



Tese de Doutorado

Redes Ópticas de Transporte Definidas por Software com Suporte à Virtualização e Operação Autônoma com Base em Políticas

Autor: Marcos Antonio de Siqueira

Orientador: Prof. Dr. Christian Rodolfo Esteve Rothenberg

Banca:

- Prof. Dr. Eleri Cardozo
- Prof. Dr. Darli Augusto de Arruda Mello
- Prof. Dr. Fábio Luciano Verdi
- Prof. Dr. Moisés Renato Nunes Ribeiro

Sumário

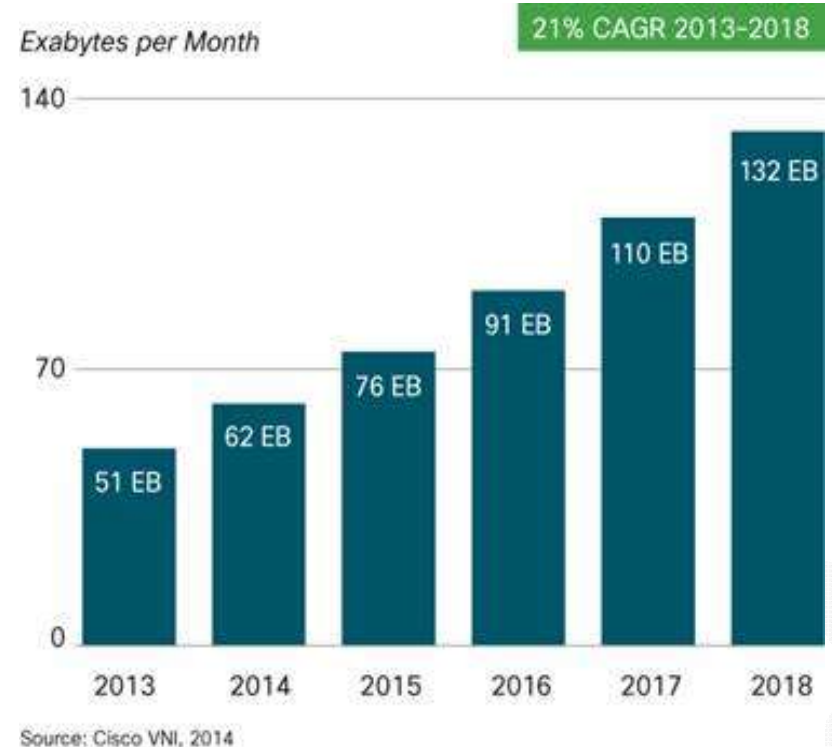
1. Introdução

2. Redes Ópticas de Transporte de Nova Geração (NG-OTN)
3. Novos Paradigmas em Controle de Redes
4. Arquitetura SDN para NG-OTN com Base em Políticas
5. Aplicações e Casos de Uso
6. Conclusão

Redes Ópticas de Transporte: cenário e previsões

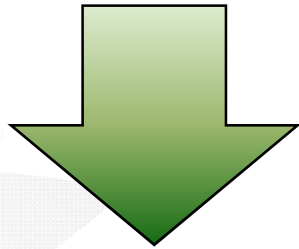
- Tráfego triplicará de 2013 a 2018
 - Tecnologias de transporte (Ex.: ROADMs e comutadores OTN) são fundamentais para sustentar tal crescimento
- Aumento de banda ofertada pelas operadoras não significa aumento de receita
 - Necessário manter/reduzir custos operacionais mesmo com redes maiores e mais complexas
- Novos *players*, OTTs, *cloud computing*, entre outros, exigem flexibilidade e rapidez na criação de novos serviços e provisionamento destes
 - Necessários novos paradigmas na área de redes

Cisco Visual Networking Index (VNI)



Definição do problema

Técnicas de planejamento e controle automático das redes ópticas de transporte, incluindo cenários multi-camadas, não evoluíram no mesmo ritmo das tecnologias do plano de dados (ROADMs flexíveis, transmissores coerentes, etc).



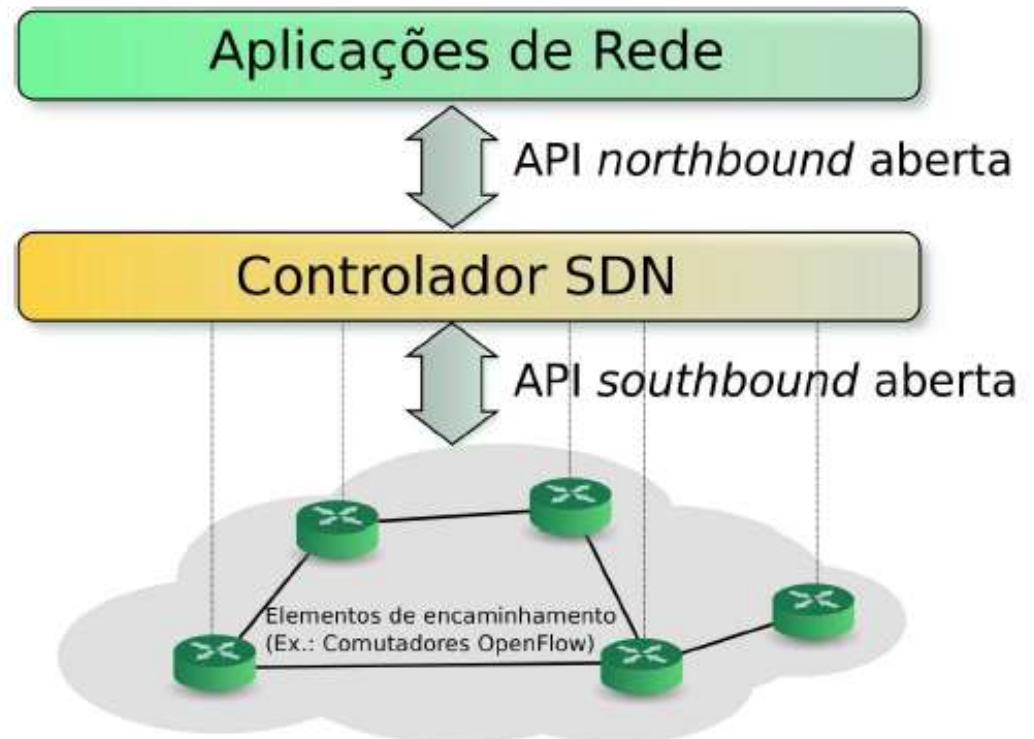
Atualmente, as redes ópticas de transporte não atendem plenamente aos requisitos impostos pelos **novos cenários e serviços**, como interconexão de datacenters, virtualização de redes, integração IP/Óptica, entre outros



SDN (*Software Defined Networking*)

Divisão em quatro pilares*

- **Desacoplamento** dos planos de controle e de dados
- Decisões de encaminhamento são tomadas com base em **fluxos**
- A lógica de controle é implementada em uma entidade externa, o controlador SDN ou **sistema operacional de rede (NOS)**, o qual provê recursos essenciais e abstrações para viabilizar a programação dos dispositivos de rede através de uma visão logicamente centralizada
- **A rede é programável** através de aplicações SDN



* Diego Kreutz, Fernando Ramos, Paulo Verissimo, Christian Rothenberg, Siamak Azodolmolky, and Steve Uhlig, "Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey." *arXiv preprint arXiv:1406.0440*, 2014.

Contribuições

- Arquitetura para a implementação de redes NG-OTN definidas por software (*Transport SDN*) com base em políticas
 - Arquitetura para *Transport SDN*
 - Modelo de políticas
 - Aplicações e casos de uso

Sumário

1. Introdução
- 2. Redes Ópticas de Transporte de Nova Geração (NG-OTN)**
3. Novos Paradigmas em Controle de Redes
4. Arquitetura SDN para NG-OTN com Base em Políticas
5. Aplicações e Casos de Uso
6. Conclusão

Redes Ópticas de Transporte de Nova Geração (NG-OTN) - Desafios

- Redes Ópticas Elásticas
 - Rede DWDM com grade flexível
 - Transmissores/Receptores coerentes / modulação flexível
 - *Bandwidth-Variable Transponders* (BVT)
 - Realocação *hitless* do espectro
- Comutação
 - ROADM CDC-F (*Colorless Directionless Contentionless – Flexgrid*)
 - P-OTS (*Packet Optical Transport Platforms*), com suporte a comutação OTN e MPLS/MPLS-TP
 - Integração IP/Óptica
- Plano de Controle
 - GMPLS Multi-regiões e multicamadas
 - PCE (Path Computation Element)

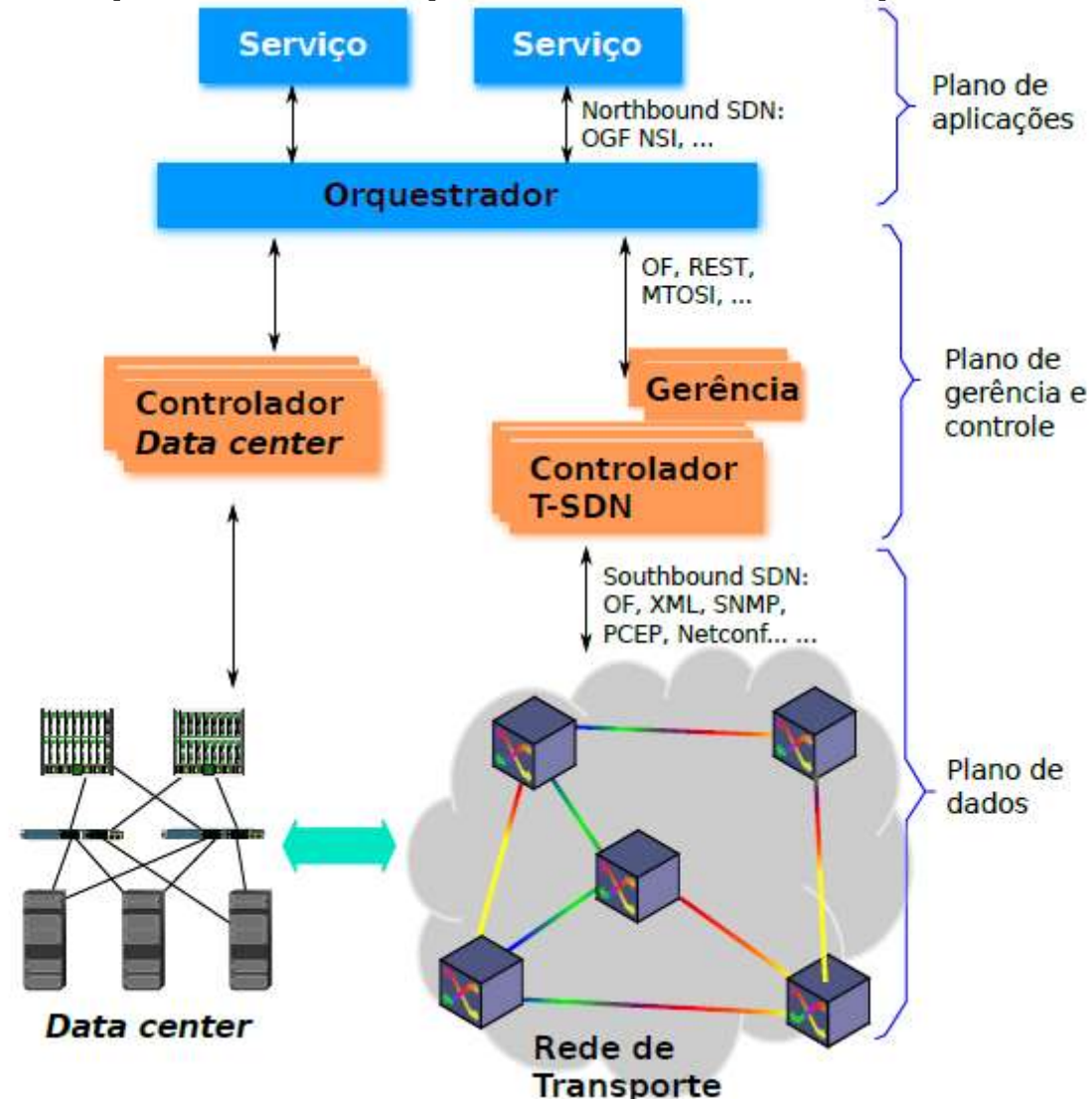
Sumário

1. Introdução
2. Redes Ópticas de Transporte de Nova Geração (NG-OTN)
- 3. Novos Paradigmas em Controle de Redes**
4. Arquitetura SDN para NG-OTN com Base em Políticas
5. Aplicações e Casos de Uso
6. Conclusão

Novos Paradigmas em Controle de Redes

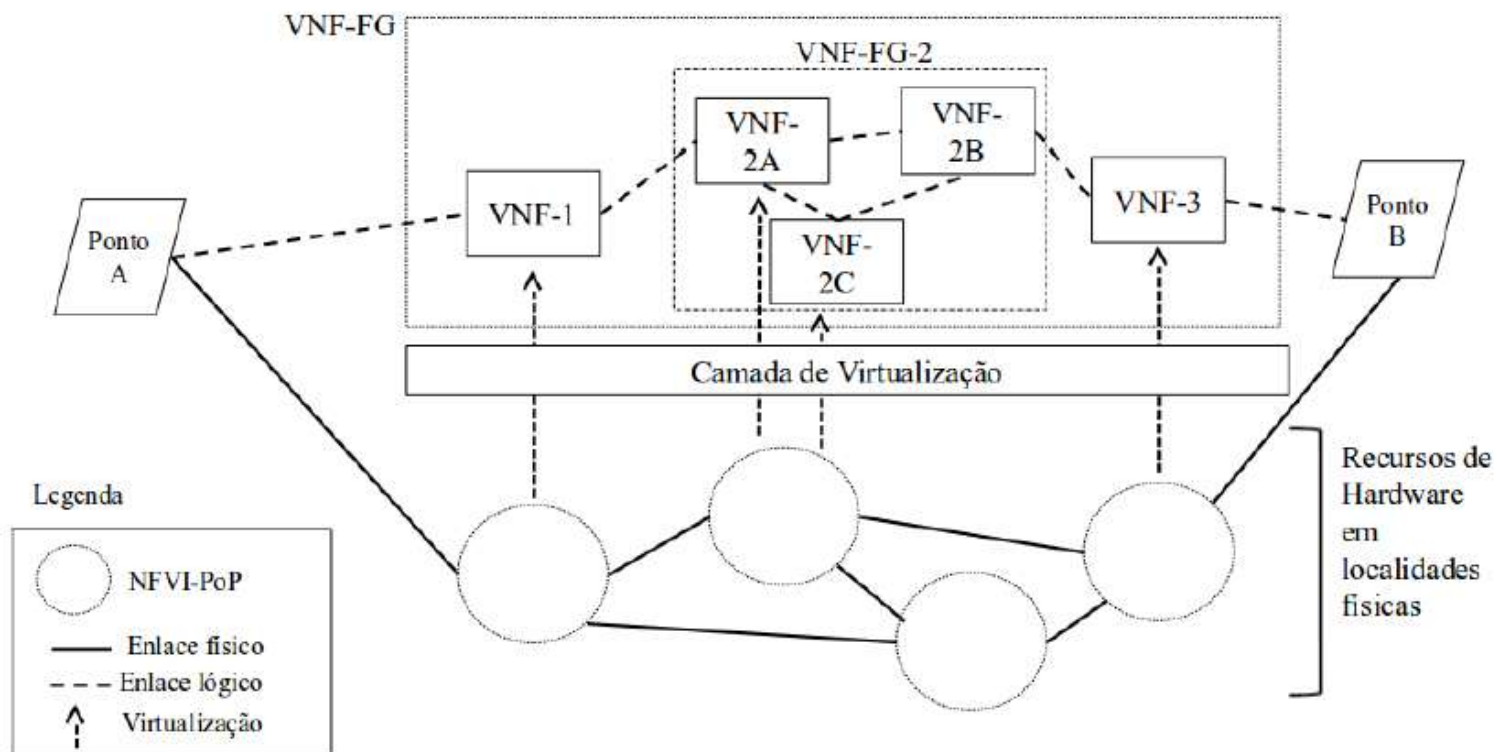
- Redes Autônômicas
 - Redes Ópticas Cognitivas e/ou Adaptativas
- Gerência de redes com base em políticas
 - Modelo de Referência
 - Linguagens
- Redes definidas por software (SDN)
 - Protocolos
 - OpenFlow / OFConfig
 - NETCONF
 - REST / RESTCONF
 - OpFlex
 - Controladores
 - OpenDayLight
 - NCS (Projeto TeraStream)
 - SDN para redes de transporte

Arquitetura SDN para redes de Transporte, OIF



Virtualização de Redes e de Funções de Redes

Virtualização de Redes	Mais relacionado aos serviços providos pela rede
Virtualização de Funções de Redes (NFV)	Mais relacionado a infraestrutura de redes
NFV em redes Ópticas	Propostas iniciais de nós flexíveis, compostos de forma dinâmica utilizando OXC's



*Exemplo de um serviço de rede fim-a-fim com VNFs e VNF-FGs

Sumário

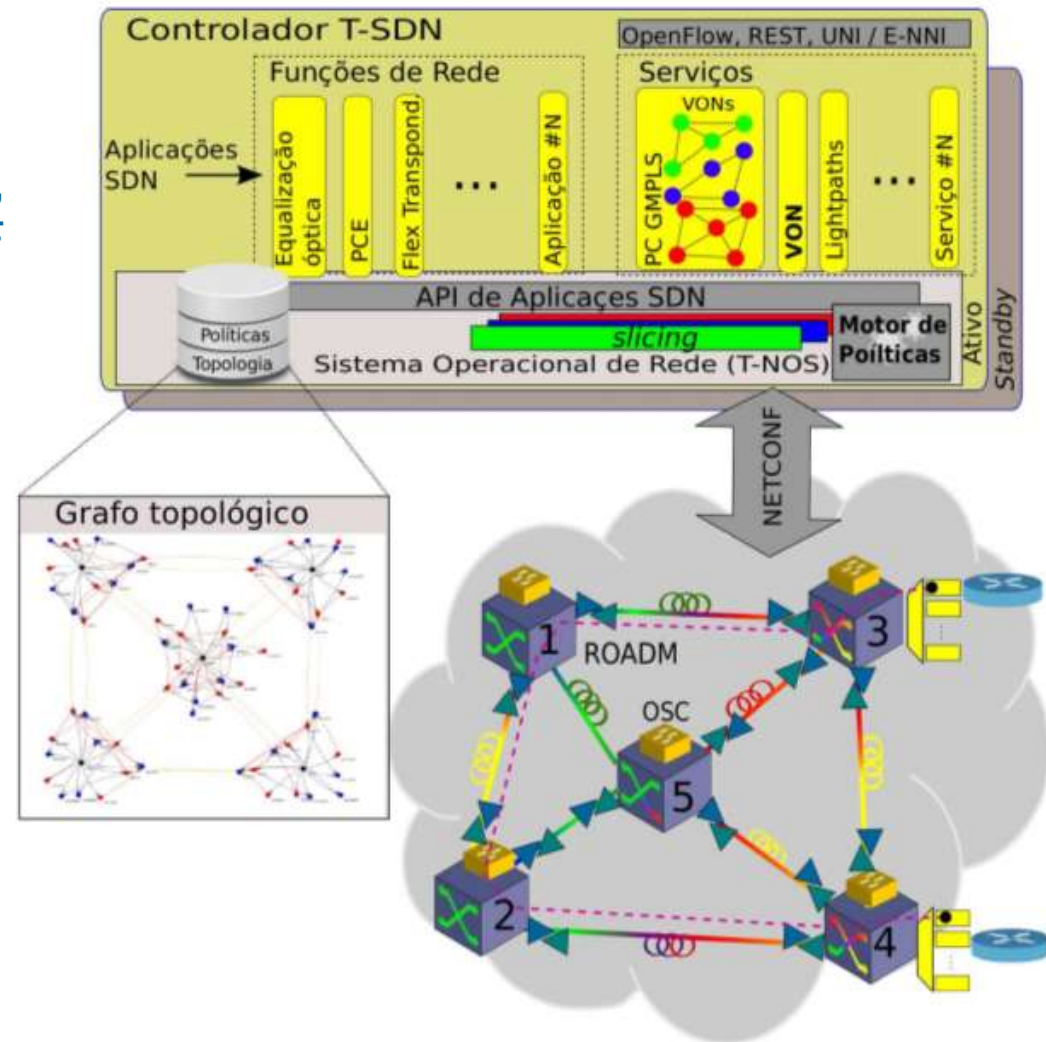
1. Introdução
2. Redes Ópticas de Transporte de Nova Geração (NG-OTN)
3. Novos Paradigmas em Controle de Redes
- 4. Arquitetura SDN para NG-OTN com Base em Políticas**
5. Aplicações e Casos de Uso
6. Conclusão

Arquitetura T-SDN – Objetivos

- Validar que os princípios definidos para SDN sejam aplicáveis ao cenário de redes ópticas de transporte
- Avaliação prática da utilização de aplicações logicamente centralizadas para o controle de funções como estabelecimento de circuitos
- Controle de parâmetros ópticos como equalização, formato de modulação, entre outros
- Facilitar o provisionamento dinâmico de circuitos, através de interface *northbound* padronizada, viabilizando a integração da rede de transporte a sistemas de controle de *data centers*

Arquitetura T-SDN – visão geral

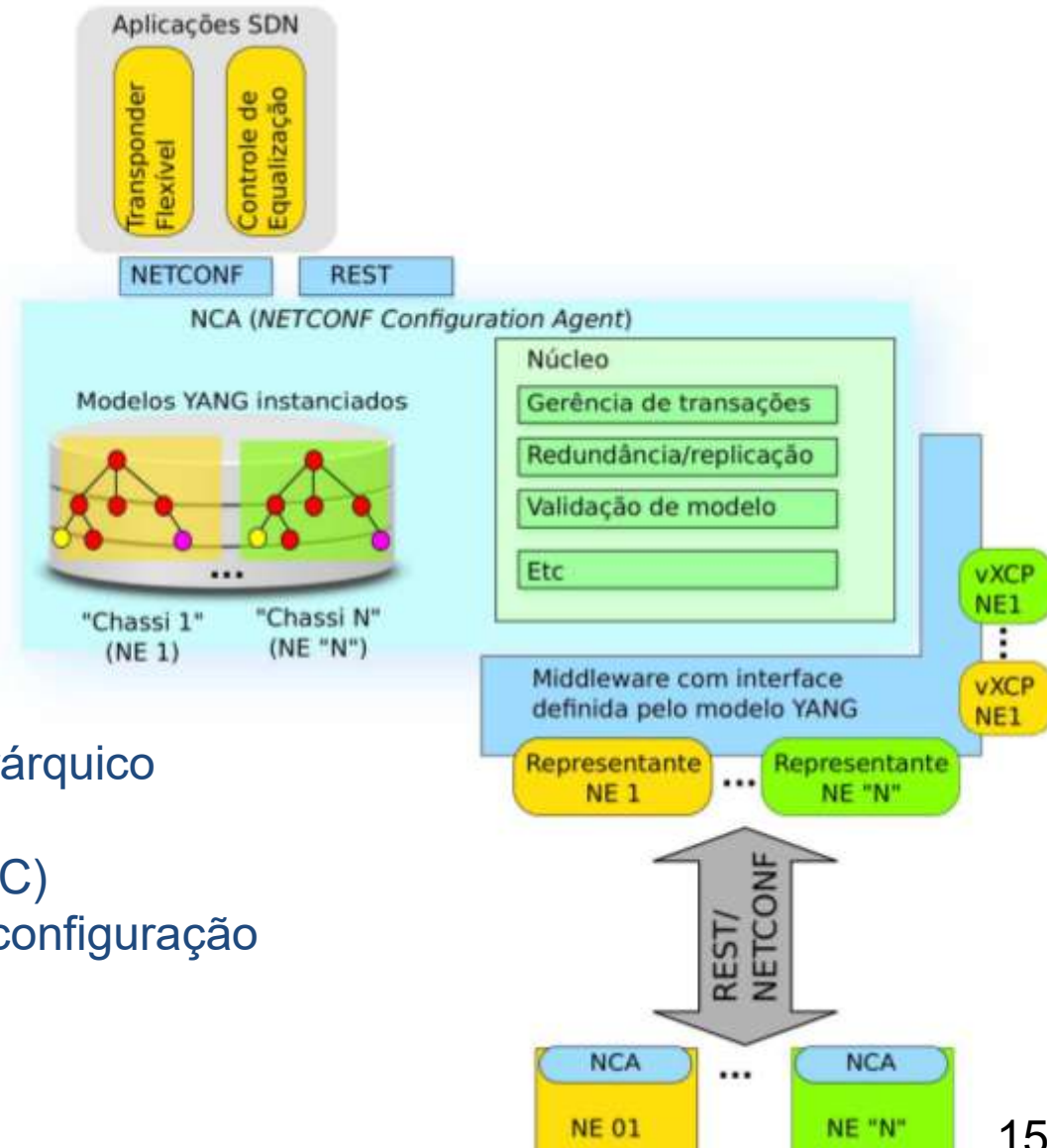
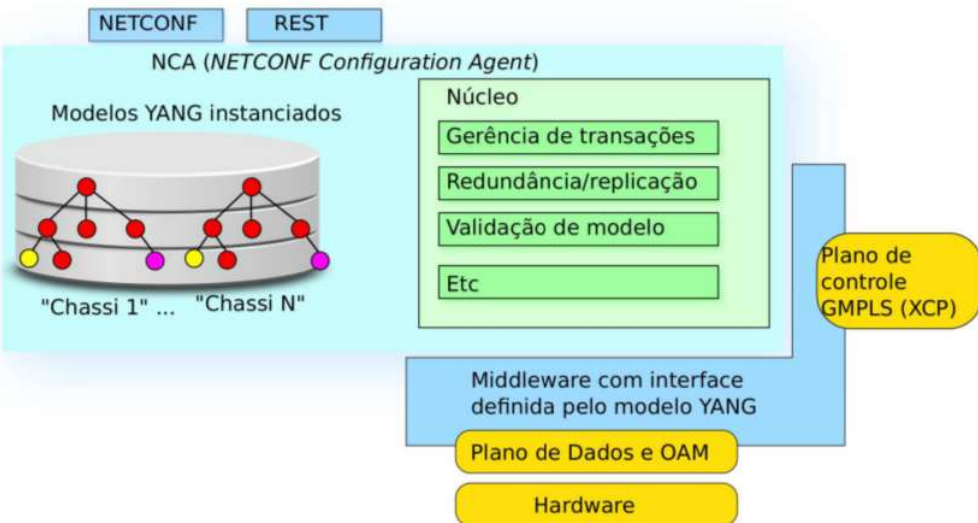
- Situação inicial
 - ROADMs modelados em YANG, utilizando um NCA (NETCONF Configuration Agent) - *Confd*
 - Plano de controle GMPLS distribuído
- Decisões de projeto
 - Utilização do NCA como base do T-NOS
 - Abstração da rede como um grande NE multi-chassi, com matriz interna representada por grafo
 - Aplicações dos elementos de rede podem rodar no controlador (Ex.: plano de controle GMPLS)



Arquitetura T-SDN – implementação inicial

Implementação do ROADM

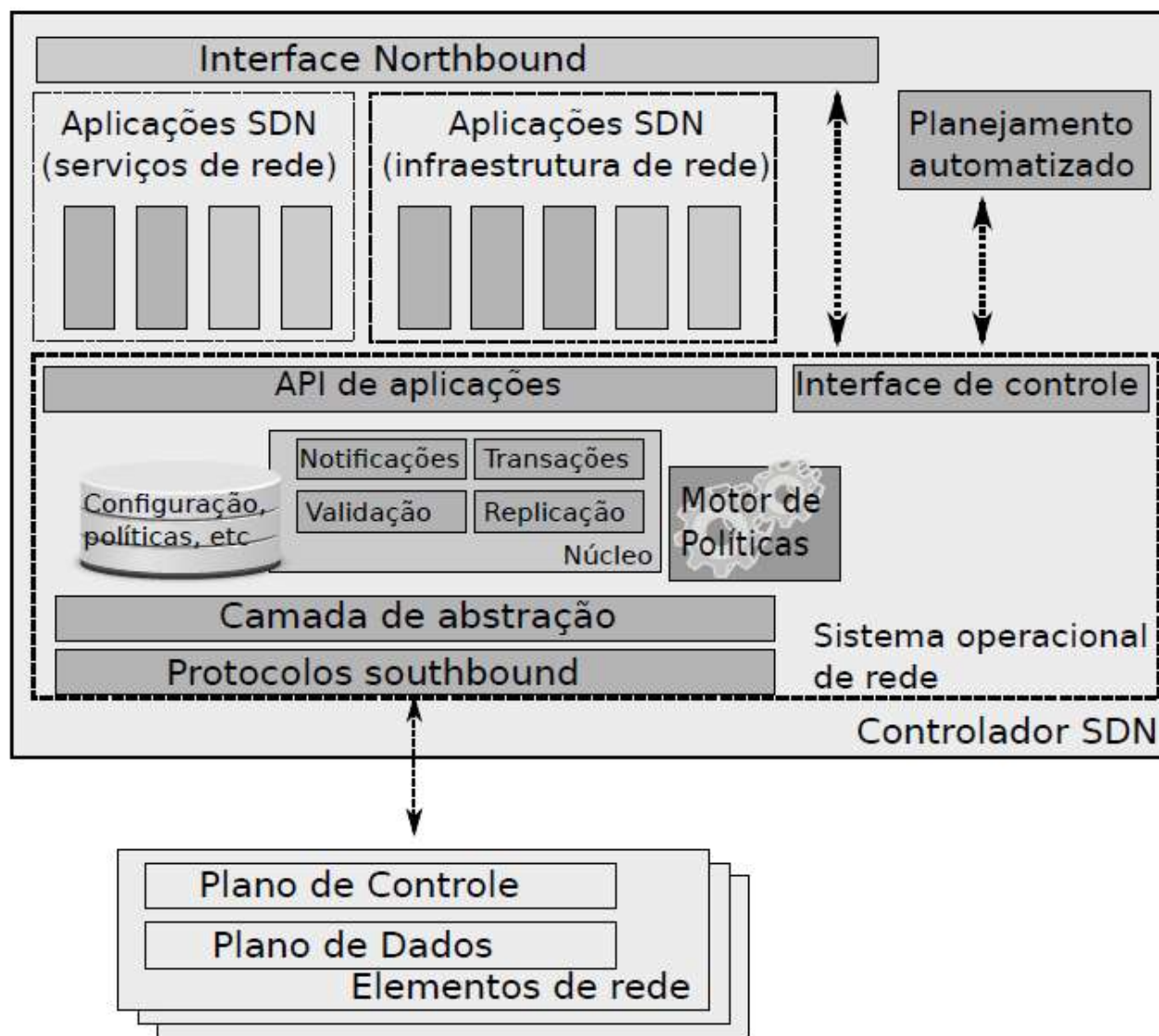
Utilização do NCA como T-NOS do controlador SDN



• YANG:

- Modelo de dados de configuração hierárquico
- Tipos e grupos reusáveis
- Suporta a definição de operações (RPC)
- Restrições formais para validação de configuração
- Modularidade

Arquitetura T-SDN – Políticas x SDN



• Motivações

- Operação autônoma do controlador
- Controle de acesso a aplicações
- Despacho de tarefas a aplicações

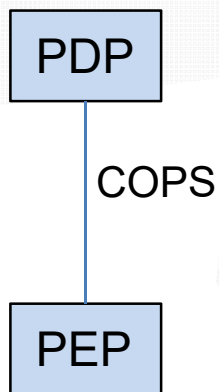
• Abordagens

- Modelo de políticas
- Planejamento automatizado

Modelos de Políticas (1/2)

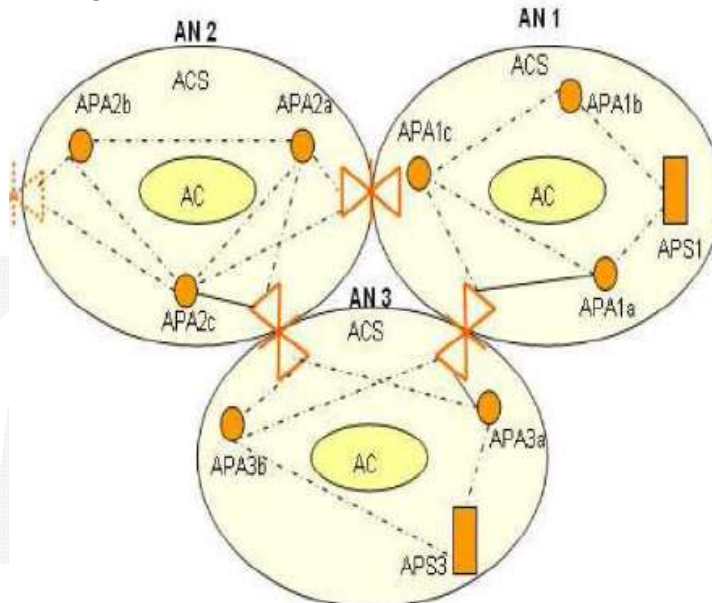
Modelo do IETF – PCIM

- Evento, Condição, Ação
- PDP Centralizado
- Modelo de referência
 - PCIM
- Protocolo de Políticas
 - COPS
- Contribuições:
[I,J,K,L,M,N]



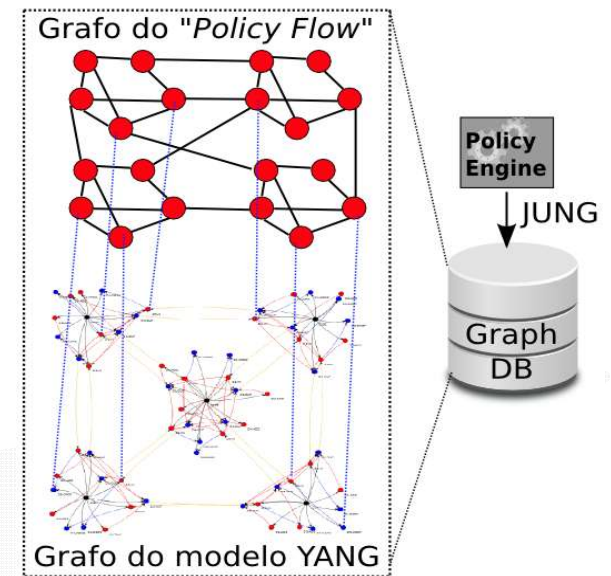
Modelo do “Policy Flow” [C]

- Incorpora “Situação” ao modelo ECA
- Anéis lógicos para análise contínua de situação
- Utiliza conceito de agentes móveis e políticas modeladas como classes Java



Políticas no T-SDNC [A]

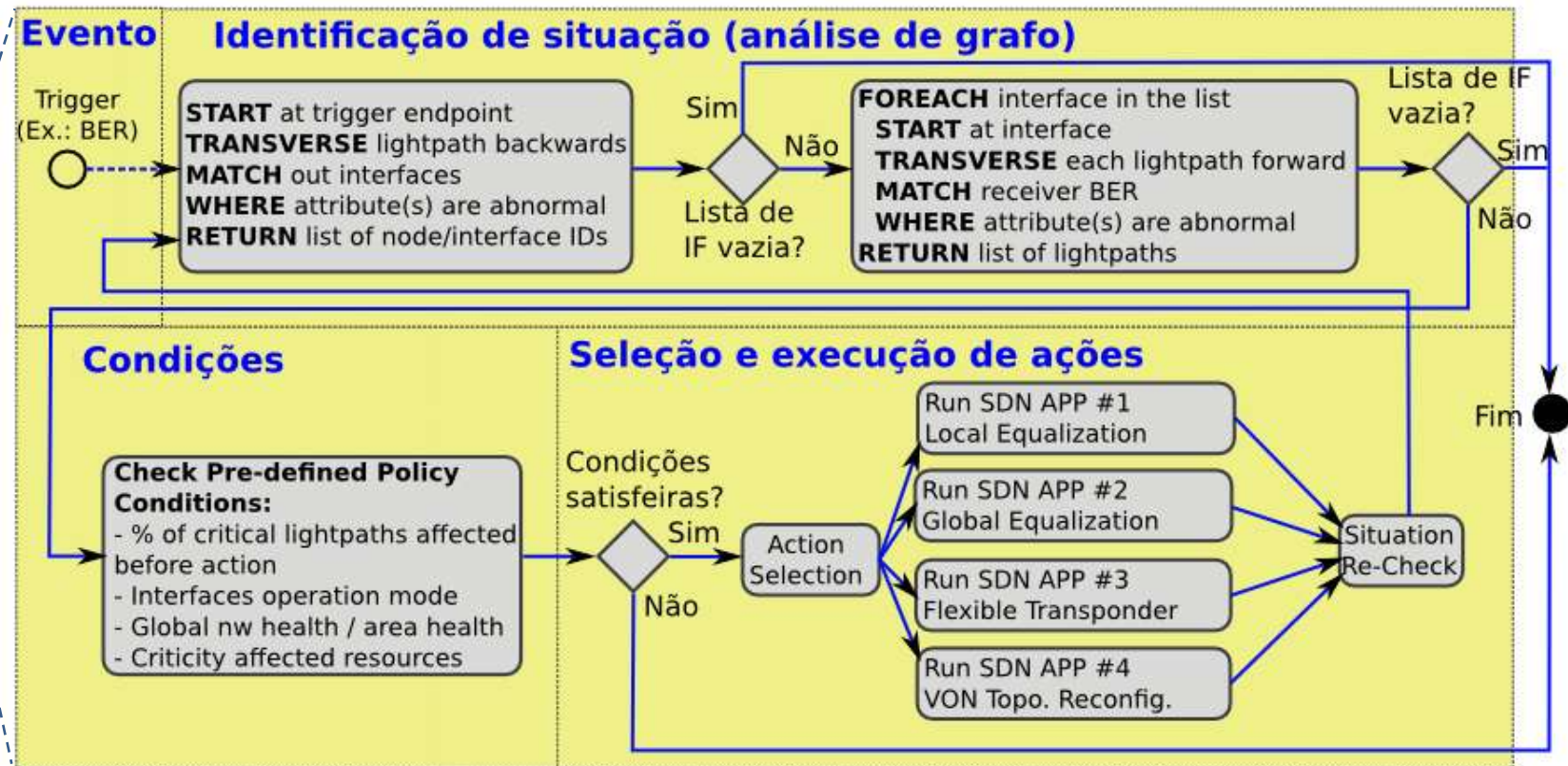
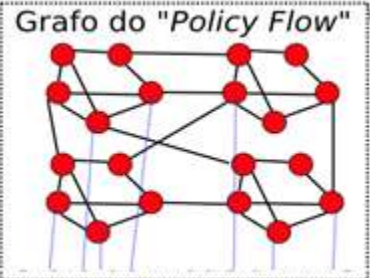
- Modelo logicamente centralizado
- Grafo do Policy Flow possui conexões com o grafo do modelo operacional
- Políticas modeladas como atributos e métodos de vértices de um *DirectedGraph* (JUNG*)



- [A] M. Siqueira, et. al., [Providing Optical Network as a Service with Policy-based Transport SDN](#), JNSM 2014
- [C] M. Siqueira, et al. "An Architecture for Autonomic Management of Ambient Networks." *Autonomic Networking*. Springer Berlin Heidelberg, 2006. 255-267.
- [I, J, K, L, M, N] Modelos de políticas baseados em ECA e aplicação em mecanismos de QoS, redes MPLS, redes ad-hoc sem fio, aplicação de lógica Fuzzy para avaliação de condições e definição de ações

Modelos de Políticas (2/2)

- Através do *Policy Flow* a situação da rede é analisada, de forma que diferentes aplicações SDN possam ser acionadas para manutenção da “saúde” dos serviços
 - Re-equalização óptica
 - Alteração no formato de modulação
 - Re-mapeamento da VON

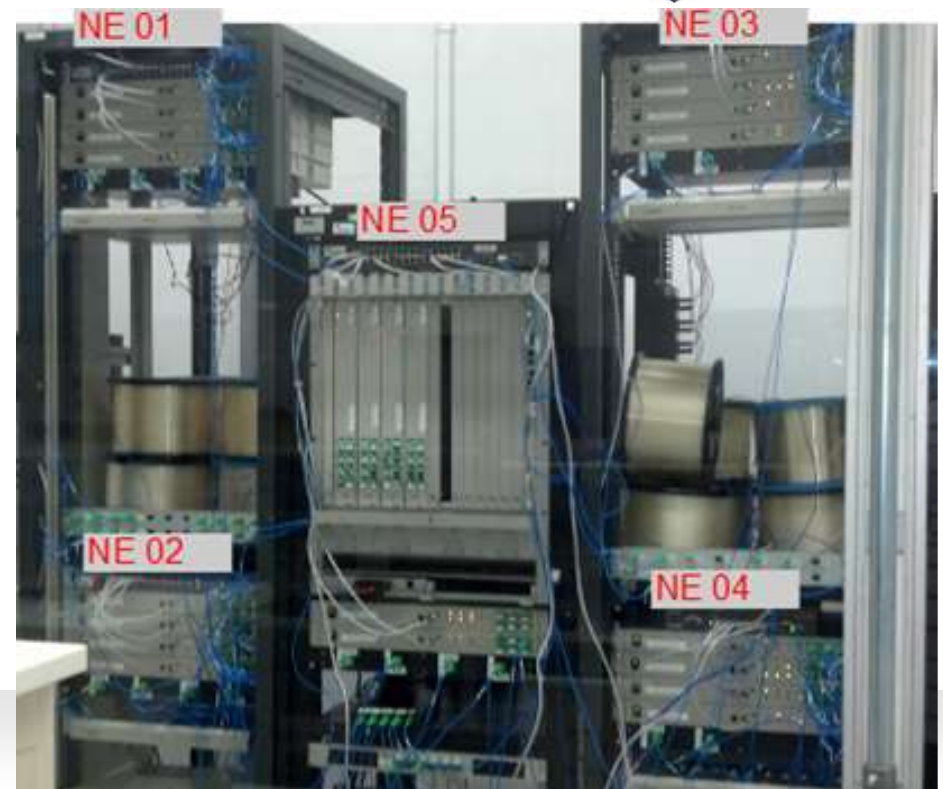
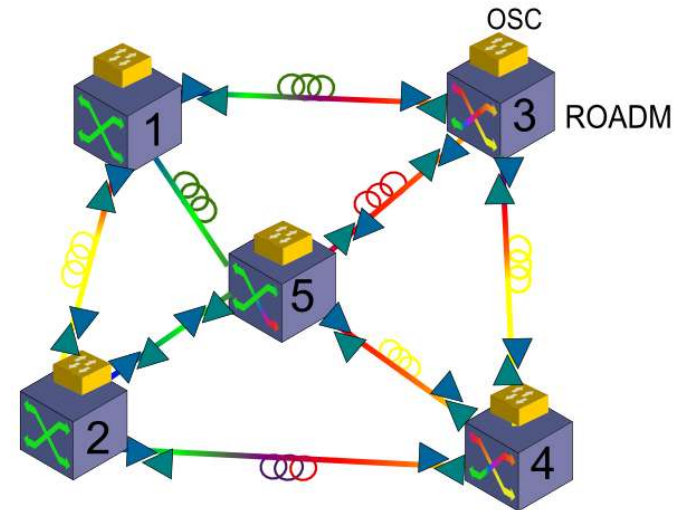


Sumário

1. Introdução
2. Redes Ópticas de Transporte de Nova Geração (NG-OTN)
3. Novos Paradigmas em Controle de Redes
4. Arquitetura SDN para NG-OTN com Base em Políticas
- 5. Aplicações e Casos de Uso**
6. Conclusão

Casos de uso e aplicações

- **UC01** – Virtualização da rede com suporte a GMPLS e instanciação automática de VONs.
- **UC02** – Reconfiguração dinâmica de VON com base em políticas.
- **UC03** – Aplicação SDN para reconfiguração dinâmica do formato de modulação.
- **UC04** – Plano de controle SDN com suporte a NEs flexíveis.
- **UC05** – Ajuste dinâmico de políticas de sobrevivência através de planejamento em operação.
- **UC06** – Ajuste fino de políticas locais via planejamento automatizado



Casos de uso e aplicações

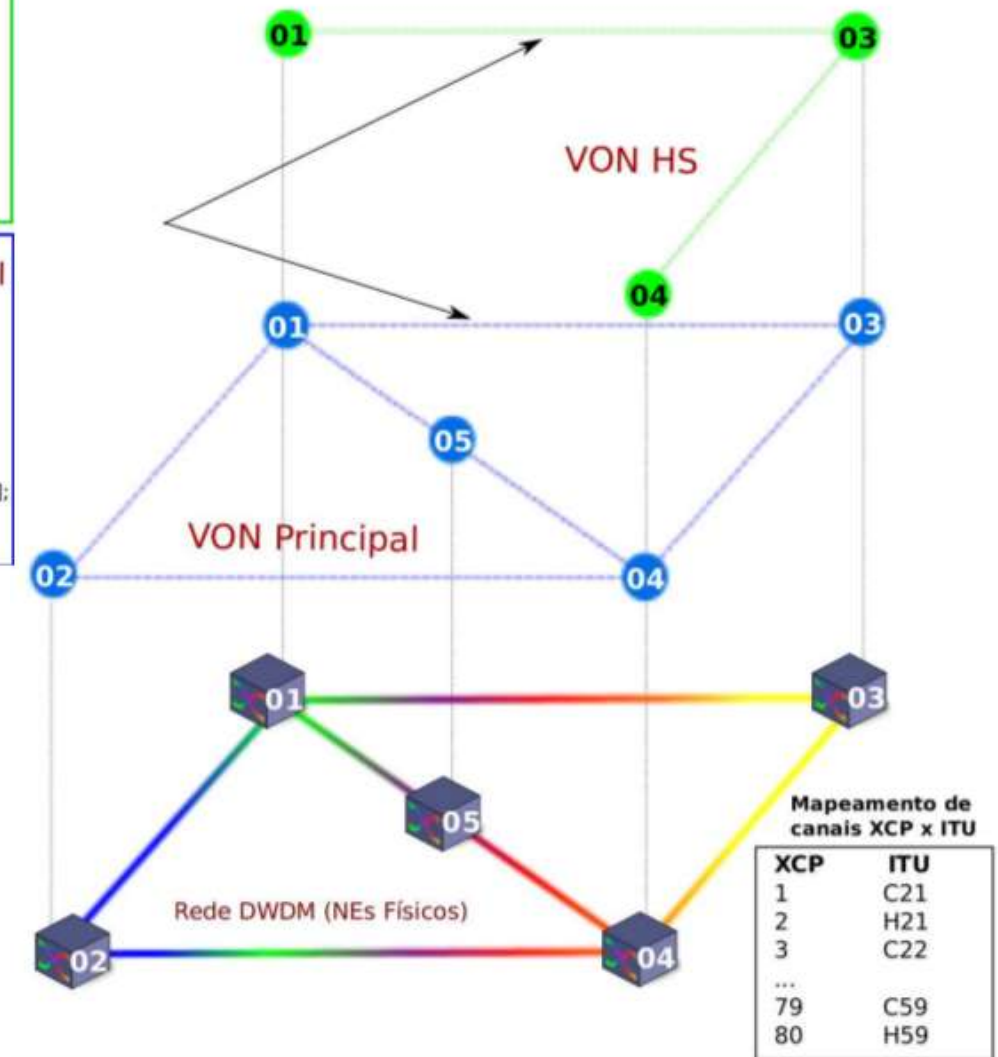
UC01 – Virtualização da rede com suporte a GMPLS e instanciação automática de VONs

```
local-telink 11.1.6.7 11.1.7.6 192.168.3.6 192.168.3.7 { ← VON HS
  operational-status {
    status      [ OK. ];
    serialNumber 333;
    productCode 777;
    grid        DWDM;
    channelSpacingDWDM 50_GHZ;
    freeLambdaList [ 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 ];
  }
}
```

```
local-telink 11.1.1.2 11.1.2.1 192.168.2.1 192.168.2.2 { ← VON Principal
  operational-status {
    status      [ OK. ];
    serialNumber 333;
    productCode 777;
    grid        DWDM;
    channelSpacingDWDM 50_GHZ;
    freeLambdaList [ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 33 34 35 36 37 38
                    39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59
                    60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 ];
  }
}
```

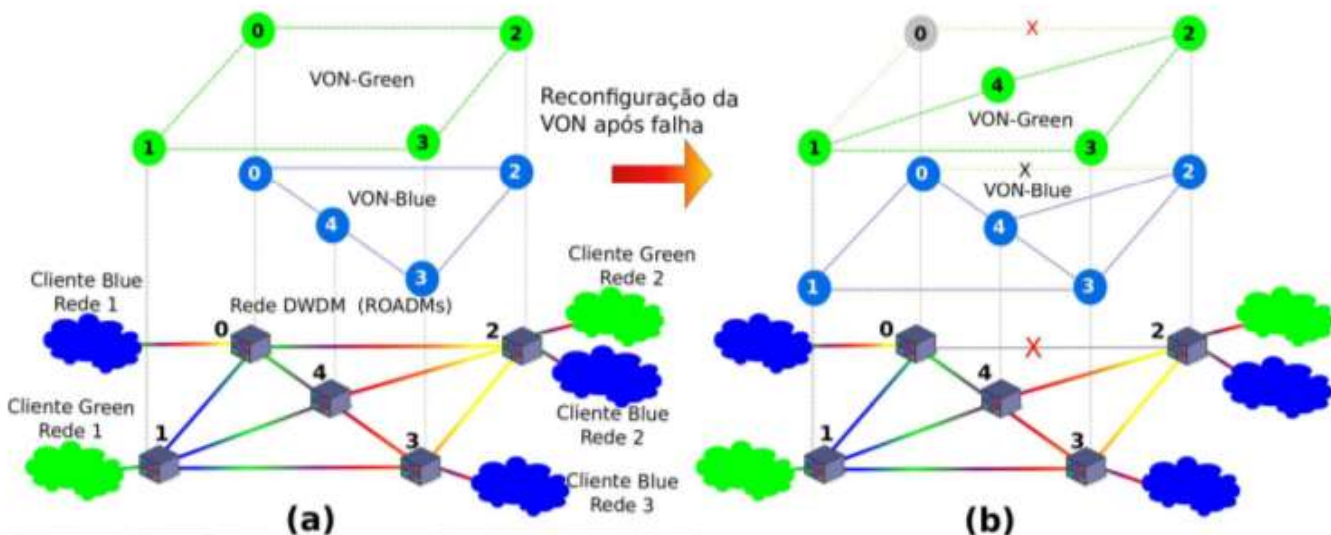
Arquitetura logicamente centralizada permite:

- *Network Slicing* através do T-NOS
- Criação de serviços de VON através de aplicação SDN
- Pode suportar modo “legado” - Plano de controle GMPLS virtualizado
 - Pode ser aplicado em casos de compartilhamento de infraestrutura entre operadoras

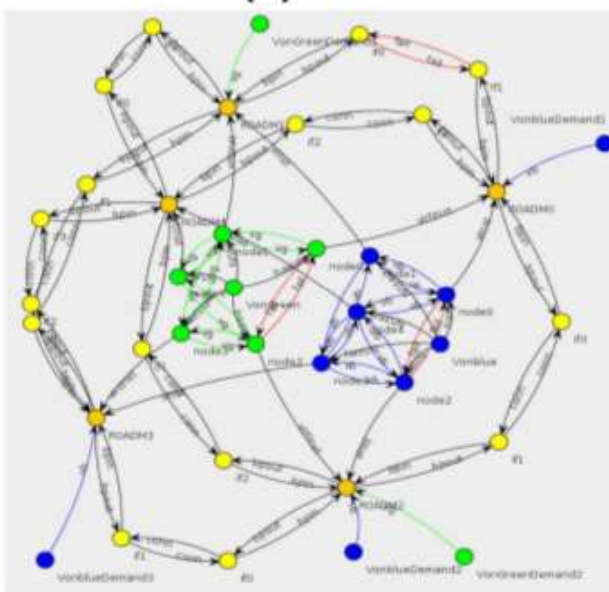


Casos de uso e aplicações

UC02 - Reconfiguração dinâmica de VON com base em políticas



(c)

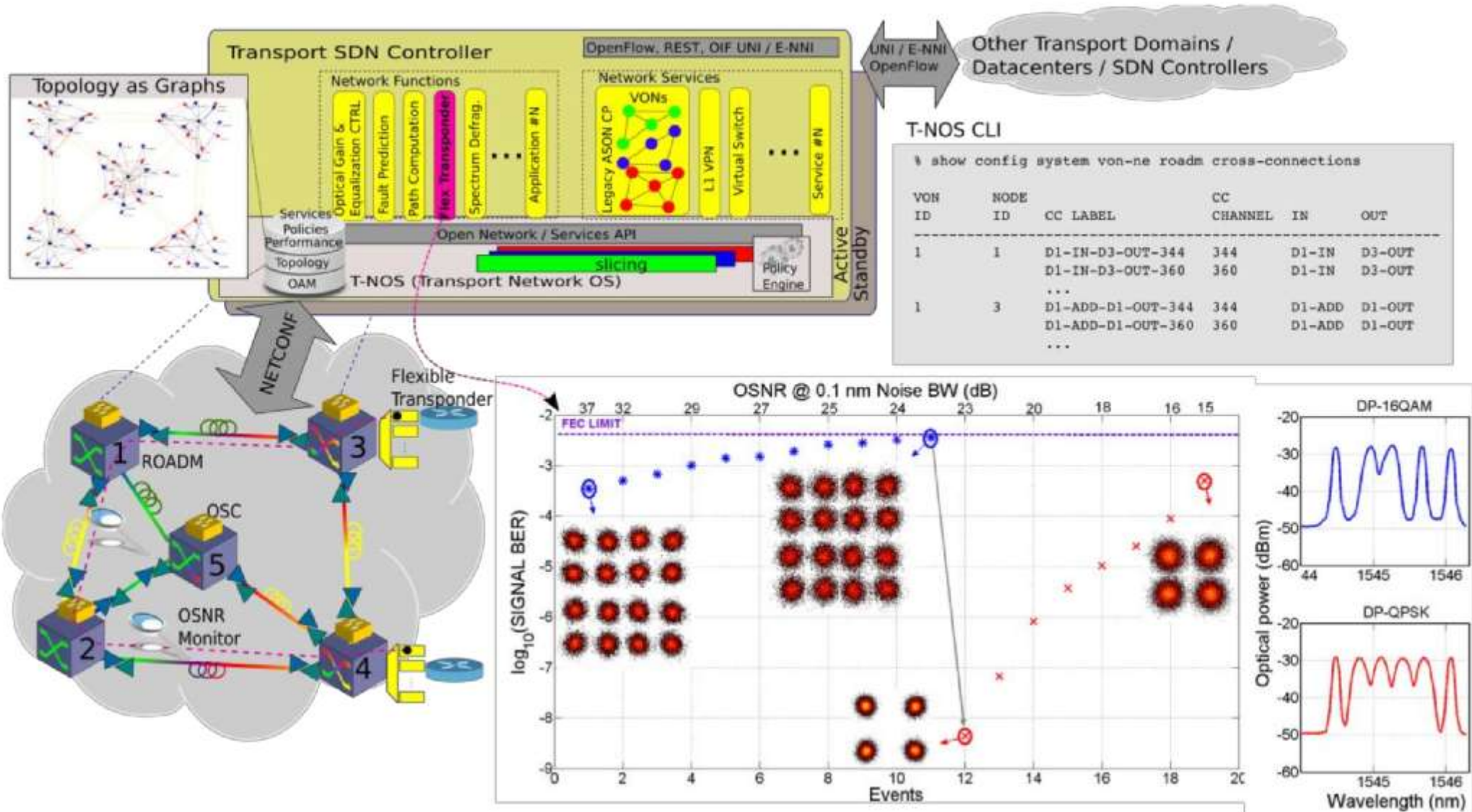


(d)

- A política define que devem existir pelo menos dois caminhos disjuntos no mapeamento VON-> rede física entre cada par de nós de ingresso/egresso de demandas.
- Através do PolicyFlow identifica-se a situação (b)
- A aplicação de gerenciamento de VONs é acionada para reconfiguração da VON

Casos de uso e aplicações

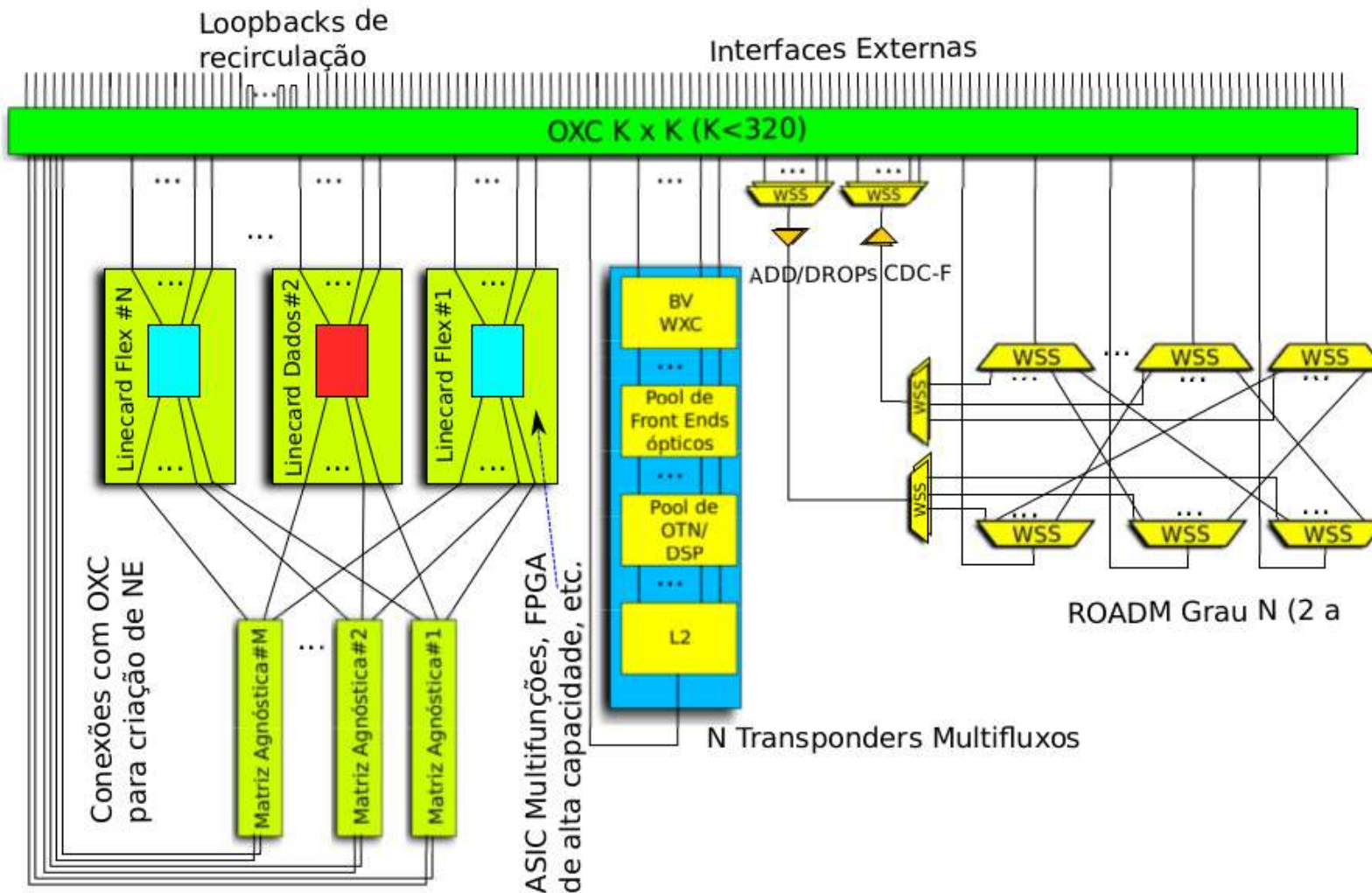
UC03 - Aplicação SDN para reconfiguração dinâmica do formato de modulação



Casos de uso e aplicações

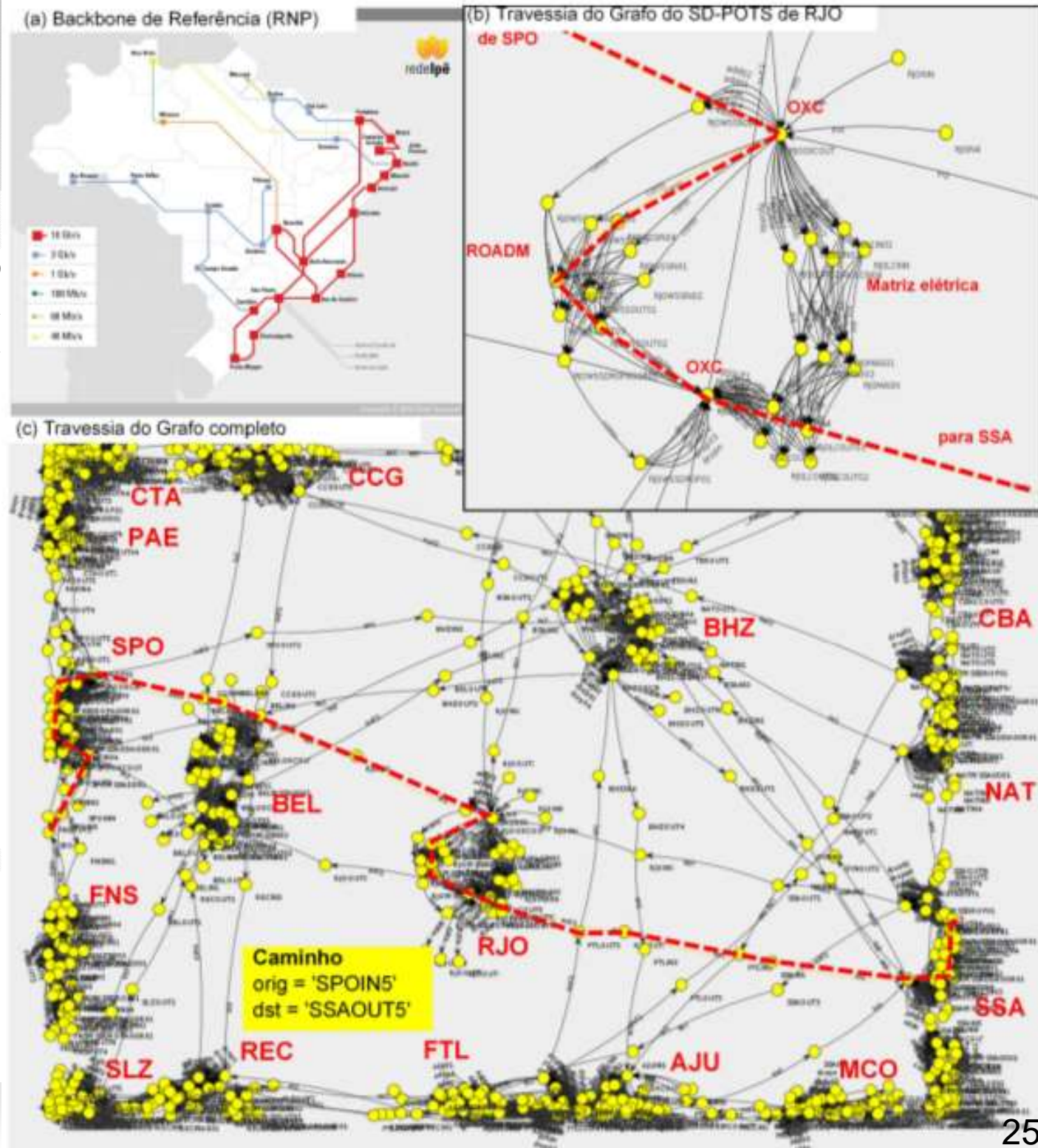
UC04 - Plano de controle SDN com suporte a NEs flexíveis (1/2)

- Modelo do Nó de transporte com arquitetura flexível, permitindo implementar o conceito de NFV (*Network Functions Virtualization*) em NEs de transporte



UC4 -Plano de controle SDN (2/2)

Cálculo de rotas e configuração de trilha considerando topologia da rede e matriz interna de cada nó

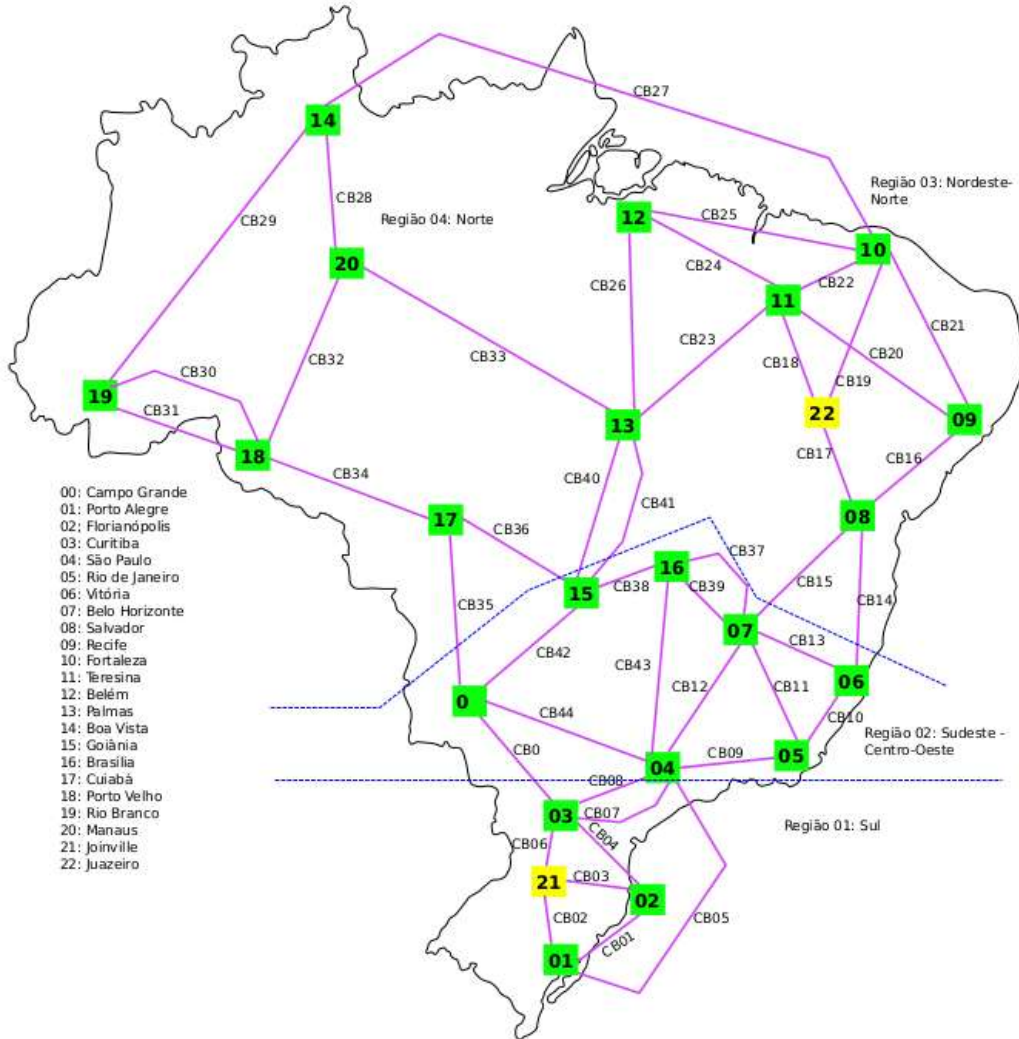


Casos de uso e aplicações

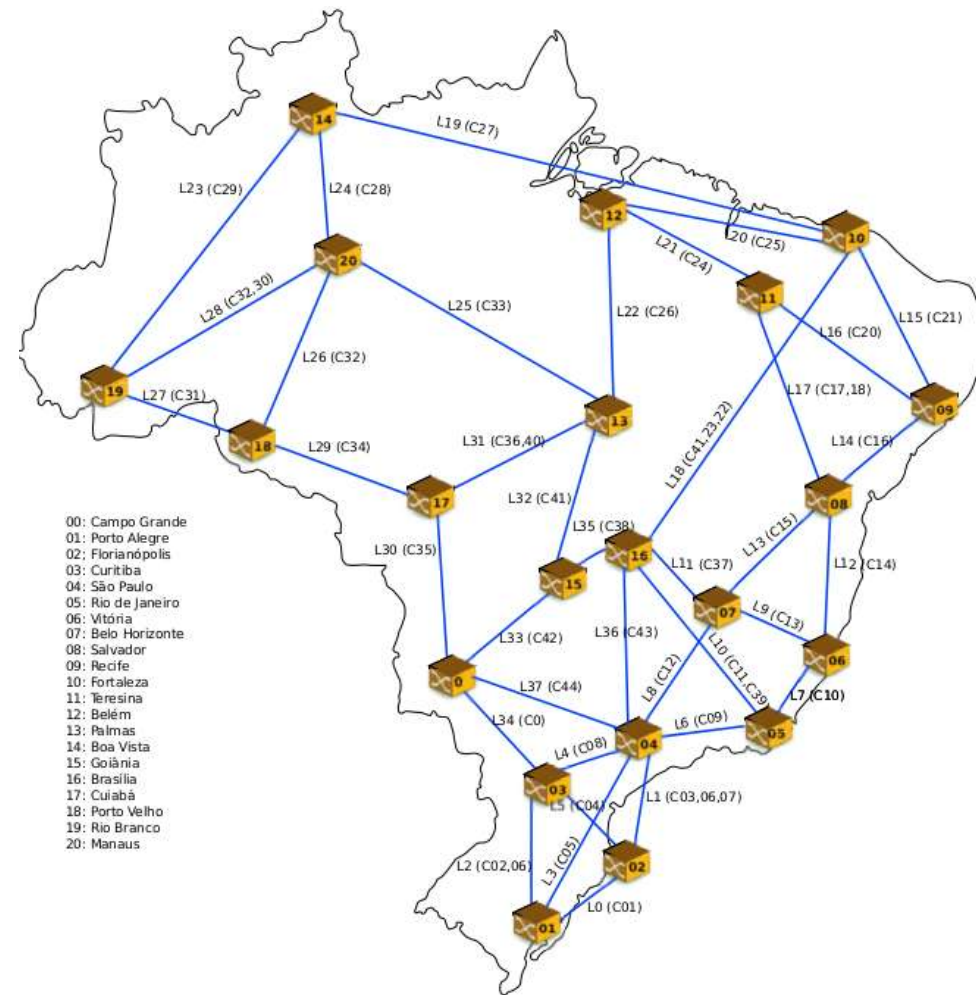
UC05 - Ajuste dinâmico de políticas de sobrevivência através de planejamento em operação (1/2)

Cabos ópticos e sites:

Utilizados para gerar combinações de falhas



Rede de P-OTS interconectados por lambdas



Casos de uso e aplicações

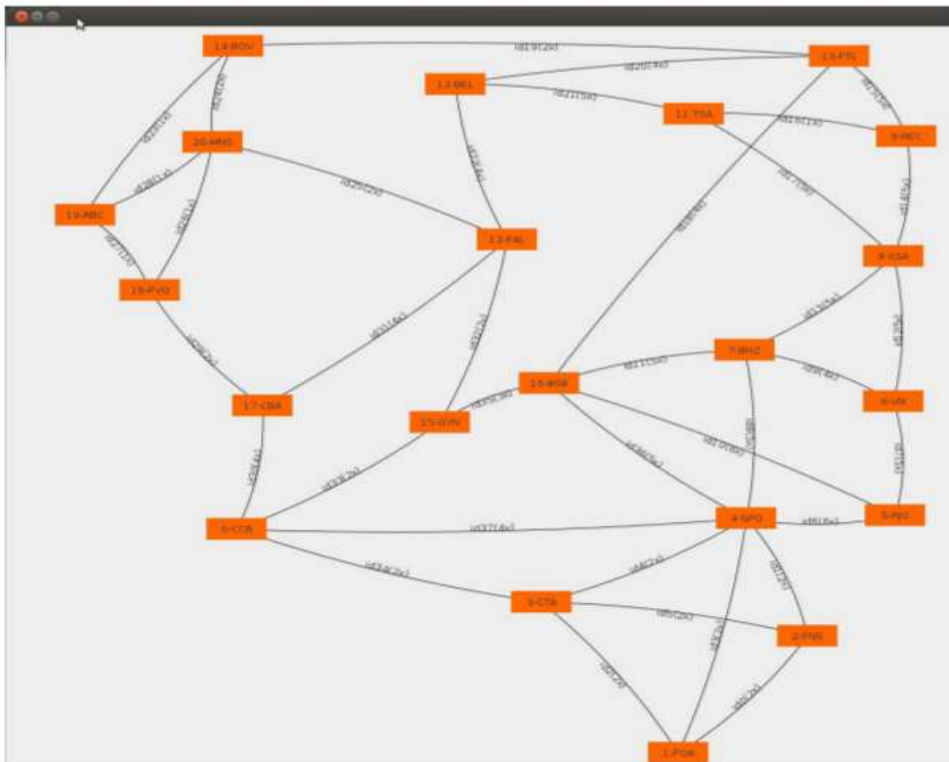
UC05 - Ajuste dinâmico de políticas de sobrevivência através de planejamento em operação (2/2)

Demandas utilizadas no dimensionamento inicial

ID	Banda (Gbps)	Nó A	Nó B	Estratégia de sobrevivência
0	100	4	5	1+1+R
1	100	5	10	1+1+R
...
11	40	1	0	1+R
12	40	7	20	1+R
13	40	1	7	1+R

Serviços adicionais provisionados na rede

ID	Banda (Gbps)	Nó A	Nó B	Estratégia de sobrevivência
14	100	0	20	1+1+R
15	30	1	0	1+1+R
16	20	7	20	1+1+R
17	80	1	7	1+1+R



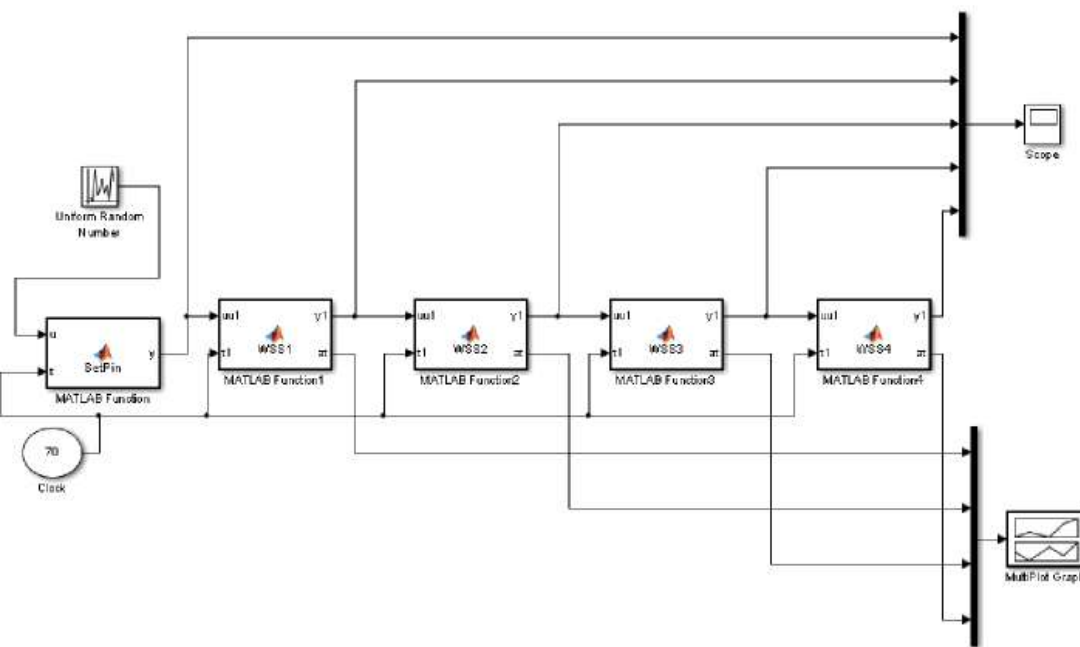
- Em situações de falha algumas demandas sofrerão bloqueio na restauração por falta de recursos nos enlaces
- Com o *NetworkPlanner* operando em malha fechada com o controlador SDN, pode-se realizar “planejamento em operação”, utilizando técnicas adaptativas ou cognitivas para alterar a estratégia de sobrevivência das demandas de forma a não haver bloqueio
 - Tipos: 1+1, 1+R, 1+1+R
- Pode utilizar informações de histórico de falhas e SLA contratado dos serviços como entrada

Casos de uso e aplicações

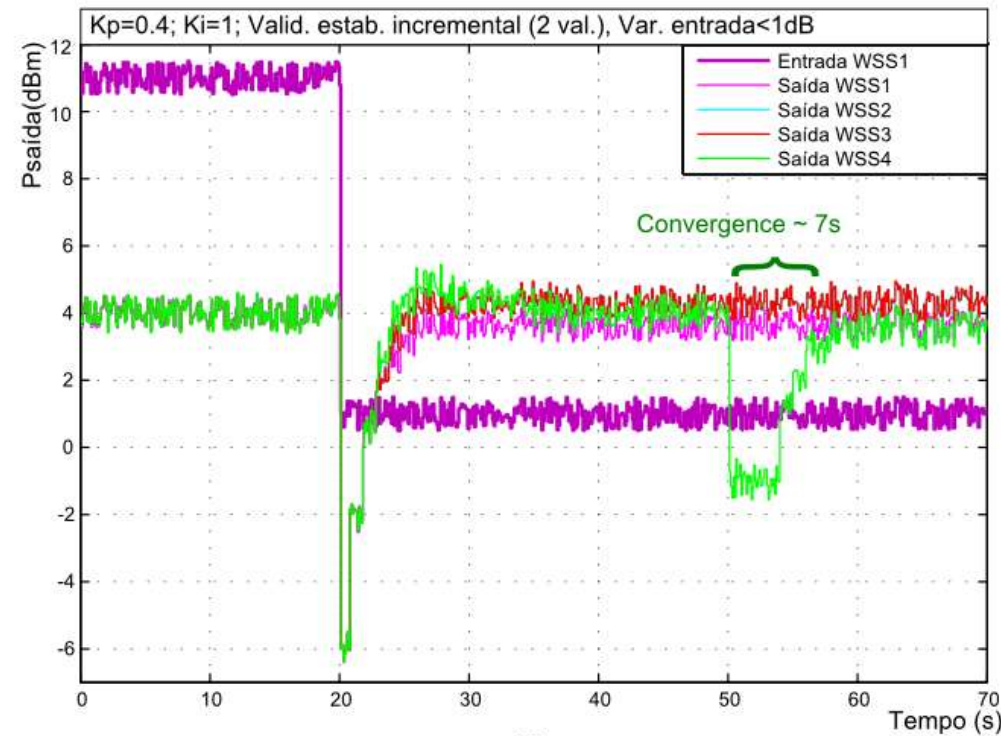
UC06 - Ajuste fino de políticas locais via planejamento automatizado

- Políticas podem requerer visão global (fim-a-fim)
- Situações podem ser simuladas (com visão global) e ações pré-configuradas nos NEs para a realização de ações locais em caso de ocorrência dos eventos
- Útil para o caso que que há falha de comunicação com o controlador
- O caso de uso consiste na simulação de atuação de algoritmos de equalização óptica de nós ROADM em cascata, minimizando *overshoot* e minimizando o tempo de convergência

Modelo de Simulação



(a)



(f)

Sumário

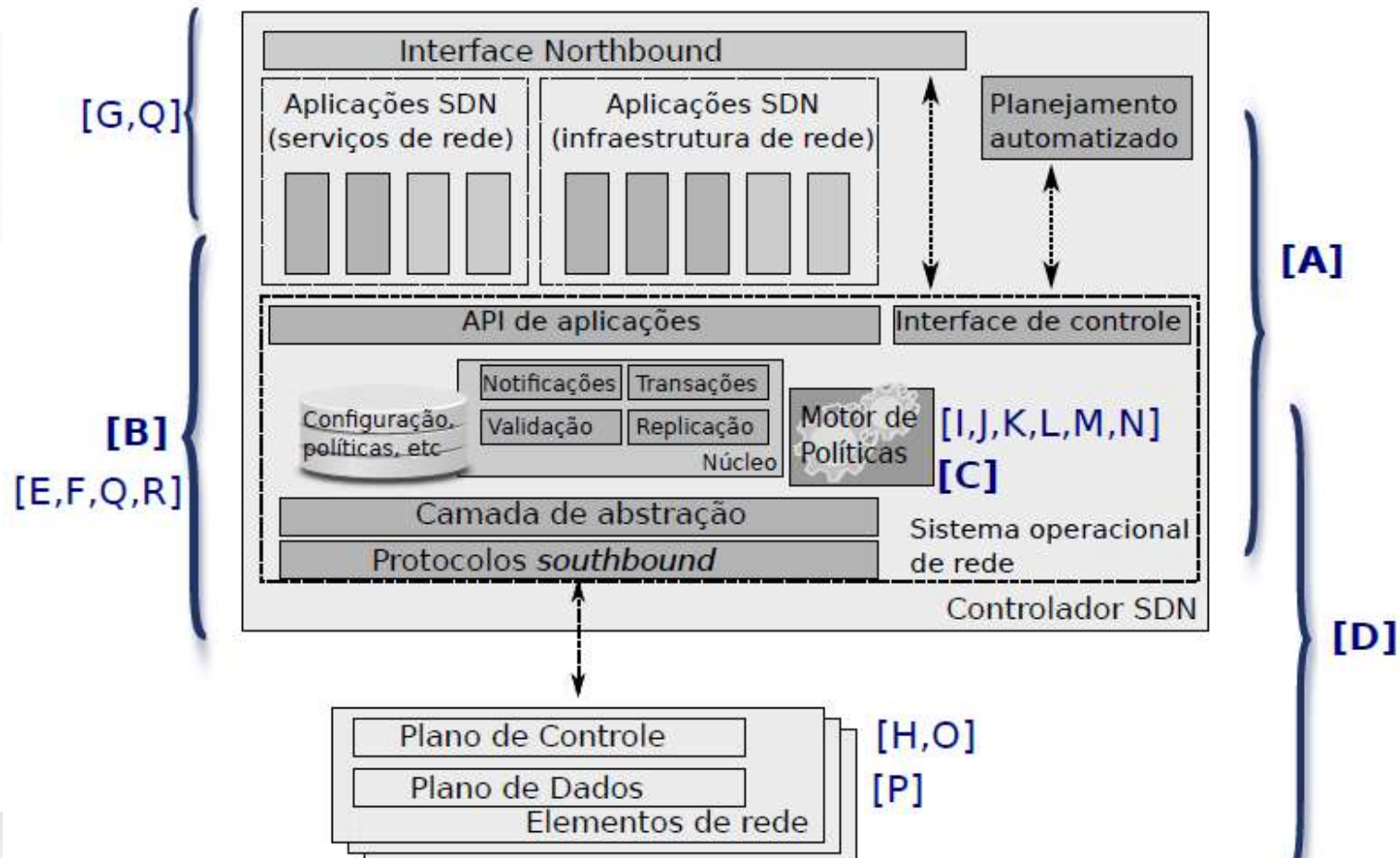
1. Introdução
2. Redes Ópticas de Transporte de Nova Geração (NG-OTN)
3. Novos Paradigmas em Controle de Redes
4. Arquitetura SDN para NG-OTN com Base em Políticas
5. Aplicações e Casos de Uso
- 6. Conclusão**

Conclusões

- Arquitetura T-SDN (*Transport SDN*)
 - Equipamentos de redes modelados em YANG facilitam a **abstração da rede** a nível do controlador SDN, viabilizando a representação do equipamento e da rede como **grafos** através de transformações
 - A proposta obteve **boa aceitação** (Ex.: artigo *invited* para o JOCN, realimentação no workshop de SDN em óptica do Globecom e reuniões com equipe da Telefônica I+D no IETF87)
- Modelo de políticas
 - Observou-se que é essencial a implementação de sistema de políticas no contexto do sistema operacional de rede, de forma a **controlar** as requisições, concorrência e acesso a recursos das **aplicações SDN**
 - Modelo **Policy Flow** mostrou-se adequado para operar no escopo do controlador T-SDN (com abstração em grafos)
 - A associação entre SDN e PBNM realizada no contexto desta tese, reforçada por trabalhos recentes da Cisco (SMITH et al., 2014) e da VmWare (BALLAND; HINRICHS,2014), deverá permitir que a operação das redes tenha um maior grau de automação
- Aplicações e casos de uso
 - Observou-se, através da implementação de casos de uso, que a visão **logicamente centralizada** provida pela arquitetura SDN viabiliza a implementação de aplicações e políticas de forma mais simples e direta que em redes com plano de controle distribuído.

Publicações mais relevantes

- [A] M. Siqueira, et. al., **Providing Optical Network as a Service with Policy-based Transport SDN**, JNSM 2014
- [B] M. Siqueira, et. al., **An Optical SDN Controller for Transport Network Virtualization and Autonomic Operation**, Globecom 2013
- [C] Siqueira, Marcos A., et al. "An architecture for autonomic management of ambient networks." Autonomic Networking 2006
- [E] J. Oliveira, J. Oliveira, M. A. Siqueira, et al., "Towards Software Defined Autonomic Terabit Optical Networks" Invited Paper - OFC2014.
- [G] Oliveira, Juliano, M. Siqueira, et al. "Experimental testbed of reconfigurable flexgrid optical network with virtualized GMPLS control plane and autonomic controls towards SDN. IEEE IMOC2013



Trabalhos Relacionados (1/3)

- **SDN em redes de transporte**

- GRINGERI, S.; BITAR, N.; XIA, T. J. **Extending Software Defined Network Principles to Include Optical Transport**. Communications Magazine, IEEE, IEEE, v. 51, n. 3, p. 32–40, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 6.
 - Apresenta benefícios e desafios para estender-se os conceitos de SDN para redes de transporte, destacando as vantagens da abordagem SDN para redes multicamadas
 - **Somente é realizada uma abordagem conceitual, sem análise ou proposta de soluções específicas.**
- LIU, L.; MUÑOZ, R.; CASELLAS, R.; TSURITANI, T.; MARTÍNEZ, R.; MORITA, I. **OpenSlice: an OpenFlow-based Control Plane for Spectrum Sliced Elastic Optical Path Networks**. In: OPTICAL SOCIETY OF AMERICA. European Conference and Exhibition on Optical Communication. [S.I.], 2012. Citado na página 6.
 - Apresenta resultados obtidos pela implementação de plano de controle baseado em OpenFlow para redes ópticas elásticas, incluindo suporte a provisionamento dinâmico de caminhos fim-a-fim
 - **Não resolve questões relacionadas à arquitetura SDN, modelagem/ abstração da rede, políticas, virtualização de redes, entre outros.**
- **DAS, S. PAC. C: A Unified Control Architecture for Packet and Circuit Network Convergence**. Tese (Doutorado) — Stanford University, 2012. Citado na página 6.
 - Propõe arquitetura baseada em OpenFlow para controle unificado de redes ópticas e de pacotes, incluindo abstração comum de fluxos e de mapa da rede.
 - **Não aborda questões como políticas, aspectos mais associados às redes ópticas de transporte, como restrições de camada física, mecanismos de proteção e restauração, compatibilidade com mecanismos legados, entre outros.**

Trabalhos Relacionados (2/3)

- **Políticas em redes SDN**

- MONSANTO, C.; REICH, J.; FOSTER, N.; REXFORD, J.; WALKER, D. **Composing Software Defined Networks**. NSDI, Apr, 2013. Citado na página 7..
 - O artigo propõe operações de composição de políticas de encaminhamento para a criação de regras para a instalação nos dispositivos de rede.
 - **Relacionado à políticas em redes SDN, utiliza o conceito de política de forma muito específica, utilizando política como sinônimo de “regra de encaminhamento de pacotes”.**
- **Problem Statement for Shared Unified Policy Automation (SUPA)**. IETF, 2014. (Internet Drafts). Disponível em: <draft-karagiannis-sup-a-problem-statement-00>. Citado na página 8.
 - **Contribuição do WG/BoF SUPA (Shared Unified Policy Automation)**
 - *The main goal of SUPA is to provide service specific models that allow applications to request network services to be created/deleted/modified. This can be realized by:*
 - *model multiple topologies at different levels of abstraction using a network graph.*
 - *model the relationships between the abstraction levels.*
 - *transporting model instances using either NETCONF or RESTCONF.*
 - Each network service can be represented by a service based POLICY model that can model a group of demands (i.e., actions and constraints) that are being initiated by applications that impose similar requirements on the communication network.
 - **Proposta recente (Setembro/14), muito alinhada com as contribuições propostas na tese.**

Trabalhos Relacionados (3/3)

- **Planejamento e controle de redes multicamadas**

- TANG, L.; BILLENHALLI, S.; HUANG, W.; RAZO, M.; SIVASANKARAN, A.; VARDHAN, H.; MONTI, P.; TACCA, M.; FUMAGALLI, A. **The PlaNet-OTN Module: A Double Layer Design Tool for Optical Transport Networks**. In: IEEE. Transparent Optical Networks, 2009. ICTON'09. 11th International Conference on. [S.l.], 2009. p. 1–5. Citado na página 8.
 - Apresenta ferramenta de planejamento de redes OTN
 - Não utiliza o conceito de “planejamento em operação”, permitindo alimentar a “camada de inteligência” da rede com resultados de simulações *online*.

- **Virtualização de redes de transporte**

- PERELLO, J.; SPADARO, S.; GARCIA-ESPIN, J.; RIERA, J. F.; FIGUEROLA, S. et al. **Optimal Allocation of Virtual Optical Networks for the Future Internet**. In: IEEE. Optical Network Design and Modeling (ONDM), 2012 16th International Conference on. [S.l.], 2012. p. 1–6. Citado na página 7..
 - Possui foco específico na realização de formulações ILP para a alocação ótima de redes virtuais em redes ópticas
- GARRICH, M.; AMAYA, N.; ZERVAS, G. S.; GIACCONE, P.; SIMEONIDOU, D. **Architecture on Demand: Synthesis and Scalability**. In: IEEE. Optical Network Design and Modeling (ONDM), 2012 16th International Conference on. [S.l.], 2012. p. 1–6. Citado na página 55.
 - Propõe algoritmo para sintetização de NE óptico flexível com base nas demandas locais.



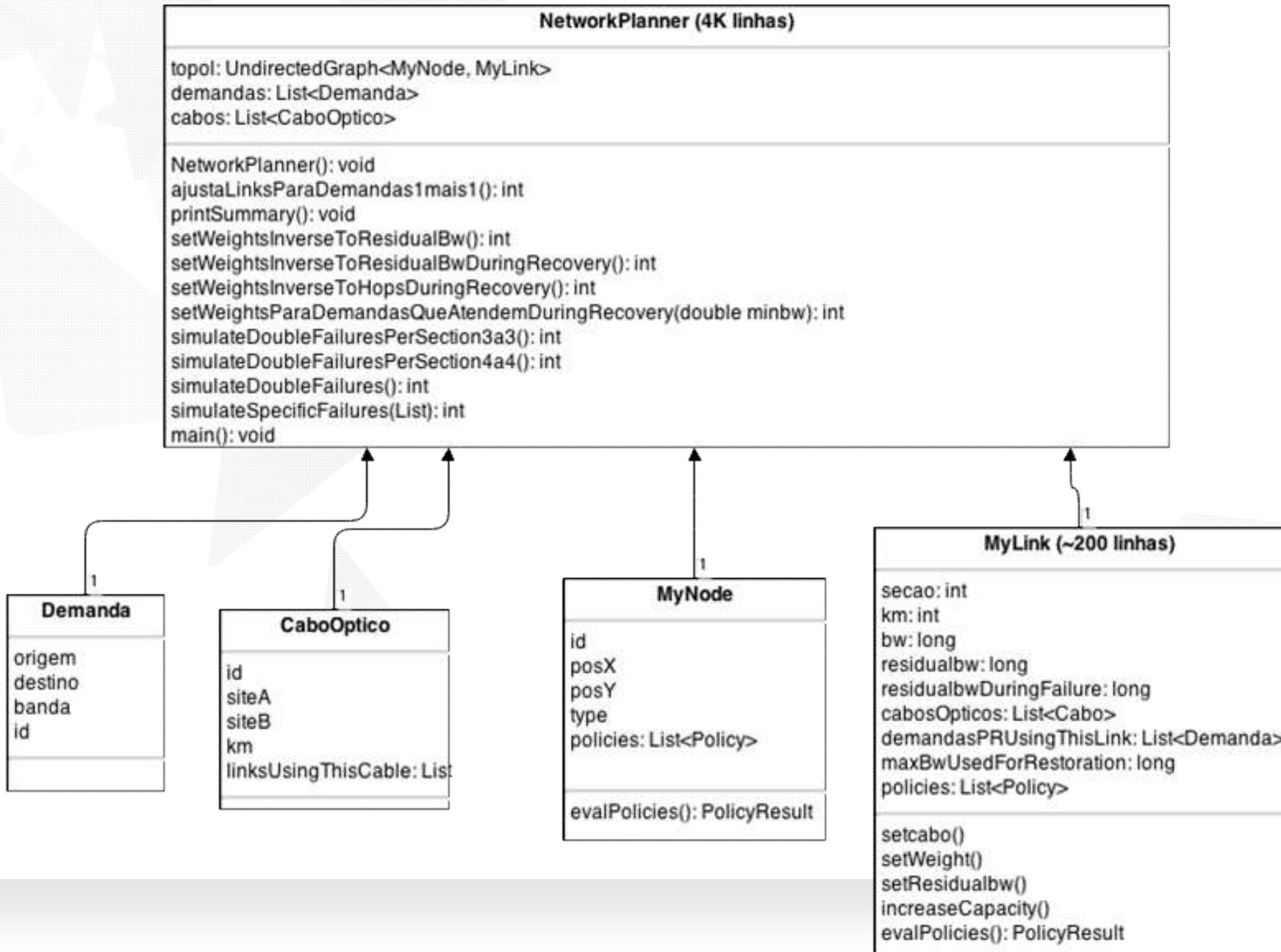
Obrigado!



Slides *Backup*

Network Planner: Implementação

Grafo: JUNG (Java Universal Network/Graph Framework)



Network Planner: Entradas, simulações e saídas

- **Entradas**

- Lista de estações (sites)
- Lista de cabos ópticos interconectando as estações, incluindo identificação da região do cabo, para divisão da rede em regiões geográficas
- Lista de comprimentos de onda que interconectam os equipamentos da camada superior (roteadores, OTN Switches, etc), incluindo o a associação destes com os cabos ópticos que utilizam
- Matriz de demandas
- Estratégia de sobrevivência de cada demanda (Ex.: 1+1, 1+R, 1+1+R).

- **Simulações que podem ser realizadas**

- Dimensionamento inicial da rede para atender as demandas (sem capacidade para restauração)
- Simulação de falhas de enlaces conforme uma das seguintes estratégias pré-definidas, permitindo dimensionamento de capacidade adicional para restauração.
 - Falhas simples em toda a rede ou por região de forma simultânea
 - Falhas duplas em toda a rede ou por região de forma simultânea
- Verificação de necessidade de adição de enlaces na topologia para atender ao requisito de sobrevivência especificado.
- Simulação de cenários what-if para redes em funcionamento.
- Funcionamento como motor de cálculo de rotas para o PCE, incluindo proteção, e pré-planejamento de caminhos de restauração.

- **Saídas**

- Dimensionamento de capacidade dos enlaces para atender às demandas com seus requisitos de sobrevivência.
- Sugestão de adição de enlaces na topologia para atender ao requisito de sobrevivência especificado.
- Resultados de simulação de cenários what-if, incluindo caminhos de re-roteamento de demandas e utilização dos enlaces após falhas.
- Caminhos principais, de proteção e restauração pré-planejados para uso pelo plano de controle e/ou PCE.

Network Planner: Exemplo de resultados de dimensionamento

```
//////////Roteamento das Demandas - Resumo //////////
```

```
////////// ROTAS 1+1 das demandas //////////
```

```
Demanda: D0 / SPO / RJO-Rota principal: [id6(1x)]
```

```
Backup: D0 / SPO / RJO-Rota backup [id36(1x),id10(1x)]
```

```
Demanda: D1 / RJO / FTL-Rota principal: [id10(1x),id18(1x)]
```

```
Backup: D1 / RJO / FTL-Rota backup [id7(1x),id12(1x),id14(1x),id15(1x)]
```

```
Demanda: D3 / BSB / SPO-Rota: [id36(1x)]
```

```
...
```

```
//Cap. dos Links para atender demandas 1+1 + rest. de falhas duplas//
```

```
L32;GYN/PAL;Cap:200;Res:100;Princ:0;Prot:100;Bw Rest:100
```

```
L14;SSA/REC;Cap:500;Res:300;Princ:0;Prot:200;Bw Rest:220
```

```
L21;TSA/BEL;Cap:500;Res:500;Princ:0;Prot:0;Bw Rest:420
```

```
L15;REC/FTL;Cap:500;Res:300;Princ:0;Prot:200;Bw Rest:220
```

```
...
```

```
L9;VIX/BHZ;Cap:400;Res:400;Princ:0;Prot:0;Bw Rest:340
```

```
L12;VIX/SSA;Cap:500;Res:400;Princ:0;Prot:100;Bw Rest:320
```

```
//////////
```

```
Total de Interfaces 100G Rede: 248
```

```
//////////
```

Grafo da rede (JUNG)

