

# SBRC 2016

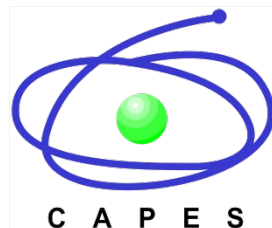
## Roteamento Multicaminhos em Redes Definidas por Software

Pedro H. A. Rezende

Luis F. Faina

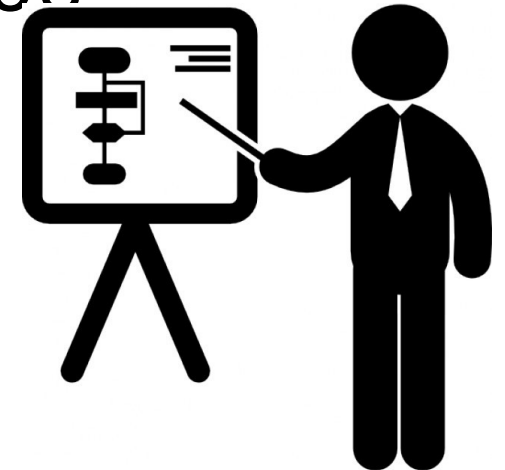
Lásaro Camargos

Rafael Pasquini



# Agenda

- Introdução
- Trabalhos Relacionados
- Arquitetura de Roteamento Multicaminhos
- Avaliação Experimental
- Conclusões e Trabalhos Futuros



# Introdução

- A Internet é composta por muitos caminhos
- Geralmente o tráfego de uma aplicação passa por um único caminho
- Técnicas que utilizam múltiplos caminhos
  1. ECMP
  2. MPTCP
- SDN – Separação entre Planos de Controle e Dados

# Introdução

## Objetivos:

1. Encaminhamento de pacotes por múltiplos caminhos em SDN
2. Integração com Módulo de Monitoramento
3. Aglutinar a largura de banda de diferentes caminhos para aumentar a taxa de transmissão de uma aplicação.
4. Auxiliar na Garantia de QoS

# Trabalhos Relacionados

- Focadas no Protocolo MPTCP

Divisão de um fluxo em sub-fluxos

**Alterar a pilha de protocolos dos hosts**

**Suportam apenas o TCP**

**Não tem controle sobre o núcleo da rede**

1. [van der Pol et al. 2012]

Descobrimto da rede através do OpenFlow

Aplicar regras de encaminhamento de acordo com identificadores de Vlan

Divisão e encaminhamento do tráfego em 8 sub-fluxos

2. [Sandri et al. 2015]

Uso de um controlador SDN para garantir que os sub-fluxos passem por caminhos disjuntos

O número de sub-fluxos é limitado pelo número de caminhos disjuntos na rede

# Trabalhos Relacionados

- Balanceador de Carga

- 1.[Li and Pan 2013]

Extensão de um controlador OpenFlow

Consulta os switches periodicamente para coletar a largura de banda utilizada dos enlaces

O caminho escolhido é aquele com maior largura de banda disponível.

- 2.[Jinyao et al. 2015]

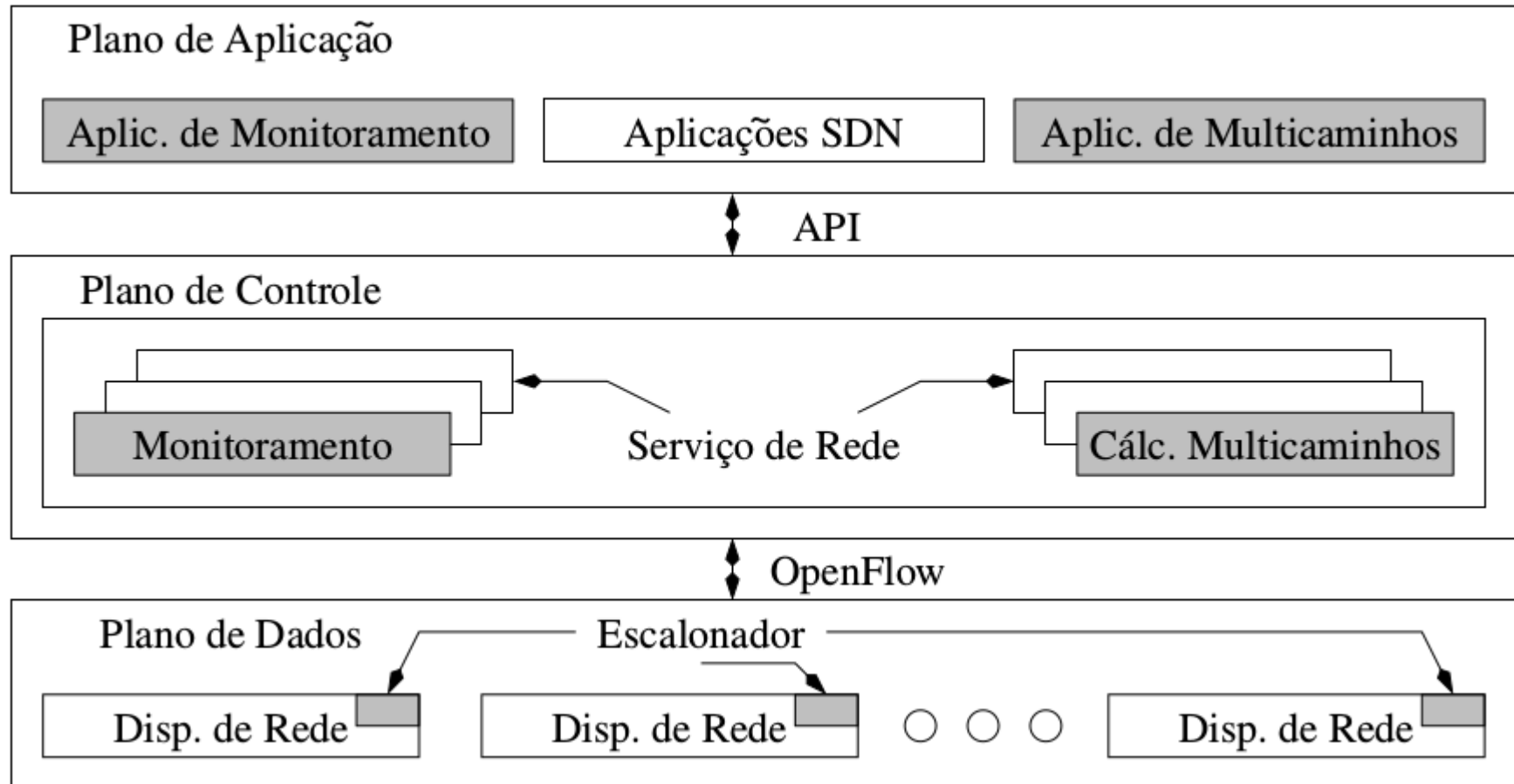
Extensão de um controlador OpenFlow

Dois componentes: (1) Classificação de Tráfego de acordo com a aplicação, (2) Módulo de Roteamento

As filas menos utilizadas são escolhidas para encaminhar o tráfego

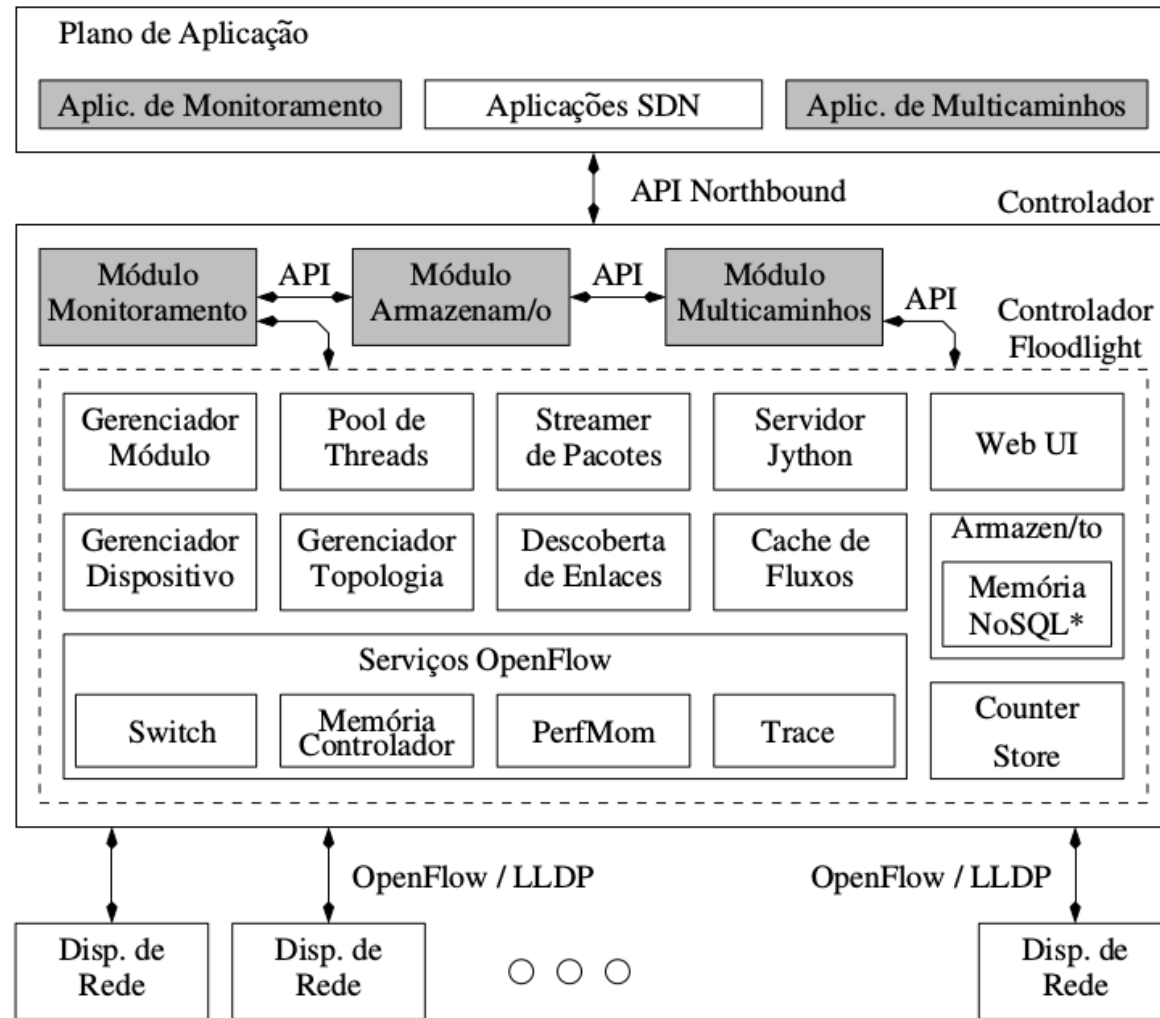
**Em ambos os trabalhos não há a divisão de fluxos em sub-fluxos, ou seja, um fluxo é encaminhado pelo mesmo caminho até o seu término.**

# Arquitetura de Roteamento Multicaminhos



- A adição de componentes ocorre nos três planos da Arquitetura SDN

# Arquitetura de Roteamento Multicaminhos



- Cada módulo implementa e disponibiliza seus próprios serviços
- A comunicação entre os módulos ocorre por meio da API Java do Controlador
- Os serviços são oferecidos às aplicações a partir da API RESTful do Controlador

# Arquitetura de Roteamento Multicaminhos

- MP-Routing

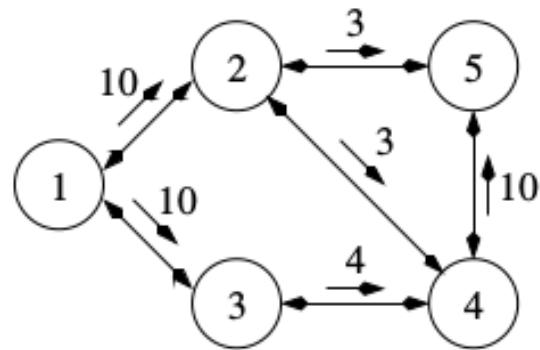
## Cômputo de multicaminhos

Retornar a topologia da rede por meio do Módulo de Topologia

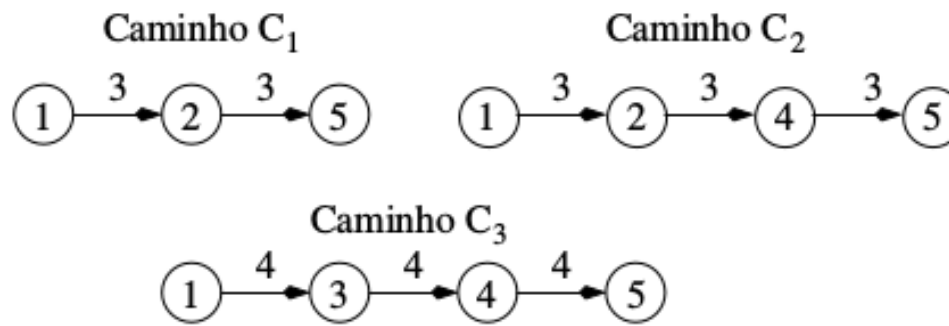
Consultar no Banco de Dados as larguras de banda remanescentes das interfaces

Consultar no Banco de Dados o SLA do usuário

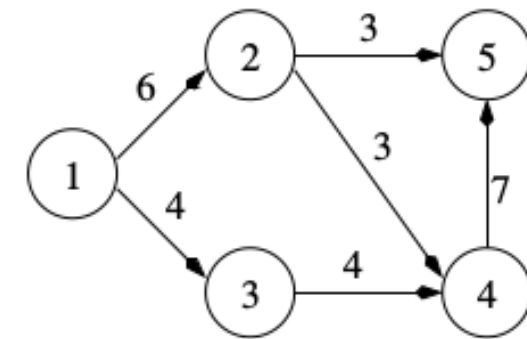
Computar e inserir os multicaminhos nos switches



(a) Grafo inicial e largura de banda disponível nas arestas.



(b) Conjunto de caminhos disponíveis e respectivas larguras de banda.

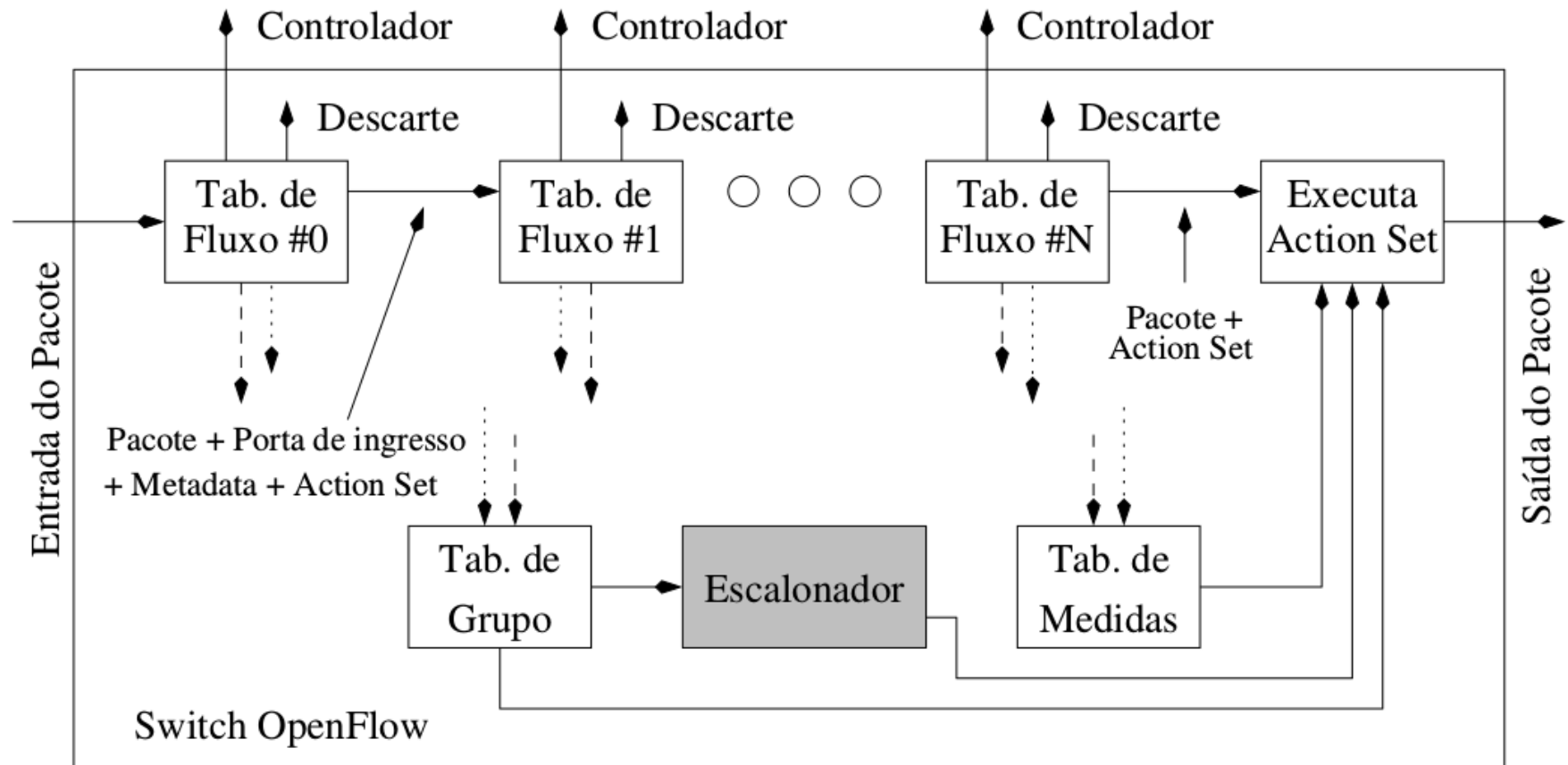


(c) Grafo resultante e largura de banda consumida nas arestas.

# Arquitetura de Roteamento Multicaminhos

- MP-Routing

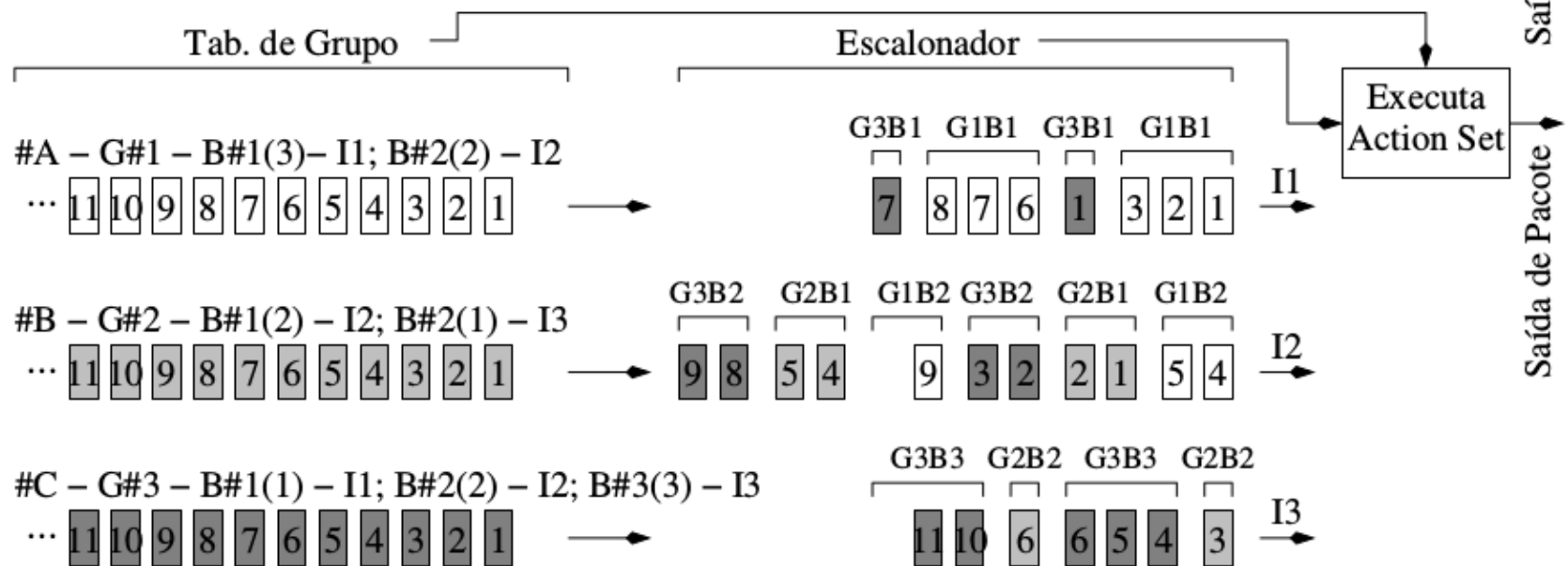
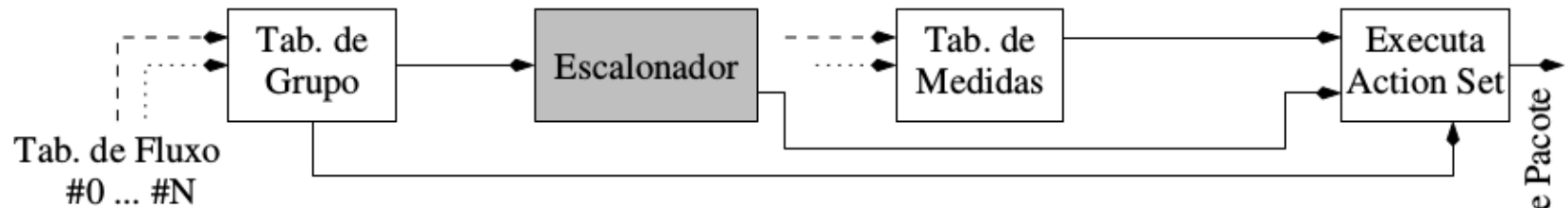
## Escalonador Multicaminhos



# Arquitetura de Roteamento Multicaminhos

- MP-Routing

## Escalonador Multicaminhos



# Avaliações do MP-Routing

- Ambiente de Testes do MP-Routing
  - Servidor de rack com 2 processadores quad-core de 2.4 GHz, 64 GB de memória RAM, HD de 300 GB
  - VMware ESXi como hypervisor.
  - Open vSwitch na versão 2.3.2
  - Floodlight
  - Cada VM utiliza 1 Processador Virtual, 8 GB de HD e 1 GB de RAM

# Avaliações do MP-Routing

- Duas aplicações distintas: SCP e IPerf
- Cada interface transfere no máximo 100Mbps
- Iperf gera um tráfego por 90 segundos
- SCP transfere um arquivo de 1 GB
- Tráfego concorrente, quando existir, de 60 Mbps
- Diferentes conjuntos de peso no multicaminhos, quando não existir tráfego de fundo. São eles: {85, 5, 5, 5}; {65, 20, 10, 5}; {45, 30, 15, 10} e {25, 25, 25, 25}

# Avaliação Experimental

- Cenários

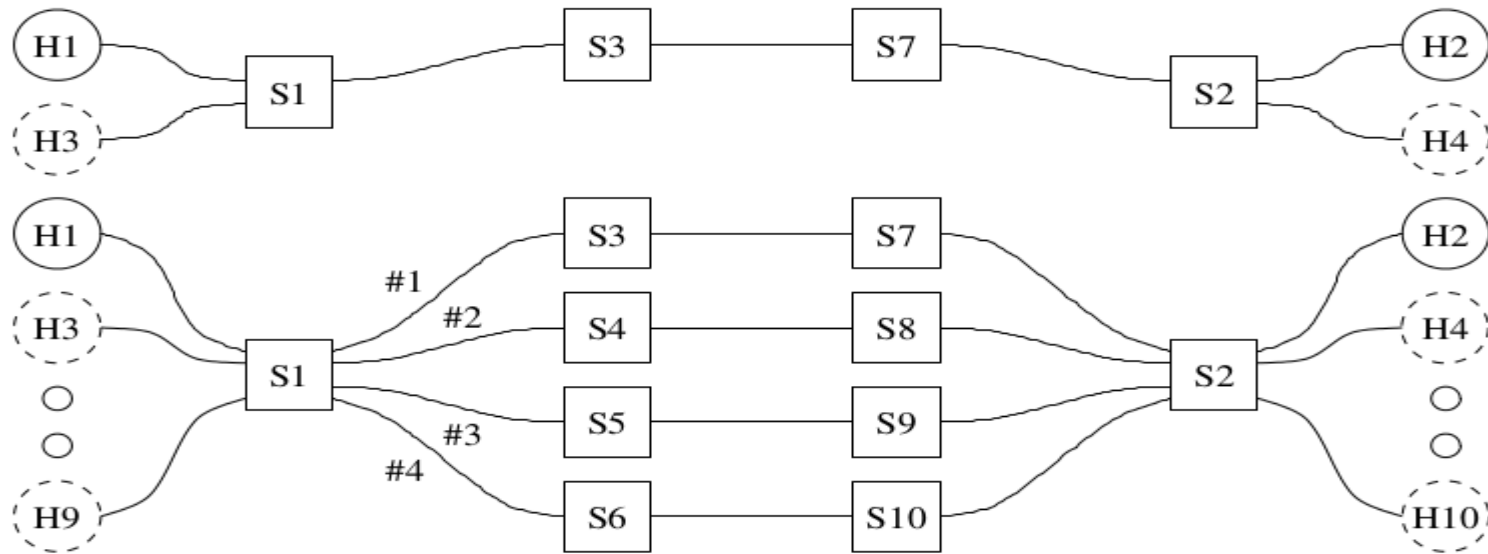
(i) multicaminhos versus caminho único + tráfego concorrente, onde todos os caminhos apresentam o mesmo número de saltos;

(ii) multicaminhos versus caminho único, onde todos os caminhos apresentam o mesmo número de saltos;

(iii) multicaminhos versus caminho único + tráfego concorrente, onde cada caminho apresenta um número de saltos variado; e,

(iv) multicaminhos, onde cada caminho apresenta um número de saltos variado;

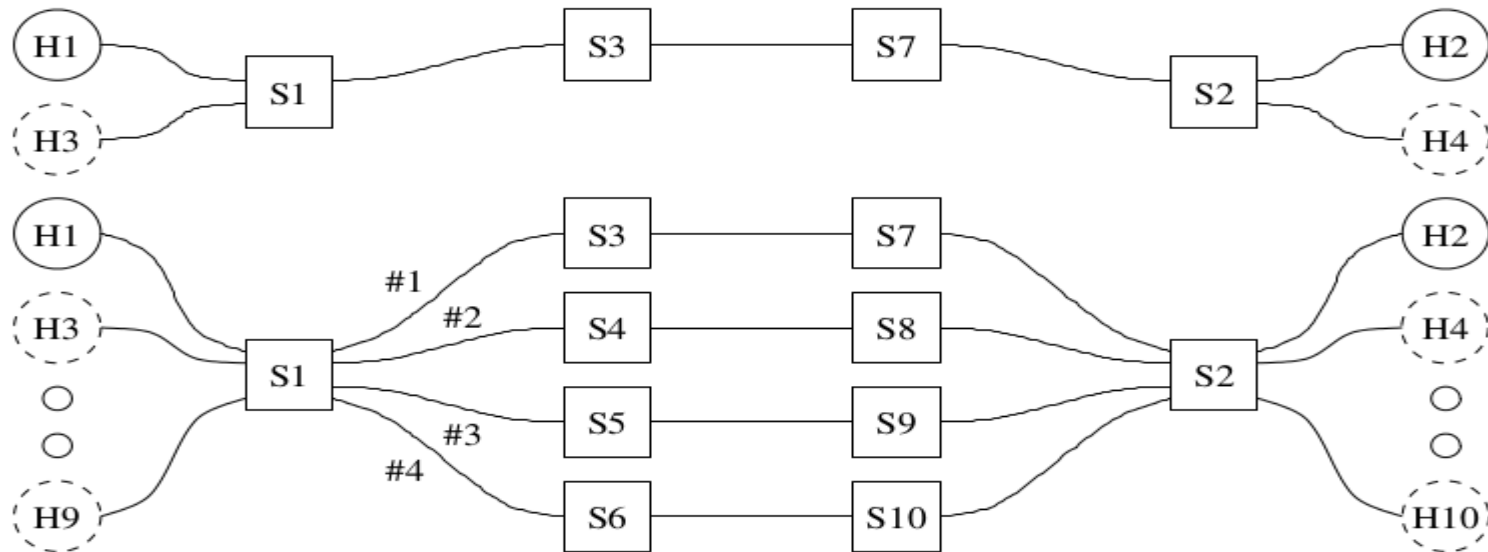
# Experimentos com o MP-Routing



Dados (MBytes)	Banda (Mbps)	Tempo (seg)	SEGs Enviados	SEGs* REXMIT	SEGs(%) REXMIT
IPerf - Caminho Único + Tráfego de Fundo					
416,00	38,70	90,00	300929	382;00;00	0,1538%
IPerf - Multicaminhos com 05 Saltos + Tráfego de Fundo					
1022,00	95,22	90,00	739896	374;04;01	0,0512%
SCP - Caminho Único + Tráfego de Fundo					
1024,00	36,80	222,00	742458	855;00;00	0,1150%
SCP - Multicaminhos com 05 Saltos + Tráfego de Fundo					
1024,00	92,36	93,00	742647	409;24;01	0,0584%

\* REXMIT = SEGs Retransmitidos [Fast; Forward; Slow Start].

# Experimentos com o MP-Routing

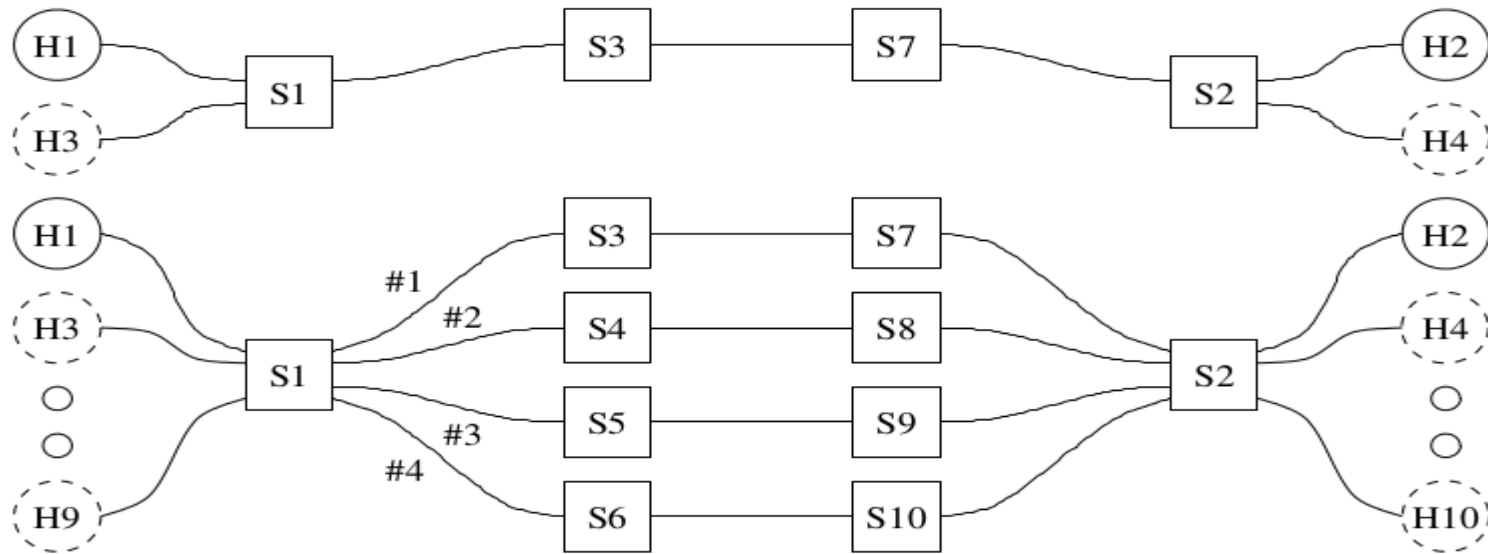


(a) IPerf - Caminho Único vs Multicaminhos com 05 Saltos/Caminho.

Dados (MBytes)	Banda (Mbps)	Tempo (seg)	SEGs Enviados	SEGs* REXMIT	SEGs(%) REXMIT
Caso #1 - Caminho Único com 05 Saltos: #1=100					
1024,00	95,62	90,00	743024	122;00;01	0,0166%
Caso #2 - Multicaminhos com 05 Saltos: #1=85; #2=05; #3=05; #4=05					
1022,00	95,22	90,00	740005	377;06;01	0,0519%
Caso #3 - Multicaminhos com 05 Saltos: #1=65; #2=20; #3=10; #4=05					
1023,00	95,34	90,00	740945	376;02;01	0,0511%
Caso #4 - Multicaminhos com 05 Saltos: #1=45; #2=30; #3=15; #4=10					
1024,00	95,50	90,00	742394	386;01;01	0,0522%
Caso #5 - Multicaminhos com 05 Saltos: #1=25; #2=25; #3=25; #4=25					
1024,00	95,30	90,00	740710	410;04;01	0,0560%

\* REXMIT = SEGs Retransmitidos [Fast; Forward; Slow Start].

# Experimentos com o MP-Routing

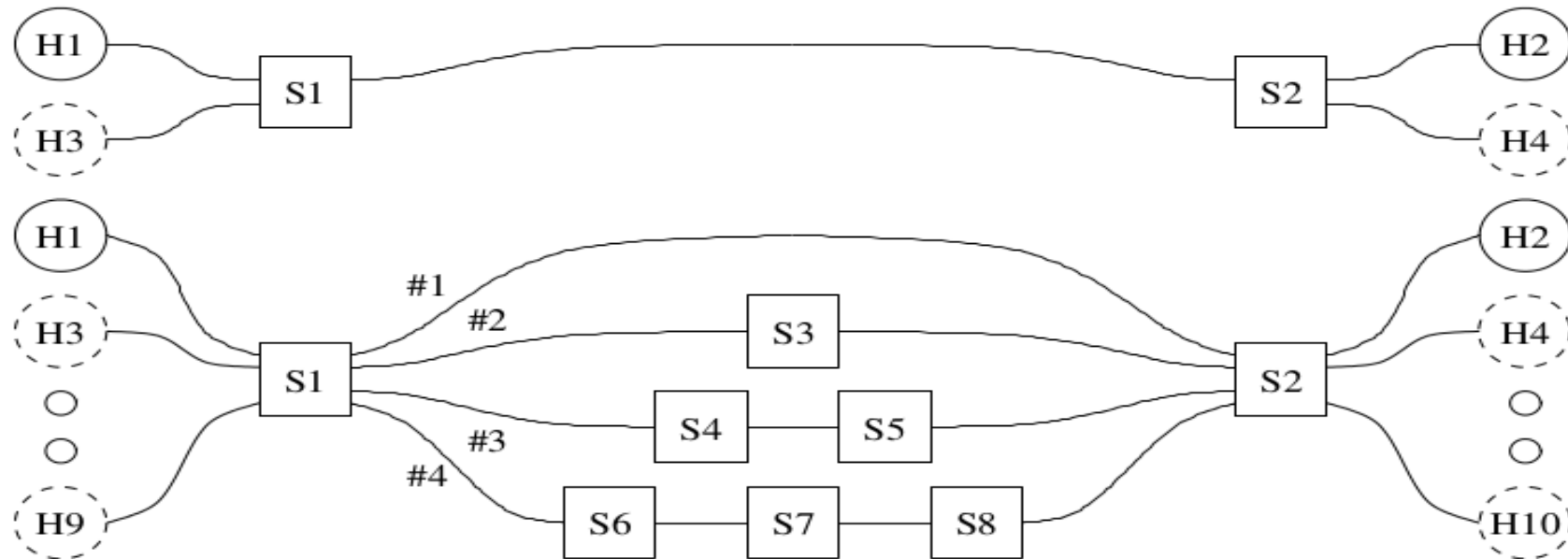


(b) SCP - Caminho Único vs Multicaminhos com 05 Saltos/Caminho.

Dados (MBytes)	Banda (Mbps)	Tempo (seg)	SEGs Enviados	SEGs* REXMIT	SEGs(%) REXMIT
Caso #1 - Caminho Único com 05 Saltos: #1=100					
1024,00	92,36	93,00	742579	150;00;01	0,0203%
Caso #2 - Multicaminhos com 05 Saltos: #1=85; #2=05; #3=05; #4=05					
1024,00	92,36	93,00	742619	393;11;01	0,0546%
Caso #3 - Multicaminhos com 05 Saltos: #1=65; #2=20; #3=10; #4=05					
1024,00	92,36	93,00	742581	397;18;01	0,0560%
Caso #4 - Multicaminhos com 05 Saltos: #1=45; #2=30; #3=15; #4=10					
1024,00	92,36	93,00	742616	404;19;01	0,0571%
Caso #5 - Multicaminhos com 05 Saltos: #1=25; #2=25; #3=25; #4=25					
1024,00	92,36	93,00	742584	406;19;01	0,0573%

\* REXMIT = SEGs Retransmitidos [Fast; Forward; Slow Start].

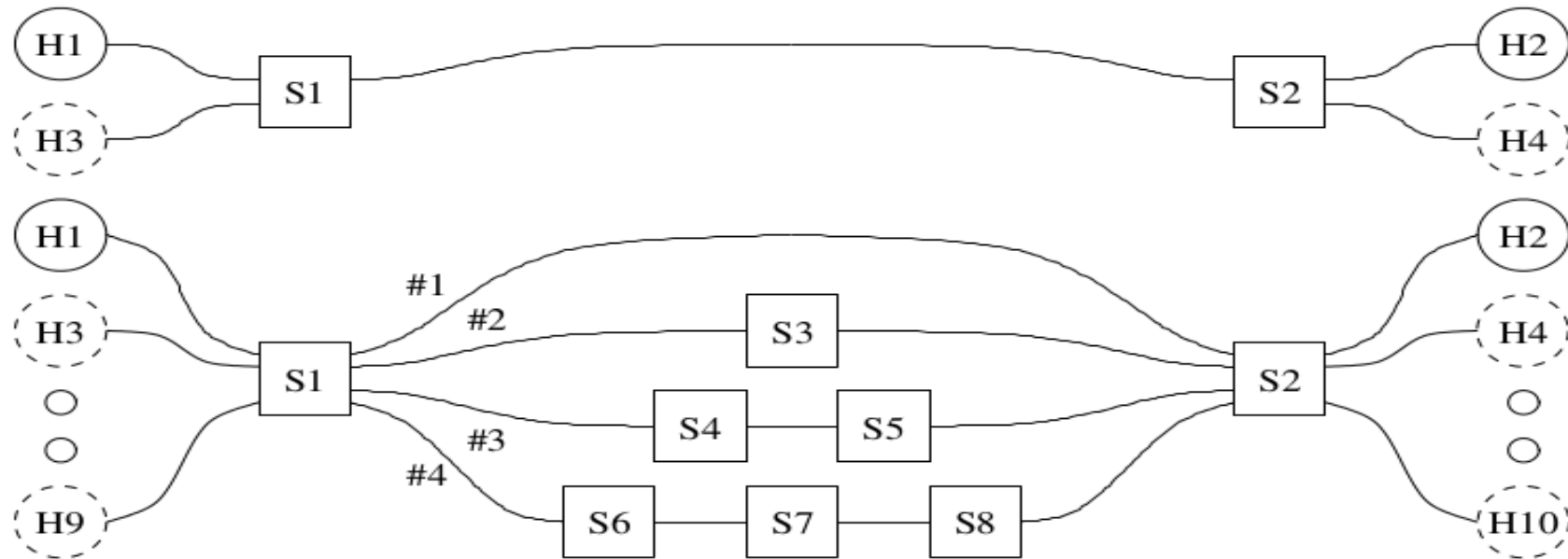
# Experimentos com o MP-Routing



Dados (MBytes)	Banda (Mbps)	Time (seg)	SEGs Enviados	SEGs* REXMIT	SEGs(%) REXMIT
IPerf - Caminho Único + Tráfego de Fundo					
416,00	38,68	90,00	300894	430;00;00	0,1427%
IPerf - Multicaminhos com 03 a 06 Saltos + Tráfego de Fundo					
1023,00	95,38	90,00	741256	387;02;01	0,0527%
SCP - Caminho Único + Tráfego de Fundo					
1024,00	38,59	222,00	742448	948;00;00	0,1275%
SCP - Multicaminhos com 03 a 06 Saltos + Tráfego de Fundo					
1024,00	92,36	93,00	742636	394;17;01	0,0554%

\* REXMIT = SEGs Retransmitidos [Fast; Forward; Slow Start].

# Experimentos com o MP-Routing

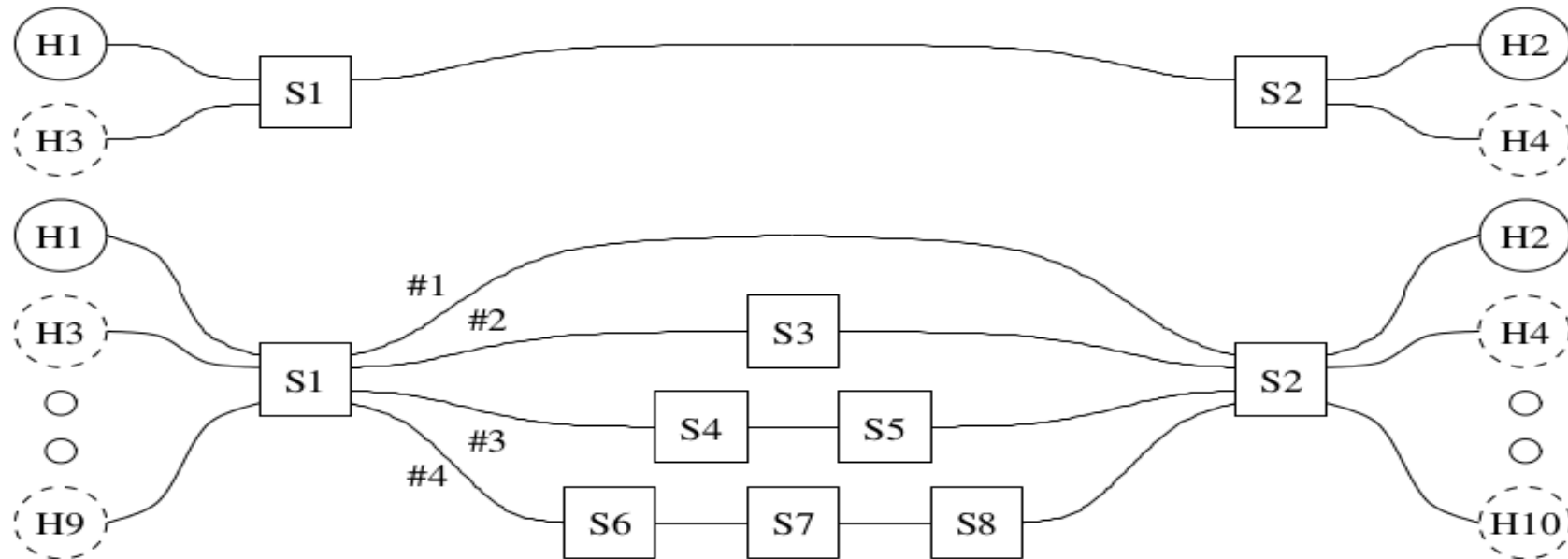


(a) IPerf - Multicaminhos com 03 a 06 Saltos por Caminho.

Dados (MBytes)	Banda (Mbps)	Time (seg)	SEGs Enviados	SEGs* REXMIT	SEGs(%) REXMIT
Caso #1 - Multicaminhos com 03 a 06 Saltos: #1=85; #2=05; #3=05; #4=05					
1023,00	95,38	90,00	741270	285;04;01	0,0359%
Caso #2 - Multicaminhos com 03 a 06 Saltos: #1=65; #2=20; #3=10; #4=05					
1023,00	95,36	90,00	741163	323;02;01	0,0442%
Caso #3 - Multicaminhos com 03 a 06 Saltos: #1=45; #2=30; #3=15; #4=10					
1024,00	95,58	90,00	742774	321;02;01	0,0436%
Caso #4 - Multicaminhos com 03 a 06 Saltos: #1=25; #2=25; #3=25; #4=25					
1024,00	95,24	90,00	742448	341;02;01	0,0463%

\* REXMIT = SEGs Retransmitidos [Fast; Forward; Slow Start].

# Experimentos com o MP-Routing



(b) SCP - Multicaminhos com 03 a 06 Saltos por Caminho.

Dados (MBytes)	Banda (Mbps)	Time (seg)	SEGs Enviados	SEGs* REXMIT	SEGs(%) REXMIT
Caso #1 - Multicaminhos com 03 a 06 Saltos: #1=85; #2=05; #3=05; #4=05					
1024,00	92,36	93,00	742602	288;22;01	0,0419%
Caso #2 - Multicaminhos com 03 a 06 Saltos: #1=65; #2=20; #3=10; #4=05					
1024,00	92,36	93,00	742629	352;23;01	0,0506%
Caso #3 - Multicaminhos com 03 a 06 Saltos: #1=45; #2=30; #3=15; #4=10					
1024,00	92,36	93,00	742584	319;07;01	0,0440%
Caso #4 - Multicaminhos com 03 a 06 Saltos: #1=25; #2=25; #3=25; #4=25					
1024,00	92,36	93,00	742599	318;05;01	0,0436%

\* REXMIT = SEGs Retransmitidos [Fast; Forward; Slow Start].

# Conclusões e Trabalhos Futuros

## MP-Routing

- Por meio da agregação das larguras de banda disponíveis na rede consegue fornecer à aplicação do usuário uma maior taxa de transmissão.
- É sempre dado a prioridade ao caminho único, pois como mostrado nos testes, ele tem melhor desempenho. Usando múltiplos caminhos apenas quando for realmente necessário.
- É feita uma análise entre um único caminho e múltiplos caminhos, com diferentes pesos e sem e na presença de tráfego concorrente.
- Não precisa modificar a pilha de protocolo dos hosts e não fica limitado ao protocolo TCP.

# Conclusões e Trabalhos Futuros

- Implementar extensões propostas na versão 1.5 do protocolo OpenFlow nos switches.
- Investigar novas heurísticas para o algoritmo de definição de pesos para cada bucket
- Investigar novas heurísticas para a seleção de rotas