



OTIMIZAÇÃO DINÂMICA BASEADA EM CONTEXTO DE REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE

FRANCISCO JOSE BADARÓ VALENTE NETO

EQUIPE CAARF-SDN

francisco@itsbrasil.net

fjbvneto@gmail.com

LACNIC 30 / LACNOG 2018

EQUIPE CAARF-SDN



Paulo Sampaio, Pesquisador e Professor Titular Unifacs/Laureates

Constantino Jacob Miguel , Gerente de Tecnologia na Polo-IT

Jorge Santos , Business Development Manager na Oi S/A

Francisco J. Badaró V. Neto, Msc

francisco@itsbrasil.net

fjbvneto@gmail.com

Constantino Jacob Miguel, Msc

constantino.jacob@gmail.com

Jorge Alves Santos, Msc

jorgealves1981@gmail.com

Paulo N. M. Sampaio, PhD

pnms.funchal@gmail.com

Wesly Silva, Analista de Suporte na ITS Brasil (Orientando Unime)

Moises Sampaio, Aluno Unime (Orientando Unime)

Heitor Santos, Analista de Sistemas na Polo-IT (Orientando Devry)

Wesly Silva , Bsc (Orientando TCC)

wesly.silva@gmail.com

Moises Sampaio (Orientando TCC)

moisessampaiofarias@gmail.com

Heitor Souza, Bsc (Orientando TCC)

heitormail1@gmail.com

AGENDA



1. **Introdução**
2. Trabalhos Relacionados
3. Sistemas Sensíveis a Contexto
4. CAARF-SDN
5. Experimentação Realizada
6. Aspectos Inovadores e Resultados
7. Conclusões e Perspectivas Futuras

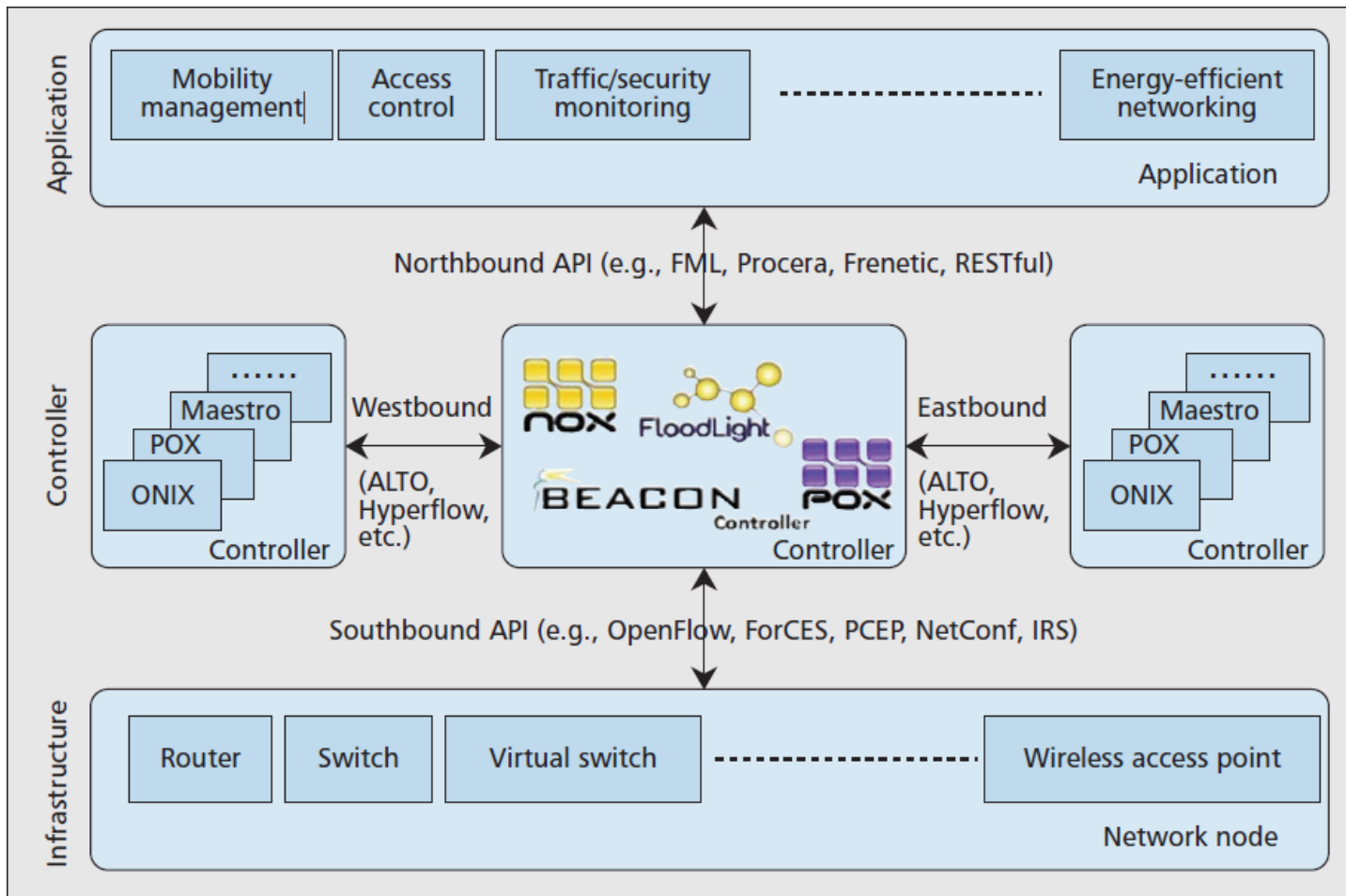
- Fornecer garantias de entrega de tráfego sensível as variações de rede x disponibilidade de recursos = **DESAFIO**

QUESTÃO AMPLAMENTE DISCUTIDA NA LITERATURA

- Natureza convergente, novas arquiteturas digitais, crescente demanda por tráfego sensível = **INSUFICIÊNCIA DAS SOLUÇÕES BASEADAS APENAS EM QoS.**

- A atual natureza convergente das arquiteturas digitais, a crescente demanda por tráfego sensível em tempo real tornam as soluções baseadas apenas em QoS insuficientes.
- A abordagem híbrida adotada pela combinação de Qualidade de Serviço (QoS), Qualidade da Experiência (QoE) e Qualidade de Dispositivos (QoD) é uma tendência promissora para engenharia e otimização de tráfego.

Introdução – SDN



O CAARF-SDN é uma APP para a Northbound API que integra as noções de QoS, QoE e QoD para fornecer uma abordagem dinâmica e proativa para a engenharia e otimização de tráfego.

AGENDA



1. Introdução
2. **Trabalhos Relacionados**
3. Sistemas Sensíveis a Contexto
4. CAARF-SDN
5. Experimentação Realizada
6. Aspectos Inovadores e Resultados
7. Conclusões e Perspectivas Futuras

Comparativo das principais características entre o Caarf-SDN e alguns trabalhos pesquisados.

Abordagens	QoS	QoE	QoD	Agnóstico a Aplicação	Agnóstico ao tipo de Rede	Suporte a SDN
OPENQOS	X	X	-	-	X	X
Q-POINT	X	X	-	X	X	X
SDNHAS	X	X	-	-	X	X
RVSDN	X	-	-	-	X	X
EUQOS	X	-	-	X	X	-
QOE-SERV	X	X	-	X	-	X
ET EM SDN	X		-	X	X	X
CAARF-SDN	X	X	X	X	X	X

Trabalhos Relacionados



Blue Coat Systems, Cisco Systems, F5 Networks, Juniper Networks, Riverbed Technology...

Não são soluções generalistas (algumas não são agnósticas ao tipo de rede, outras não tratam as diversas métricas possíveis e elas são SOLUÇÕES PROPRIETÁRIAS).

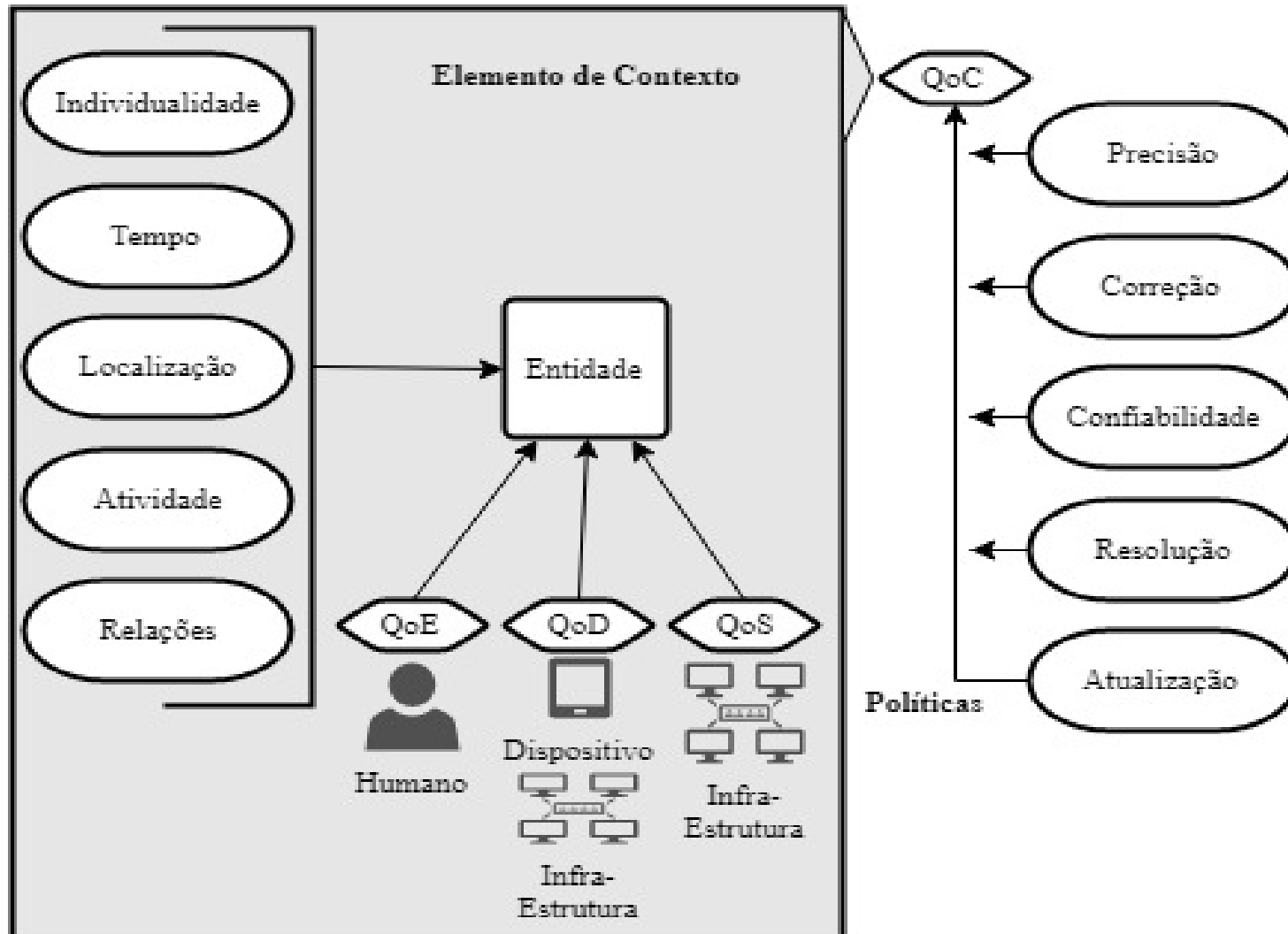
Disclaimer: As marcas citadas aqui estão apenas para efeito ilustrativo e didático

AGENDA



1. Introdução
2. Trabalhos Relacionados
3. **Sistemas Sensíveis a Contexto**
4. CAARF-SDN
5. Experimentação Realizada
6. Aspectos Inovadores e Resultados
7. Conclusões e Perspectivas Futuras

Sistemas Sensíveis a Contexto



Sistemas Sensíveis a Contexto

QoD

```
"qod": {  
  "cpuLoad": 4,  
  "cpuLoadUnity": "%",  
  "freeMem": 1500,  
  "freeMemUnity": "KB",  
  "battery status": "low",  
  "time": "2017-09-04-06:30.024",  
  "location": {  
    "type": "Point",  
    "coordinates": [ -12.997465, -38.490778] },  
}
```

QoE

```
"qoe": {  
  "estimatedMos": 2,  
  "targetMos": 3,  
  "codec": "G.729",  
  "r-factor": 81.4502877398770000,  
  "time": "2017-09-04-06:30.024"  
}
```

QoS

```
"qos": {  
  "jitter": 9.389,  
  "throughput": 10.5,  
  "throughputUnity": "Mbps",  
  "packetLoss": 150,  
  "latency": 10,  
  "time": "2017-09-04-06:30.024"  
}
```

Representação JSON das métricas de QoS, QoE, QoD.

AGENDA



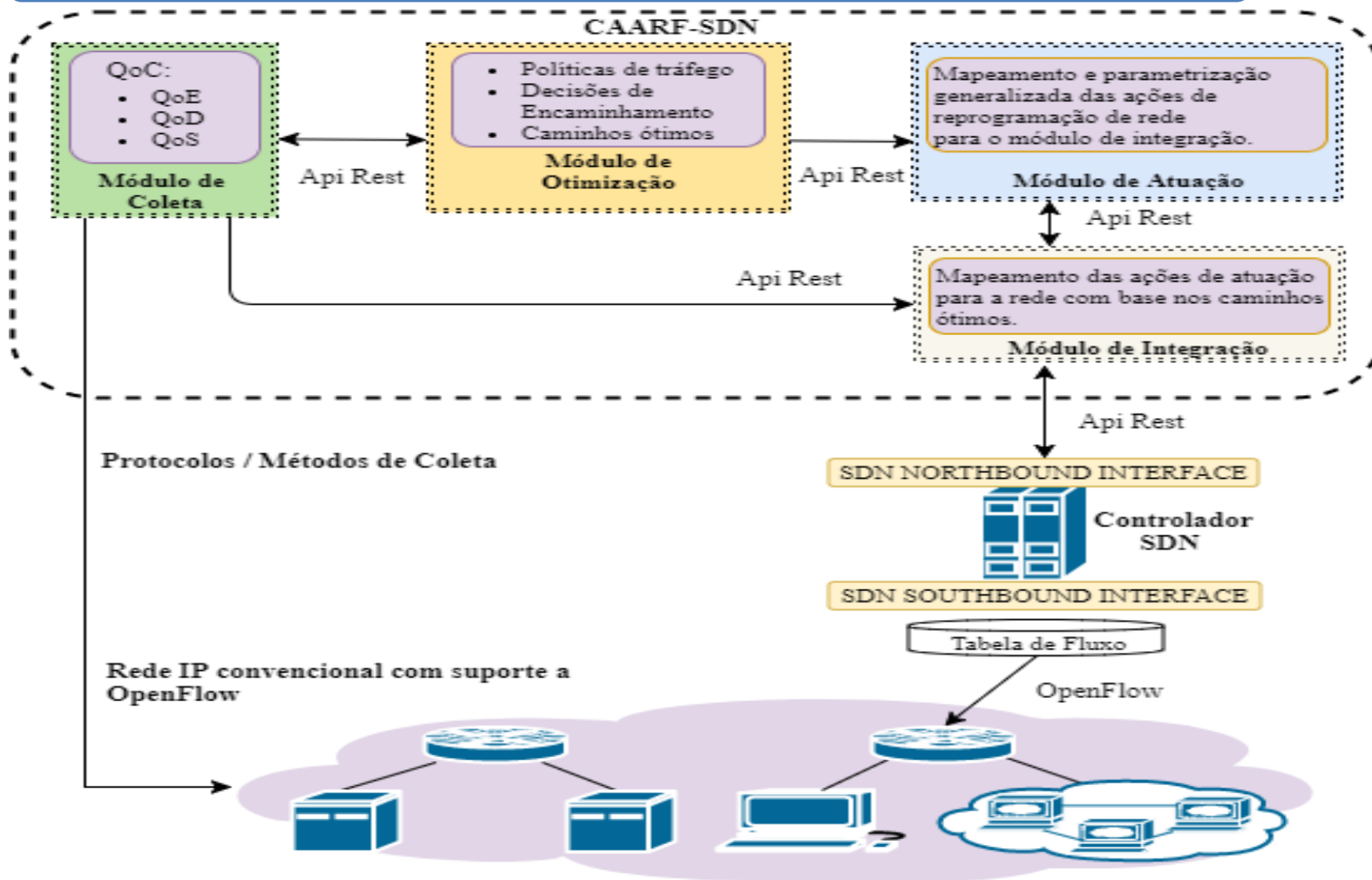
1. Introdução
2. Trabalhos Relacionados
3. Sistemas Sensíveis a Contexto
4. **CAARF-SDN**
5. Experimentação Realizada
6. Aspectos Inovadores e Resultados
7. Conclusões e Perspectivas Futuras

C.A.A.R.F. – S.D.N.

***CONTEXT-AWARE ADAPTIVE ROUTING FRAMEWORK -
SOFTWARE DEFINED NETWORK***

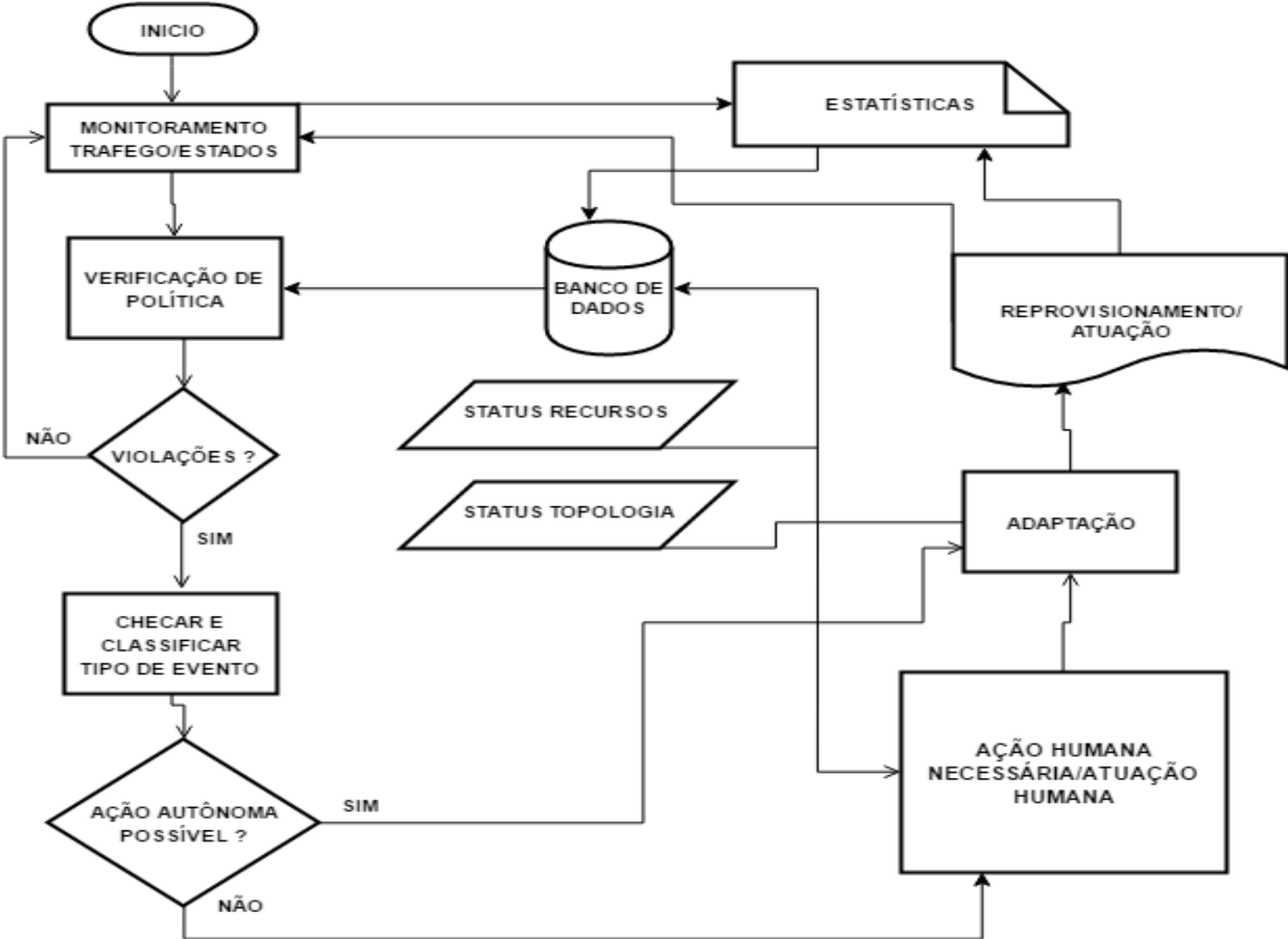
**Framework para Roteamento adaptativo ao contexto,
implementado em Redes Definidas por Software**

CAARF-SDN – Arquitetura Conceitual



Aplicar inteligência ao controlador SDN.

CAARF-SDN – Workflow de Funcionamento



AGENDA



1. Introdução
2. Trabalhos Relacionados
3. Sistemas Sensíveis a Contexto
4. CAARF-SDN
5. **Experimentação Realizada**
6. Aspectos Inovadores e Resultados
7. Conclusões

Experimentação Realizada



Coleta Caarf

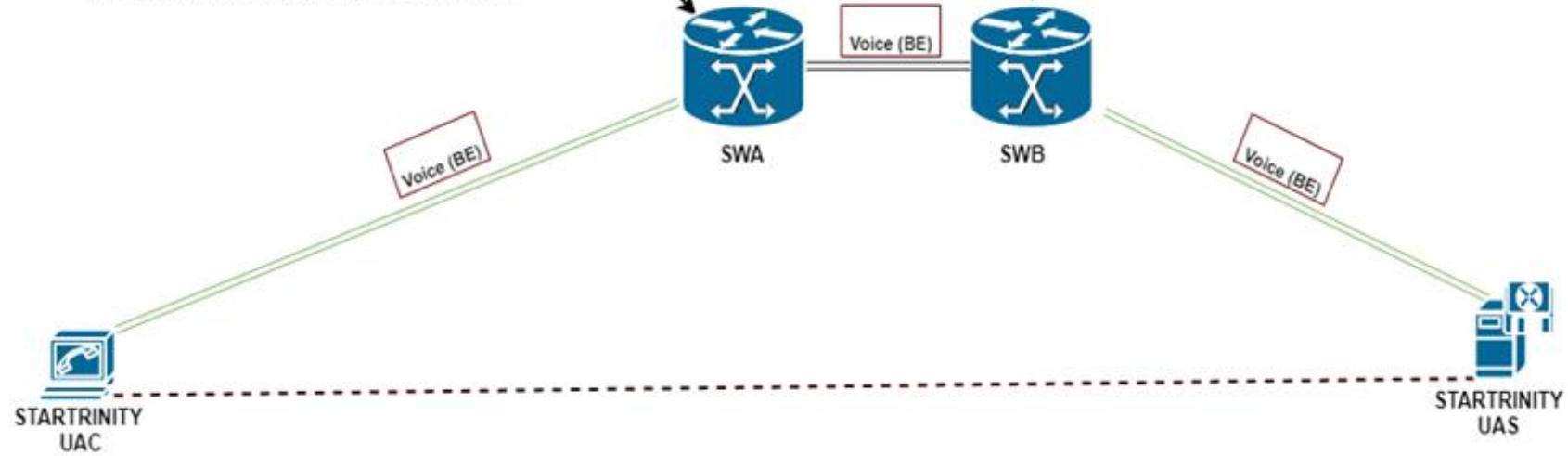
Otimização Caarf

Integração Caarf

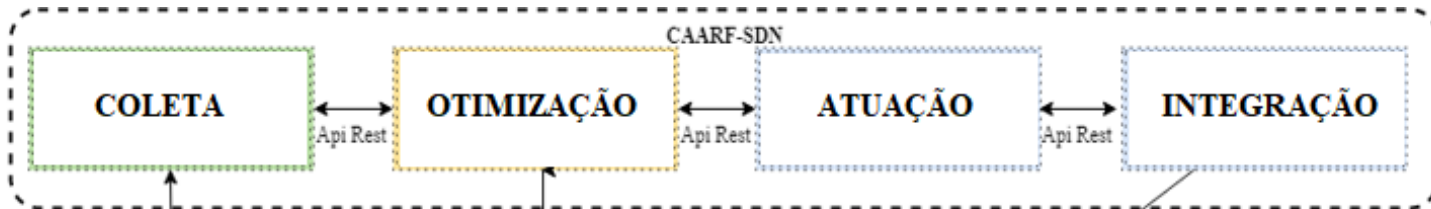
SDN Controller

**CAARF-SDN - IMPLANTAÇÃO
EXPERIMENTO: PRIORIZAÇÃO
DSCP PARA VOZ (PHB): EF (46)
TRÁFEGO: NORMAL**

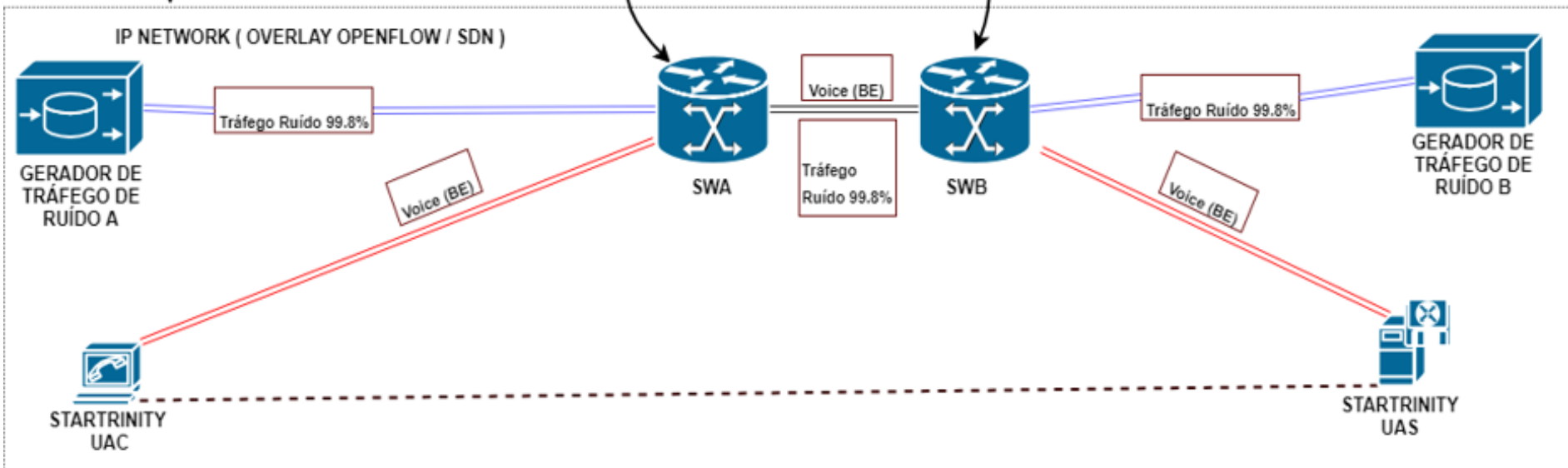
IP NETWORK (OVERLAY OPENFLOW / SDN)



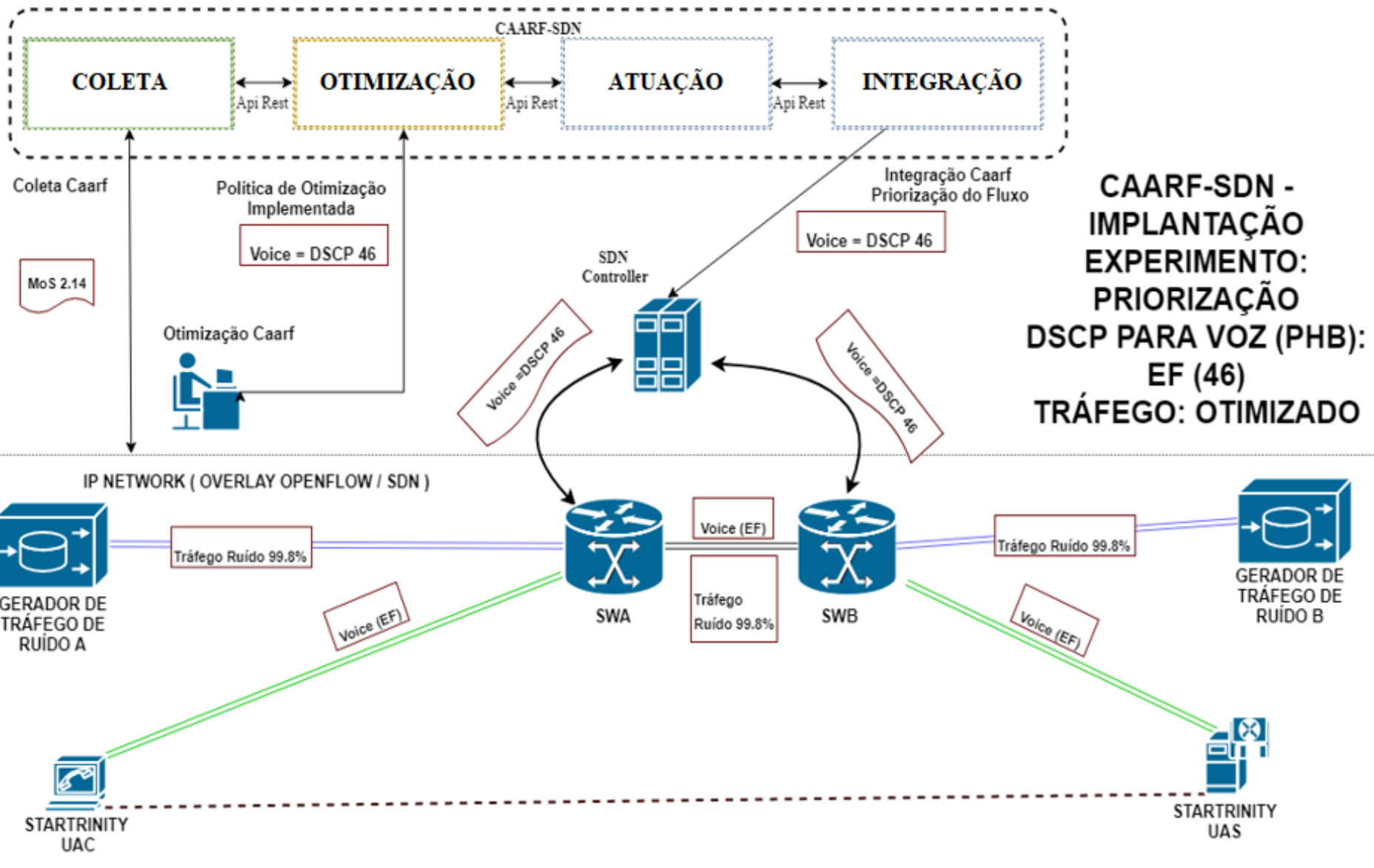
Experimentação Realizada



**CAARF-SDN - IMPLANTAÇÃO
EXPERIMENTO: PRIORIZAÇÃO
DSCP PARA VOZ (PHB): EF (46)
TRÁFEGO: INSERÇÃO DE RUÍDO**



Experimentação Realizada



Experimentação Realizada

Flowtable Modification (Flowtable Configuration Module -> Northbound API SDN Controller)

```
{
  "Version": "1.3.0"
  "ConfigurationAction": {
    "flow_id":1,
    "src_datapath": "00:64:74:46:a0:ff:07:00"
    "dst_ip": 192.168.0.21,
    "dst_ip": 192.168.0.6,
    "dscp_default": 0,
    "dscp_optimized": 46,
    "time": "2017-09-04-06:30.024"
  }
}
```

Estimated MOS calculation

```
EffectiveLatency = ( AverageLatency + Jitter * 2 + 10 )
if EffectiveLatency < 160 then
  R = 93.2 - (EffectiveLatency / 40)
else
  R = 93.2 - (EffectiveLatency - 120) / 10
R = R - (PacketLoss * 2.5)
MOS = 1 + (0.035) * R + (.000007) * R * (R-60) * (100-R)
```

QoS Notification (CAARF Agent -> SDN)

```
{
  "AgentCaarfChangeContextNotification": {
    "deviceId": 234524,
    "deviceType": "Asterisk PBX",
    "userAgent": "Agent-Caarf-SDN (Versão 1.24)",
    "timestamp": "2017-09-04-06:30.024",
    "contextData": {
      "qos": {
        "jitter": 9.389,
        "throughput": 10.5,
        "throughputUnity": "Mbps",
        "packetLoss": 150,
        "latency": 10,
        "time": "2017-09-04-06:30.024"
      }
    }
  }
}
```

Context modification (Context Reader -> Optimization)

```
{
  "changeContextNotification": {
    "timestamp": "2017-09-04-06:30.024",
    "ContextData": {
      "qoe": {
        "estimateMos":2.4,
        "targetMos":4.0,
        "rFactor":81.450287739877,
        "codec":"G.729",
        "time": "2017-09-04-06:30.024"
      }
      "qos": {
        "jitter": 23.389,
        "packetLoss": 123,
        "latency": 40,
        "src_ip": 192.168.0.21,
        "dst_ip": 192.168.0.6,
        "codec":"G.729",
        "time": "2017-09-04-06:30.024"
      }
    }
  }
}
```

Experimentação Realizada

Context modification (Context Reader -> Optimization)

```
{
  "changeContextNotification": {
    "timestamp": "2017-09-04-06:30.024",
    "ContextData": {
      "qoe": {
        "estimateMos": 2.4,
        "targetMos": 4.0,
        "rFactor": 81.450287739877,
        "codec": "G.729",
        "time": "2017-09-04-06:30.024"
      }
      "qos": {
        "jitter": 23.389,
        "packetLoss": 123,
        "latency": 40,
        "src_ip": 192.168.0.21,
        "dst_ip": 192.168.0.6,
        "codec": "G.729",
        "time": "2017-09-04-06:30.024"
      }
    }
  }
}
```

Optimization notification (Optimization -> Flowtable Configuration)

```
{
  "ConfigurationDirectives": {
    "timestamp": "2017-09-04-06:30.024",
    "Optimization": {
      "ChangeDSCP": {
        "src_ip": 192.168.0.21,
        "dst_ip": 192.168.0.6,
        "dscp_default": 0,
        "dscp_optimized": 46,
        "time": "2017-09-04-06:30.024"
      }
    }
  }
}
```

Northbound API SDN Controller

```
{
  "Version": "1.3.0"
  "meter": {
    "id": 1,
    "command": "add"
    "flags": ["kbps", "burst", "stats"],
    "bands": {
      "burst_size": 1000,
      "rate": 1500,
      "mtype": "drop"},
      "burst_size": 1000,
      "rate": 100,
      "mtype": "dscp_remark", "prec_level": 46,
    }
  }
}
```

Optimization notification (Optimization -> Flowtable Configuration)

```
{
  "ConfigurationDirectives": {
    "timestamp": "2017-09-04-06:30.024",
    "Optimization": {
      "ChangeDSCP": {
        "src_ip": 192.168.0.21,
        "dst_ip": 192.168.0.6,
        "dscp_default": 0,
        "dscp_optimized": 46,
        "time": "2017-09-04-06:30.024"
      }
    }
  }
}
```

Experimentação Realizada - Resultados

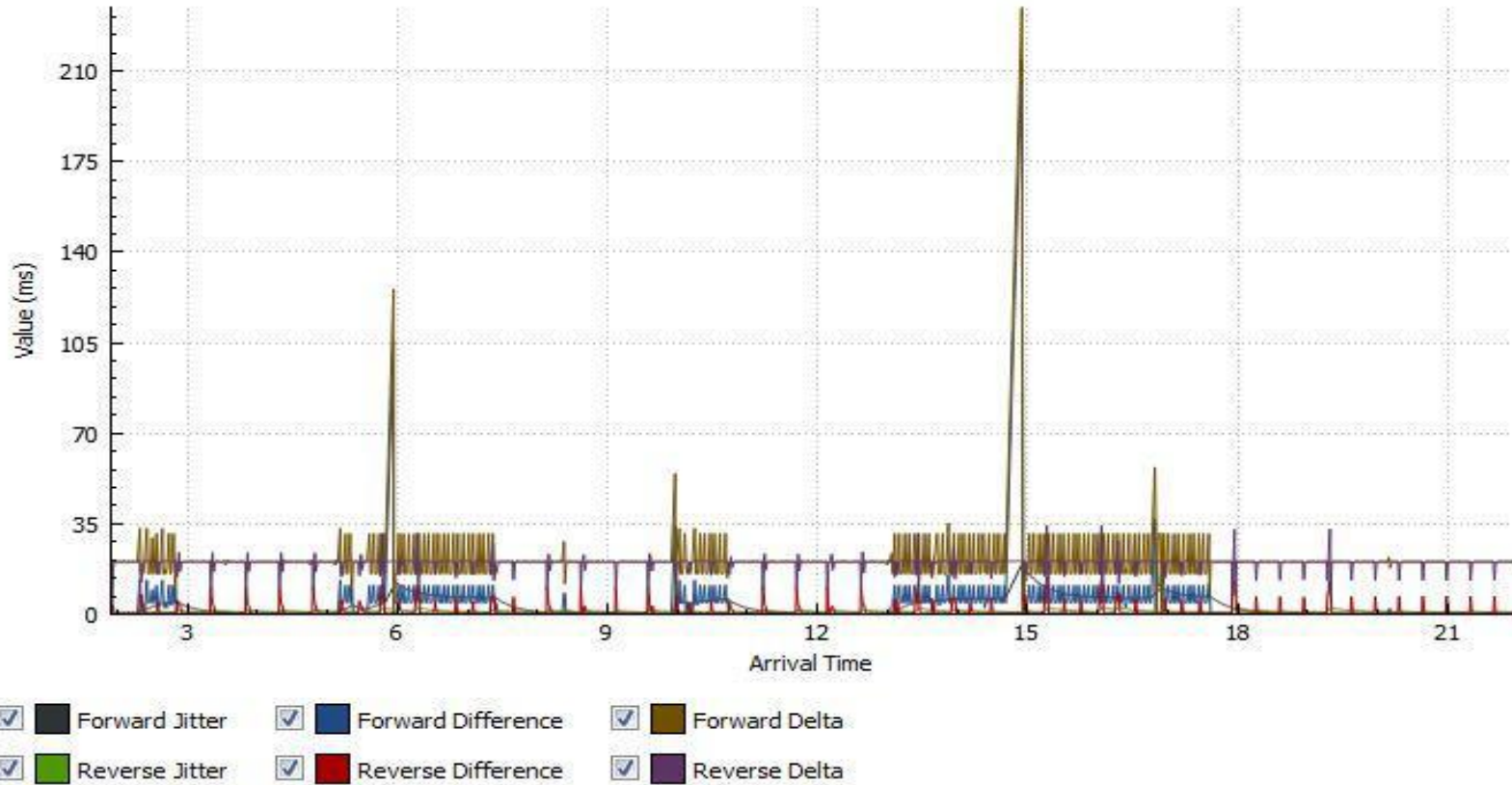


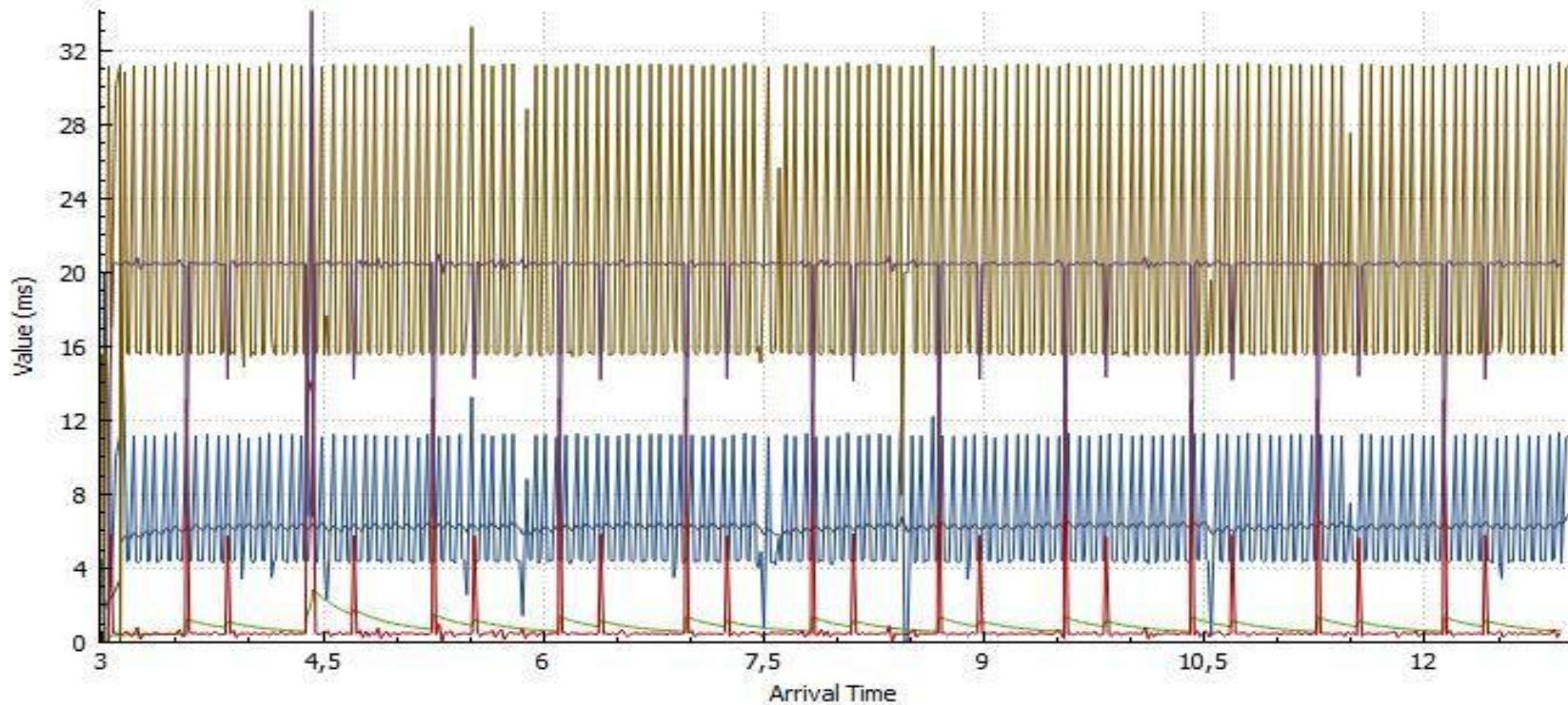
TABLE I

INDICATORS PRODUCED WITHIN SCENARIO I

METRICS	MIN	AVERAGE	MAX
Packets Loss (%)	0.00	0.00	0.00
MOS	4.41	4.41	4.41
R-factor	93.20	93.20	93.20

Cenário I: 5 Chamadas / 10m cada . Sem CNG.

Experimentação Realizada - Resultados



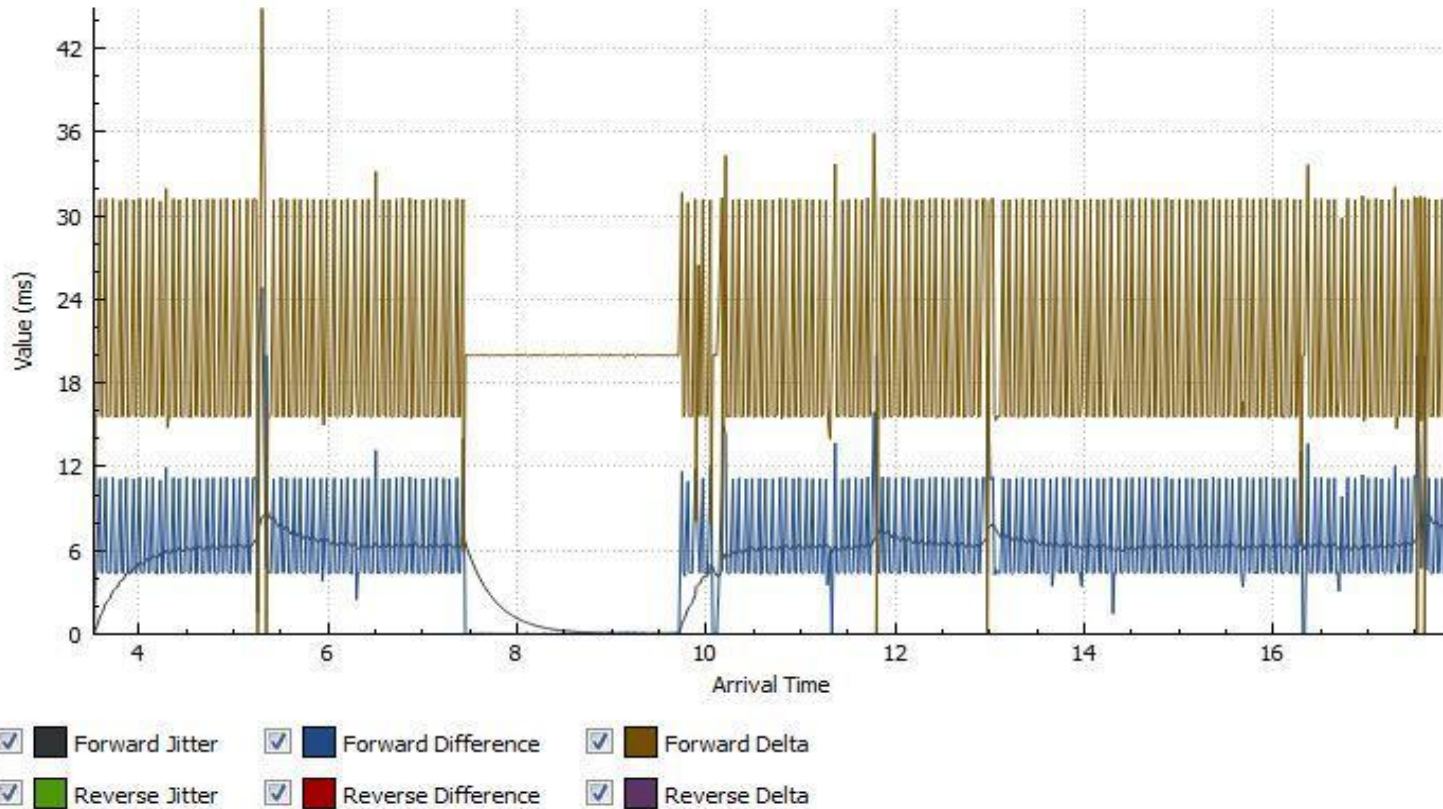
- Forward Jitter
- Forward Difference
- Forward Delta
- Reverse Jitter
- Reverse Difference
- Reverse Delta

TABLE II
INDICATORS PRODUCED IN THE SCENARIO II

METRICS	MIN	AVERAGE	MAX
Packet Loss (%)	0.00	25.84	78.30
MOS	4.41	2.38	1.00
R-factor	93.20	41.27	0.00

Cenário II: 5 Chamadas / 10m cada . Com CNG. (99.8% sob FastEthernet)

Experimentação Realizada - Resultados



Cenário III: 5 Chamadas / 10m cada . Com CNG. (99.8% sob FastEthernet) e Caarf-SDN atuando.

TABLE III
INDICATORS PRODUCED IN THE SCENARIO III

METRICS	MIN	AVERAGE	MAX
Lost packets (%)	0.00	9.44	37.13
MOS	4.41	3.90	2.14
R-factor	93.20	79.54	70.20

Experimentação Proposta

CAARF-SDN - PERCEPÇÃO DE CONGESTIONAMENTO

Otimização / Políticas
Engenharia de
Tráfego



Aplicação de Políticas

Caarf-SDN

Coleta Caarf (SNMP, NETFLOW, CAARF)
swc.uplink (999M)
Mos 1.3 (BAD)

Atuação Caarf-SDN

Controlador SDN

REDE IP (OVERLAY OPENFLOW / SDN)



GERADOR DE TRÁFEGO A

999M



GERADOR DE TRÁFEGO B

999M

VOZ

1G

VOZ

1G

100M

100M

100M

100M

999M

1G

999M

1G

100M

1G

VOZ



STARTRINITY UAS

STARTRINITY UAC

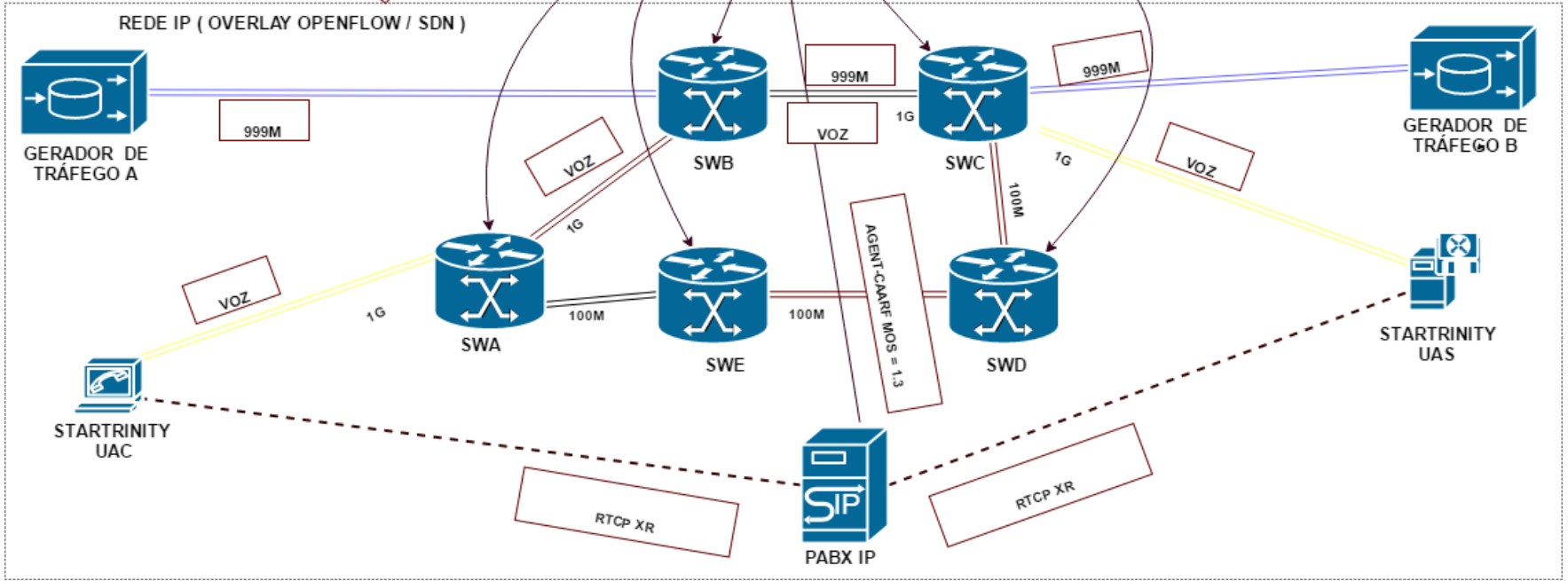
RTCP XR



PABX IP

RTCP XR

AGENT-CAARF MOS = 1.3



Experimentação Proposta

Otimização / Políticas
Engenharia de
Tráfego



Aplicação de Políticas

Caarf-SDN



Coleta Caarf (SNMP, NETFLOW, AGENTE CAARF)

swc-uplink-sw0 (999M)

MoS 4.0 (GOOD)

Atuação Caarf SDN

CAARF-SDN - PERCEPÇÃO DE CONGESTIONAMENTO / ATUAÇÃO DE MUDANÇA DE PORTA/TOPOLOGIA

Controlador SDN



REDE IP (OVERLAY OPENFLOW / SDN)

CONGESTIONAMENTO



GERADOR DE TRÁFEGO A

999M



GERADOR DE TRÁFEGO B

999M



SWB



SWC

1G

1G

VOZ

VOZ

1G

VOZ

100M

VOZ

100M

VOZ

100M

AGENT-CAARF MOS = 4.0



STARTRINITY UAS



STARTRINITY UAC

RTCP XR

RTCP XR



PABX IP

Experimentação Proposta

Otimização / Políticas
Engenharia de
Tráfego



Aplicação de Políticas

Caarf-SDN



CAARF-SDN - PERCEPÇÃO DE CPU ALTA

Coleta Caarf (SNMP, NETFLOW, AGENTE CAARF)

swc.cpu.load = 99,5%

MoS 1,3 (BAD)

Atuação Caarf SDN

Controlador SDN



REDE IP (OVERLAY OPENFLOW / SDN)



GERADOR DE TRÁFEGO A

300mbps / 50000pps



GERADOR DE TRÁFEGO B

300mbps / 50000pps



STARTRINITY UAC



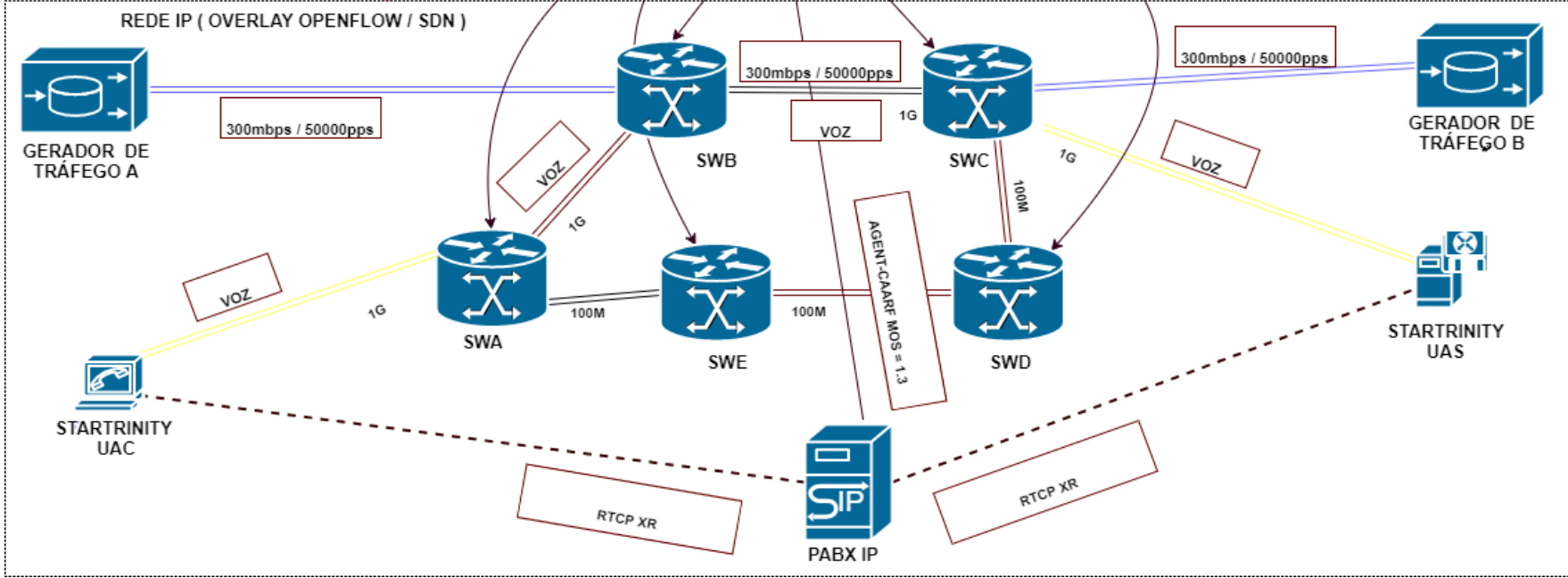
STARTRINITY UAS

RTCP XR

RTCP XR



PABX IP



Experimentação Proposta

Otimização / Políticas
Engenharia de
Tráfego



Aplicação de Políticas

Caarf-SDN



Coleta Caarf (SNMP, NETFLOW, CAARF)

Atuação Caarf SDN

CAARF-SDN - PERCEPÇÃO DE CPU ALTA MUDANÇA DE PORTA/TOPOLOGIA CONFORME SOBRECARGA DE CPU

Controlador SDN



REDE IP (OVERLAY OPENFLOW / SDN)

CONGESTIONAMENTO POR SOBRECARGA DE CPU



GERADOR DE TRÁFEGO A

400mbps | 100000 pps



GERADOR DE TRÁFEGO B

400mbps | 100000 pps



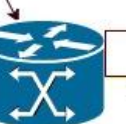
SWB



SWC



SWA



SWE



SWD



STARTRINITY UAC



STARTRINITY UAS



PABX IP

VOZ

1G

100M

VOZ

100M

VOZ

100M

AGENT-CAARF MOS = 4.0

1G

VOZ

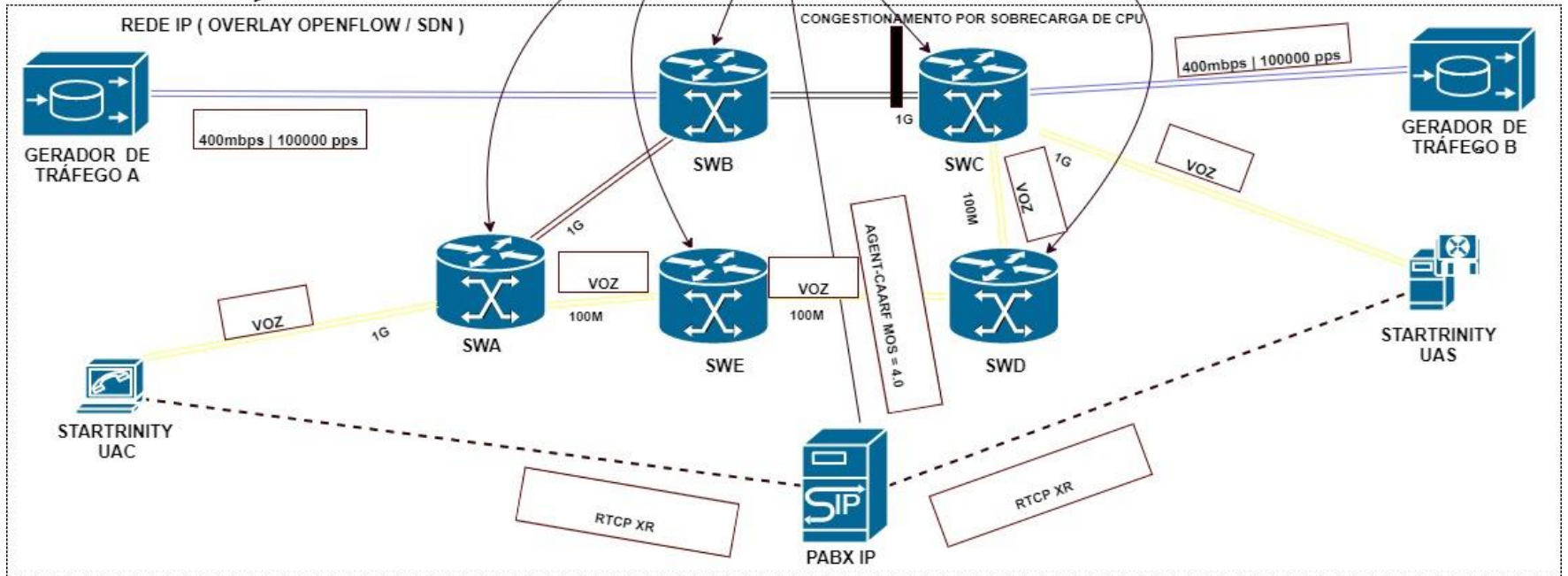
100M

1G

VOZ

RTCP XR

RTCP XR



AGENDA



1. Introdução
2. Trabalhos Relacionados
3. Sistemas Sensíveis a Contexto
4. CAARF-SDN
5. Experimentação Realizada
6. **Aspectos Inovadores e Resultados**
7. Conclusões

Aspectos Inovadores e Resultados



- ✓ ***Adaptabilidade Dinâmica***, permitindo que o fluxo de dados na rede seja dinamicamente adaptado de acordo com as condições da rede. Fornecendo inteligência ao controlador SDN (*Agnóstico a Controlador*) e a qualquer tipo de rede (O framework).

- ✓ ***Uma camada para fornecer inteligência em redes SDN.*** Concentrando-se na otimização de tráfego sob diversas métricas e não apenas as métricas de QoS.

Aspectos Inovadores e Resultados

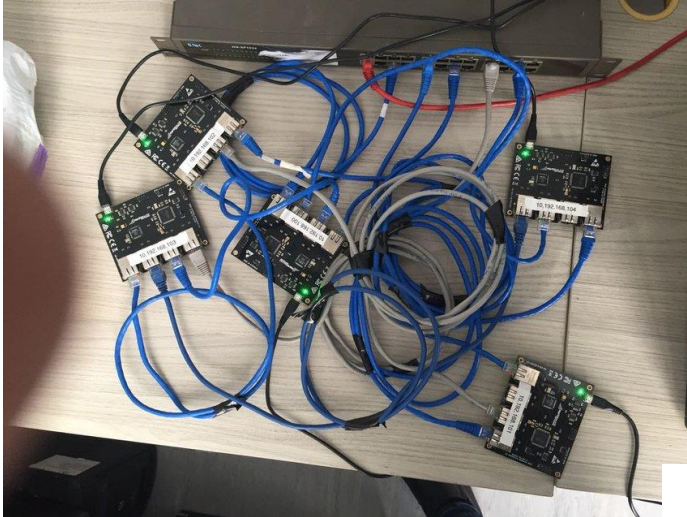


- ✓ **CONSERPRO 2017 – Congresso Serpro de Tecnologia e Gestão aplicado aos Serviços Públicos do SERPRO. Brasília/DF . Novembro/2017. *Trabalho premiado 1º lugar***
- ✓ **6th International Workshop on Advances in ICT 2018 Infrastructures and Services. Santiago de Chile, Chile. Janeiro/2018**
- ✓ **CLEI-Laclo 2018/Wlatac I Workshop Latino-Americano de Trabalhos em Andamento em Computação. Mackenzie, SP**
- ✓ **Encom 2018/UFBA. VIII Conferência Nacional em Comunicações, Redes e Segurança da Informação.**

MAIS DOIS ARTIGOS SUBMETIDO EM OUTROS CONGRESSOS , ATUALMENTE SOB BLIND REVIEW.

Aspectos Inovadores e Resultados

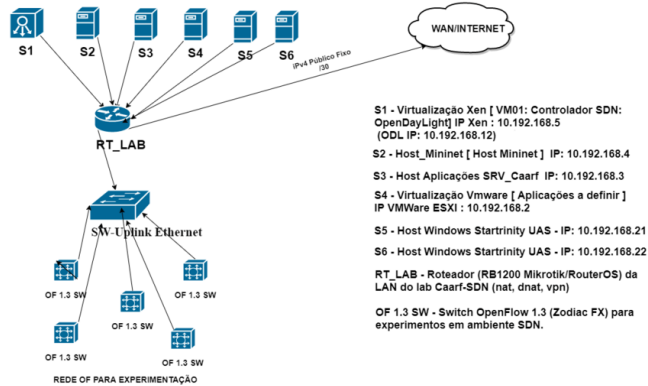
LABORATÓRIO EXPERIMENTAL SDN PPGCOMP UNIFACS ILHA DE EXPERIMENTAÇÃO FIBRE



LABORATÓRIO CAARF-SDN v4.0



<https://github.com/caarf-sdn>



<https://www.researchgate.net/project/CAARF-SDN>

AGENDA



1. Introdução
2. Trabalhos Relacionados
3. Sistemas Sensíveis a Contexto
4. CAARF-SDN
5. Experimentação Realizada
6. Aspectos Inovadores e Resultados
7. **Conclusões**

- ❑ A implementação de redes sensíveis ao contexto torna-se útil e relevante para melhorar a experiência e a satisfação dos usuários e a otimização do uso dos recursos de rede.**
- ❑ Com a implementação do CAARF-SDN, surgem novas possibilidades de otimização, como a aplicação dessa solução às redes móveis, onde as métricas de QoD podem ser personalizadas de acordo com os dispositivos de apresentação utilizados.**

TRABALHO DE PESQUISA EM ANDAMENTO ... Prototipagem em andamento ...

- As redes SDN com sua característica de programabilidade, flexibilidade e adaptabilidade abrem um horizonte promissor para as redes de próxima geração.**

AGRADECIMENTOS



MUITO OBRIGADO

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

FRANCISCO JOSE BADARÓ VALENTE NETO

francisco@itsbrasil.net

fjbvneto@gmail.com