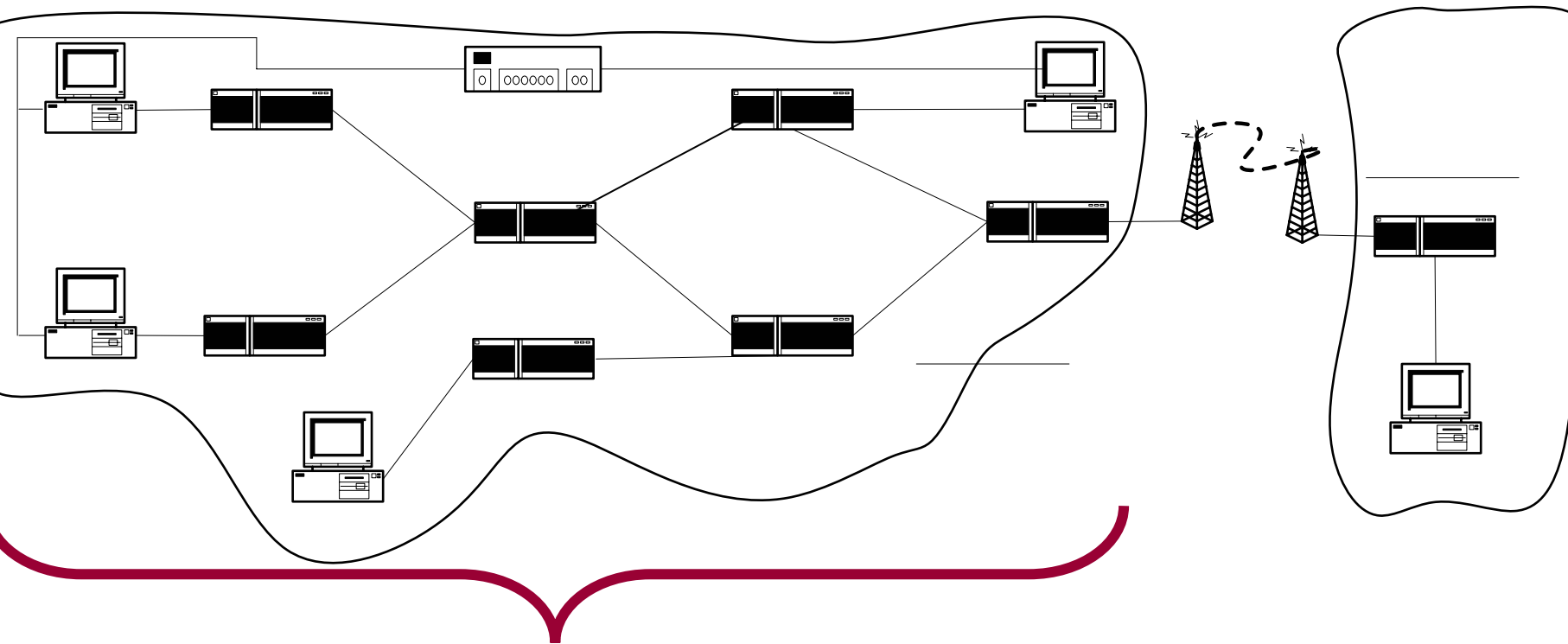
- Investigar, na forma experimental e via simulação, a tecnologia MPLS (*Multiprotocol Label Switching*)
 - Como forma de encaminhamento rápido de pacotes
 - Como suporte a implementação de Serviços Diferenciados (DiffServ) e VPNs
 - Engenharia de Tráfego (TE)
 - Experimentos práticos utilizando roteadores Linux



MPLS



Avaliação Experimental do MPLS: Ambiente de Testes



Abordado nesta palestra



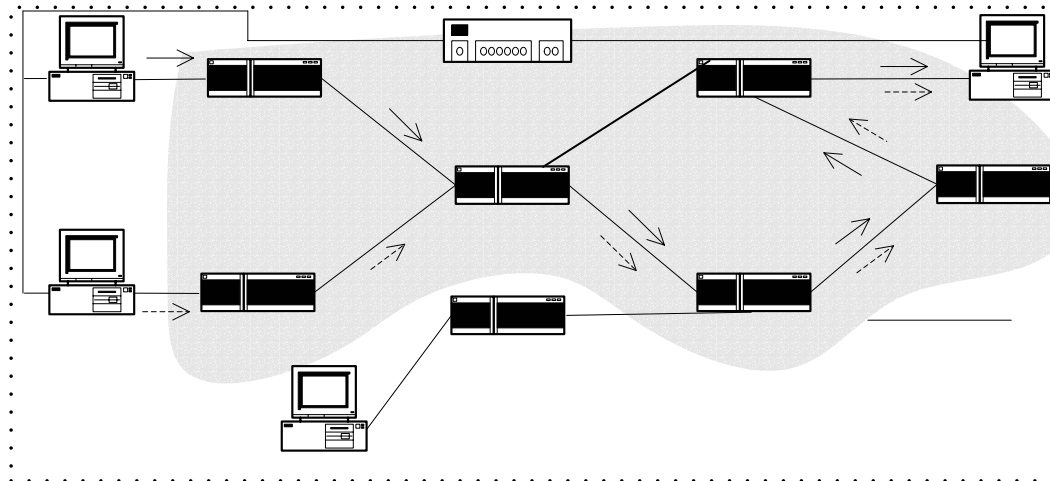
Ambiente de Testes

■ Tráfego de teste

- Gerador 1 e 2 enviam tráfego CBR ao Receptor 1 de 3 e 6 Mbps (UDP)
 - Dois estados: rede sem e com congestionamento
 - Três tamanhos de pacote: 256, 512 e 1024 bytes
- Gerador 3
 - Gerando tráfego de fundo
- Dois momentos
 - Usando roteamento IP
 - Usando MPLS

■ Métricas de Desempenho

- Atraso
- Variação de atraso
- Vazão
- Taxa de perdas



Testes Reais em ambiente Linux

■ Roteadores Linux

- Providos do kernel 2.4.20 personalizado para roteamento e com suporte a MPLS
- Implementação do MPLS disponível em
 - "Project: Mpls for Linux" em <http://www.sourceforge.net/projects/mpls-linux>

■ Definição das Tabelas de Roteamento

- Tabelas de roteamento IP com 8835 rotas
- Desativação da cache de roteamento IP para aproximar dos backbones reais
 - Para forçar consultas na tabela de roteamento



Simulação de IP/MPLS com NS2

- Avaliação de desempenho do MPLS x Roteamento IP
 - Simulação com o Network Simulator (NS-2)
 - Uso do módulo MPLS Network Simulator (MNS);
- Avaliação dos resultados
 - Simulação mostrou um desempenho idêntico
 - Tanto na vazão, atraso, variação de atraso e taxa de perdas
 - Devido a simplificações do simulador
 - Não simula tempo de processamento nos roteadores



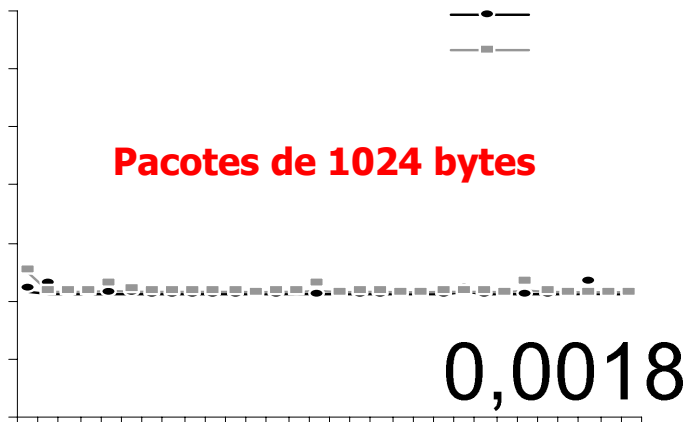
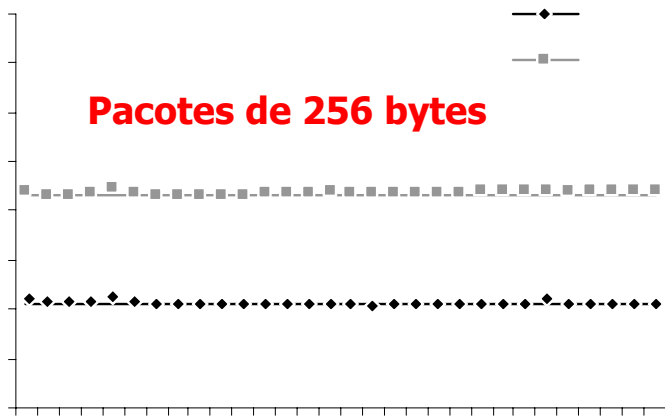


Testes Reais em ambiente Linux

- Ferramenta de Medição e Geração de Tráfego
 - Ferramentas RUDE & CRUDE
 - semelhante à ferramenta MGEN
 - Vantagem: armazenamento do tráfego em formato binário
 - não gera carga de processamento na máquina receptora
 - Armazenamento dos dados em disco virtual em vez de disco rígido
 - acessos a disco influenciou no desempenho da placa de rede e do sistema em si
 - Para a sincronização de relógios
 - foi utilizada a ferramenta chrony



Resultados 3Mbps: Atraso



0,0018

0,0017

Tam. Pacote	256	512	1024
IP/MPLS	1,447ms	2,057ms	3,719ms
IP	1,228ms	2,047ms	3,719ms
Diferença	0,219	0,01	0
Simulação	0,8565	1,708	3,410

Resultados 3Mbps: Atraso

■ Simulação x Real

- Diferença devido ao tempo de processamento nulo na simulação

■ Atraso cresce com o aumento do tamanho de pacotes

- maior atraso na montagem do pacote, na multiplexação e atraso na retransmissão

■ Roteamento IP tem melhor desempenho para pacotes menores e equivalente em pacotes grandes

- Falta de otimização da implementação do MPLS adotada
- Para manter a mesma taxa, ocorre um aumento da taxa de pacotes com a redução do tamanho do pacote
- aumento no número de pacotes aumenta o processamento nos LERs

Tam. Pacote	256	512	1024
IP/MPLS	1,447ms	2,057ms	3,719ms
IP	1,228ms	2,047ms	3,719ms
Diferença	0,219	0,01	0
Simulação	0,8565	1,708	3,410

Resultados 3Mbps: Variação de atraso, vazão e taxa de perdas

■ Variação de atraso

- Valores muito próximos

Tamanho de pacote: 256 B		Tamanho de pacote: 512 B		Tamanho de pacote: 1024 B	
IP	0,004 ms	IP	0,006 ms	IP	0,008 ms
MPLS	0,004ms	MPLS	0,006 ms	MPLS	0,007ms
Simulação	0,050 ms	Simulação	0,102ms	Simulação	0,204 ms

■ Vazão

- Igual a taxa gerada (3 Mbps)

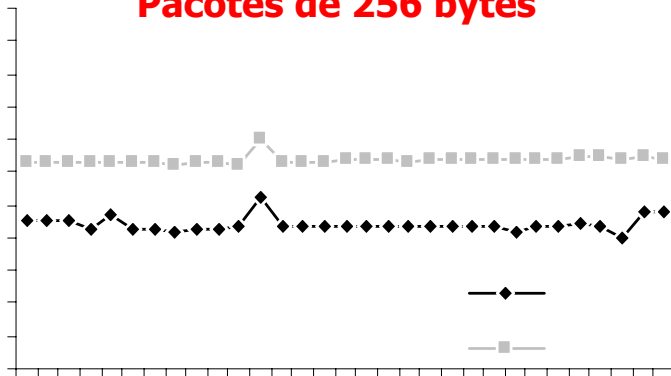
■ Taxa de Perdas

- Zero

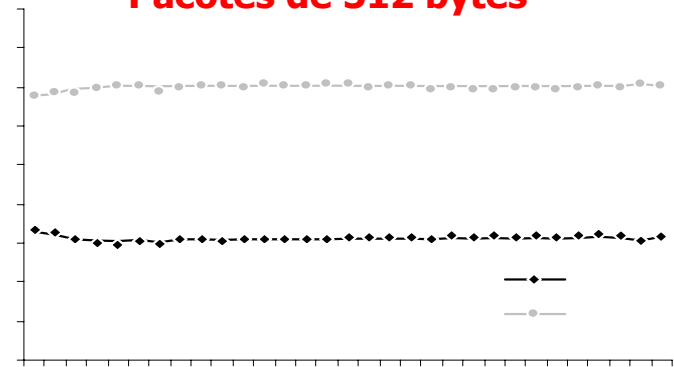


Resultados 6Mbps: Atraso

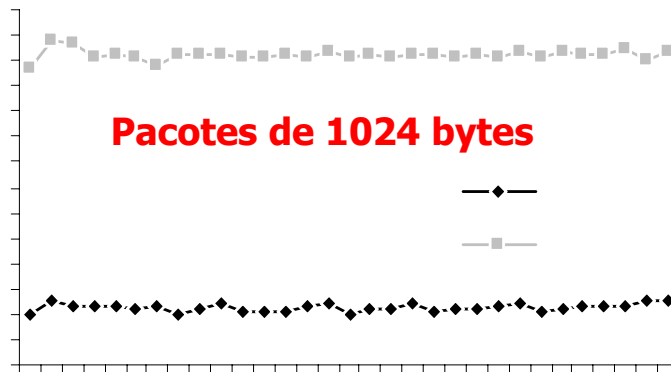
Pacotes de 256 bytes



Pacotes de 512 bytes



Pacotes de 1024 bytes



0,0424

Tam. Pacote	256	512	1024
IP/MPLS	41,882	72,673	132,390
IP	41,728	72,036	131,298
Diferença	0,154	0,637	1,092
Simulação	20,918	41,752	83,178

Resultados 6Mbps

■ Variação de atraso

Tamanho de pacote: 256 B		Tamanho de pacote: 512 B		Tamanho de pacote: 1024 B	
IP/MPLS	0,318ms	IP/MPLS	0,444ms	IP/MPLS	0,678ms
IP	0,307ms	IP	0,426ms	IP	0,661ms
Simulação	0,086 ms	Simulação	0,173 ms	Simulação	0,347ms

- Maior para IP/MPLS => Falta de otimização na implementação MPLS faz com que o tempo de processamento varie por pacote

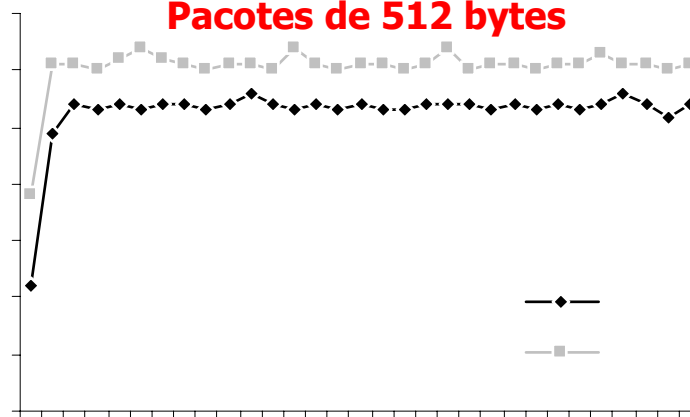


Resultados 6Mbps: Perdas

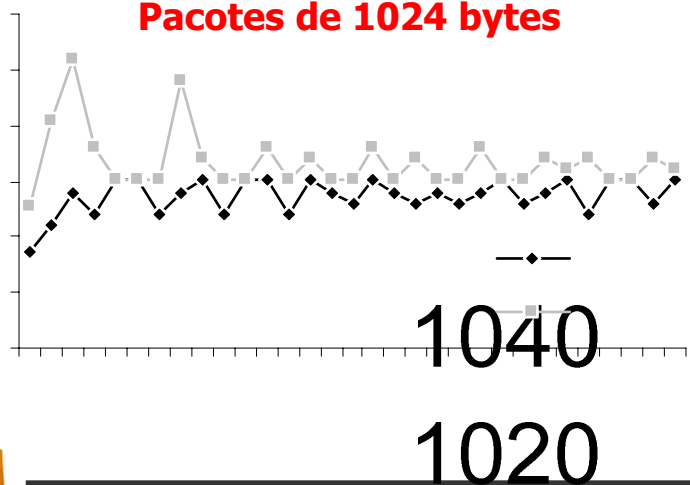
Pacotes de 256 bytes



Pacotes de 512 bytes



Pacotes de 1024 bytes

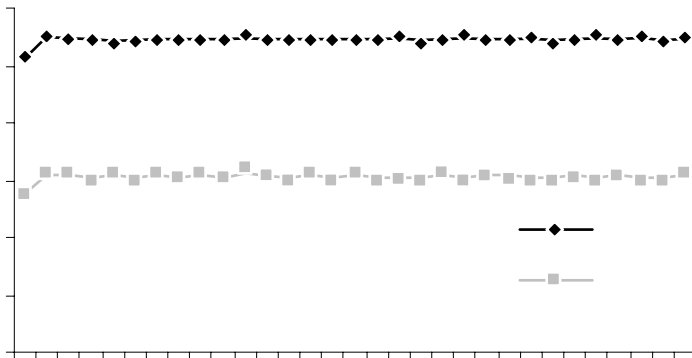


Tam. Pacote	256	512	1024
IP/MPLS	34,54%	26,55%	21,69%
IP	33,78%	26,05%	21,34%
Diferença	0,76%	0,50%	0,29%
Simulação	16,71	16,59	16,43

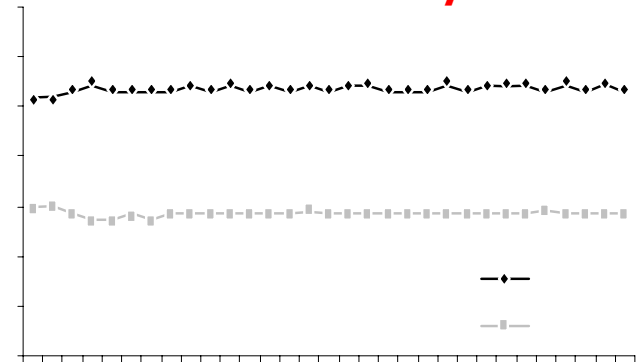
Justif.: falta de otimização na implementação MPLS

Resultados 6Mbps: Vazão

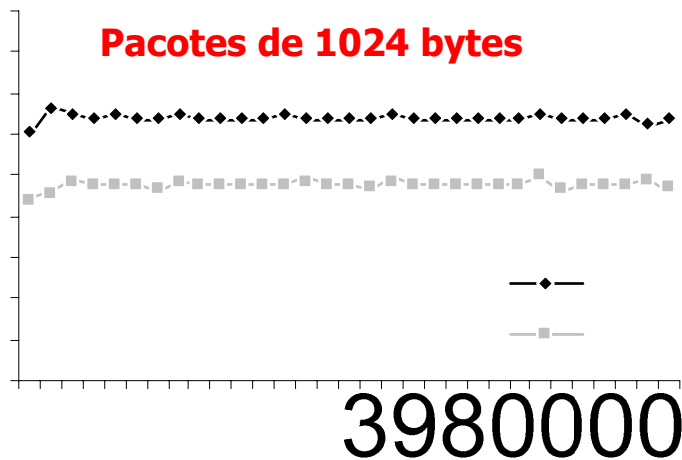
Pacotes de 256 bytes



Pacotes de 512 bytes



Pacotes de 1024 bytes



Tam. Pacote	256	512	1024
IP/MPLS	3,920	4,397	4,678
IP	3,970	4,425	4,695
Diferença	-0,050	-0,028	-0,017
Simulação	4,993	4,994	5,003

Justif.: falta de otimização na implementação MPLS, redução da carga nos LERs, redução da sobrecarga

DiffServ/MPLS

■ Tráfego de Teste

■ Gerador 1

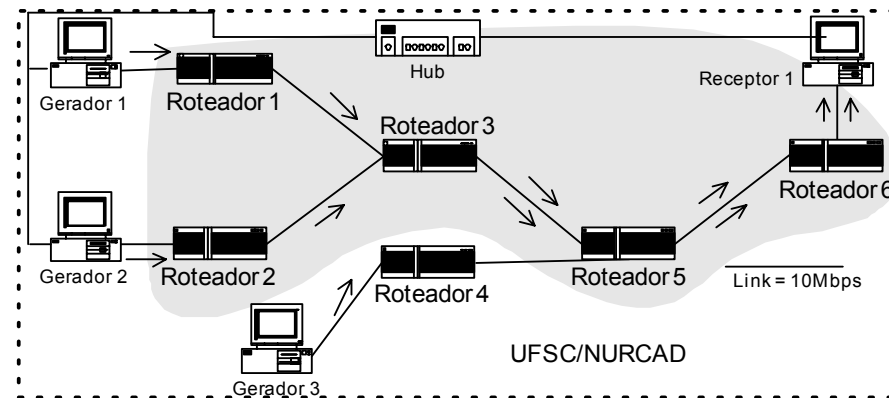
- Tráfego CBR a 1,6 Mbps
- 5 momentos: tráfego CBR BE, EF, AF1, AF2 e AF3
- Pacotes de 200 bytes

■ Gerador 2

- 4 Fluxos CBR de 2,1 Mbps
 - Um para cada PHB, exceto o analisado no momento

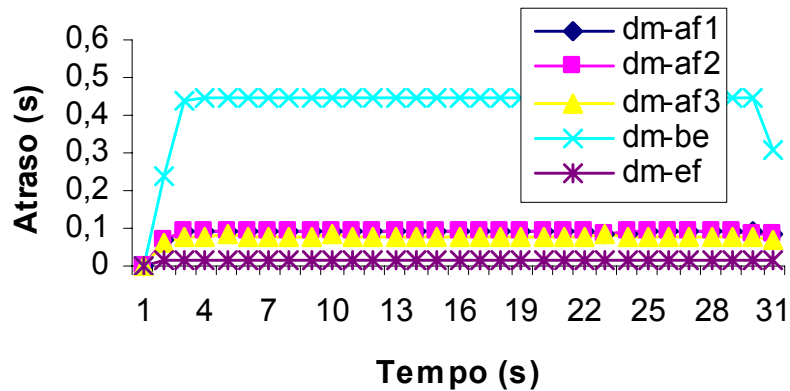
■ Gerador 3

- CBR a 400kbps BE

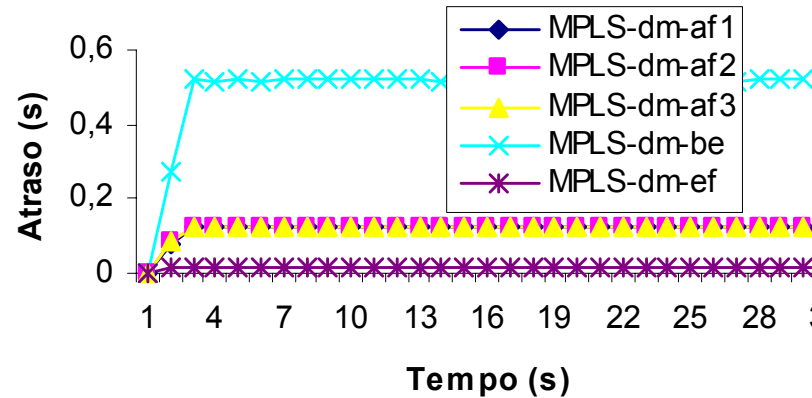


DiffServ/MPLS

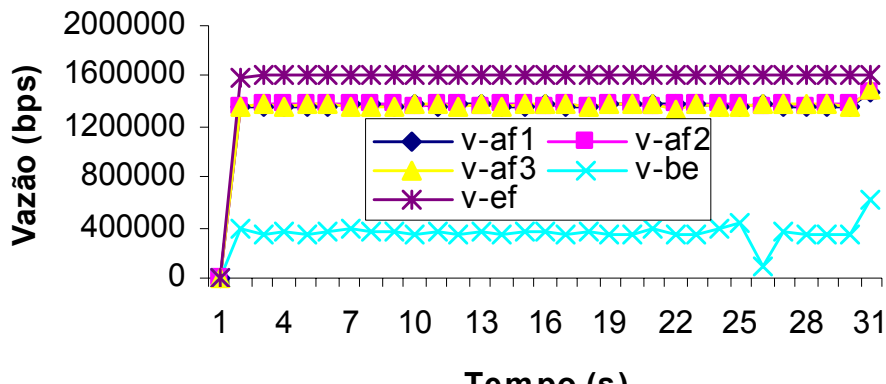
Atraso médio 200bytes - Sem MPLS



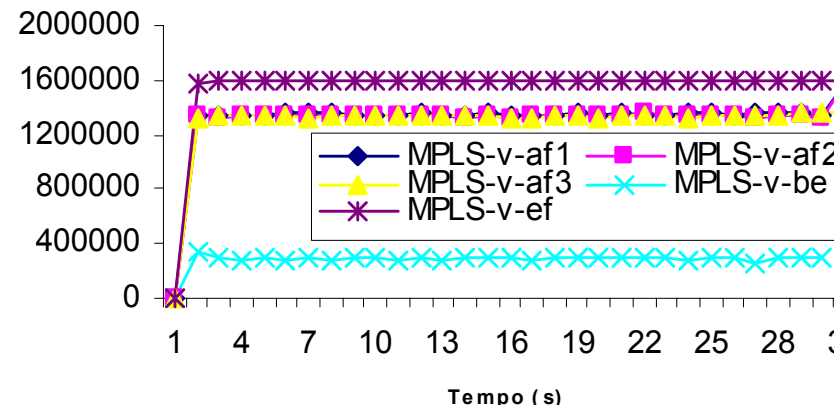
Atraso médio 200bytes - Com MPLS



Vazão 200 bytes - Sem MPLS

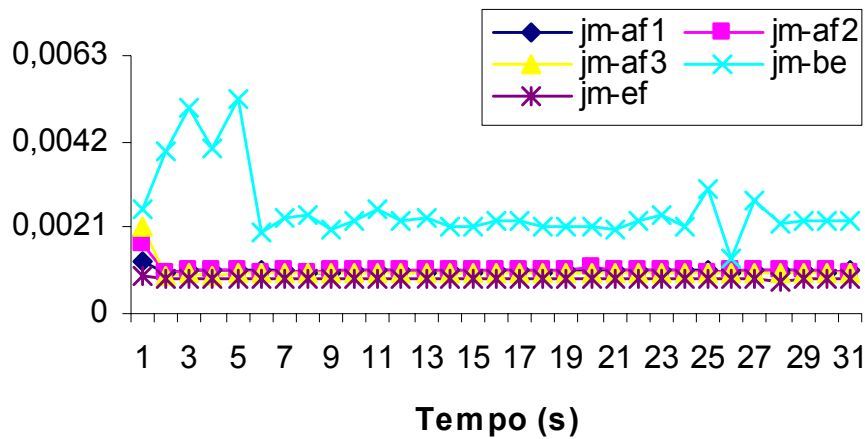


Vazão 200 bytes - Com MPLS

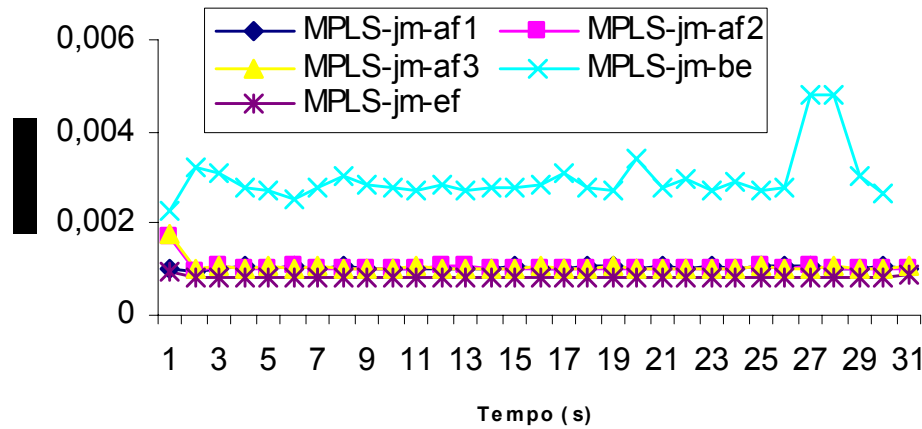


DiffServ/MPLS

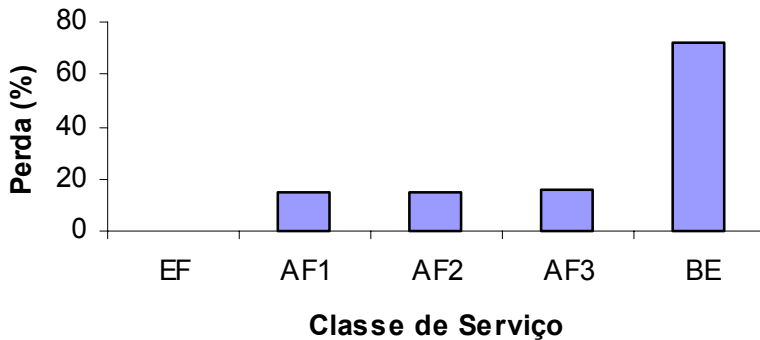
Jitter 200 bytes - Sem MPLS



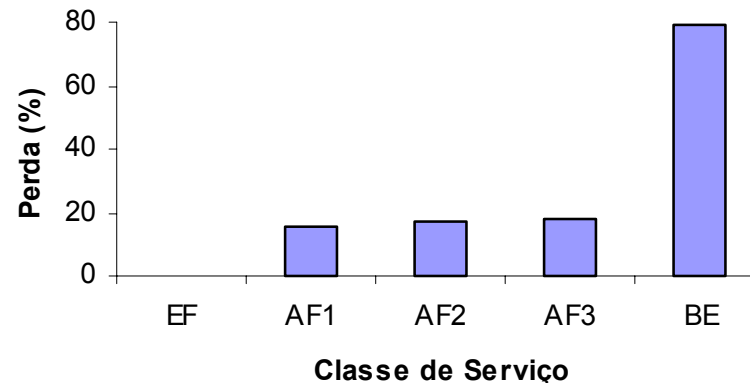
Jitter 200 bytes - Com MPLS



Perda 200 bytes (%) - Sem MPLS



Perda 200 bytes (%) - Com MPLS



Engenharia de Tráfego

- Modelamento matemático do problema de ET em redes IP sobre MPLS em termos programação matemática:
 - Maximização de vazão em níveis com priorização de tráfego, sujeito à restrições de atraso máximo das aplicações e largura de banda dos enlaces
- Resolução do problema empregando programação linear e heurística;
- Artigo a ser apresentado no SRBC2003 [Roberto Dias].



Conclusão

- **Avaliação Final**
 - Roteamento IP mostrou melhor desempenho que MPLS na implementação linux adotada e nos cenários definidos
- **Continuação do projeto**
 - Analisar resultados
 - Engenharia de Tráfego em IP/MPLS
 - SLA/SLM em redes IP/MPLS com diferenciação de serviços.
- **Proposta de cooperação**
 - Buscamos parcerias com outros centros de pesquisa e operadoras de telecomunicações para trocas de experiências e aprofundamento nas pesquisas relacionadas ao tema do projeto
 - Realizar experimentos com roteadores comerciais

