

The logo for NIC.br features the text "nic.br" in a bold, sans-serif font. The ".br" is a vibrant green color, while "nic" is black. Below the text, the full name "Brazilian Network Information Center" is written in a smaller, black, sans-serif font.

nic.br
Brazilian Network
Information Center

The logo for EGI.br features the text "egi.br" in a bold, sans-serif font. The ".br" is a vibrant green color, while "egi" is black. Below the text, the full name "Brazilian Internet Steering Committee" is written in a smaller, black, sans-serif font.

egi.br
Brazilian Internet
Steering Committee

A row of six logos for Brazilian internet services, all in a white sans-serif font with a green ".br" domain extension. The logos are: "registro.br", "cert.br", "cetic.br", "ceptro.br", "ceweb.br", and "ix.br".

registro.br cert.br cetic.br ceptro.br ceweb.br ix.br

Evoluindo redes com Segment Routing IPv6

Fabio Pessoa Nunes <fpnunes@nic.br>

Supervisor de Redes e Sistemas @ Engenharia IX.br

nic.br

Brasil Internet Exchange (IX.br)



- IX.br teve início em 2004
- Troca de tráfego em regiões metropolitanas (80Km)
- **38 IXPs no Brazil (não interconectados)**
- Em 2015 o nome mudou de PTT.br para IX.br
- ~3711 ASNs únicos conectados
- 6823 conexões
- 44 Tb/s pico histórico agregado
- **IX.br São Paulo é o maior IXP do mundo**
 - 2500+ membros
 - 29,17 Tb/s pico histórico
 - 3000+ roteadores interconectados
 - Presente em 31 datacenters em São Paulo
 - 107 PE routers
 - Portas de Membros: 51x1G | 954x10G | 1064x100G | 46x400G

Roteamento tradicional vs MPLS

Simplicidade x Controle

- Roteamento Tradicional

- Baseado em **endereços IP**
- Cada roteador decide de forma independente
- Encaminhamento sempre pela rota de menor custo
- Simples e robusto
- Pouco controle sobre encaminhamento do tráfego

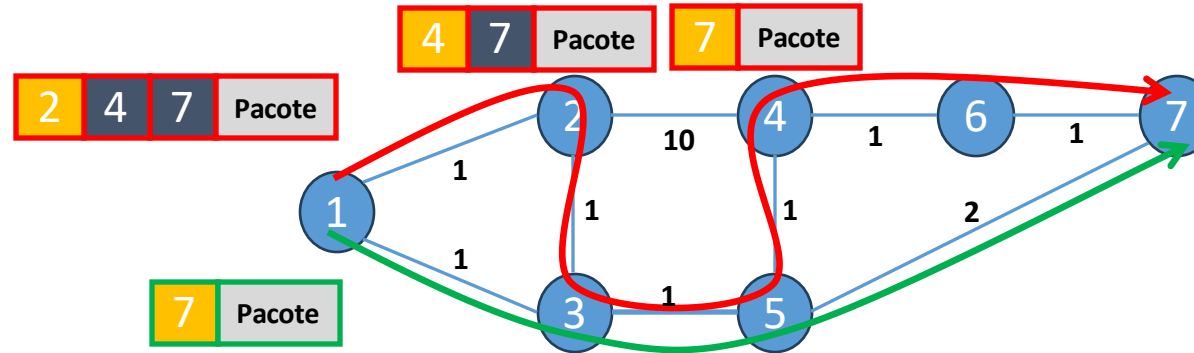
- MPLS

- Baseado em **rótulos (labels)**
- Encaminhamento rápido e eficiente
- Engenharia de tráfego: rotas otimizadas e controladas
- Suporte a QoS e VPNs escaláveis
- **Adiciona overhead**: necessidade de manter LDP / RSVP
- Dificuldade de integrar com IPv6 nativamente

Segment Routing (SR)

- **Evolução do MPLS:** elimina a necessidade de LDP/RSVP
- O caminho do tráfego é definido por uma lista de segmentos (SIDs), que podem representar nós, enlaces ou instruções
- Os segmentos são distribuídos pelo protocolo de roteamento com extensões, associando cada SID a:
 - Prefixo (**Node-SID / Prefix-SID**)
 - Adjacência (**Adj-SID**)
 - Serviço (**Service-SID**)
- Esses segmentos são empilhados no cabeçalho do pacote (**MPLS label Stack [SR MPLS]** ou **IPv6 [SRv6]**)
- **Source Routing:** a origem define a sequência de segmentos; os roteadores intermediários apenas seguem as instruções
- Permite engenharia de tráfego, serviços diferenciados e programação da rede de forma simples e escalável

Segment Routing (SR) - Funcionamento



-  Caminho de melhor custo até nó 7
-  Caminho de melhor custo até nó 7, passando pelo nó 2 e pelo nó 4
-  Segmento Ativo

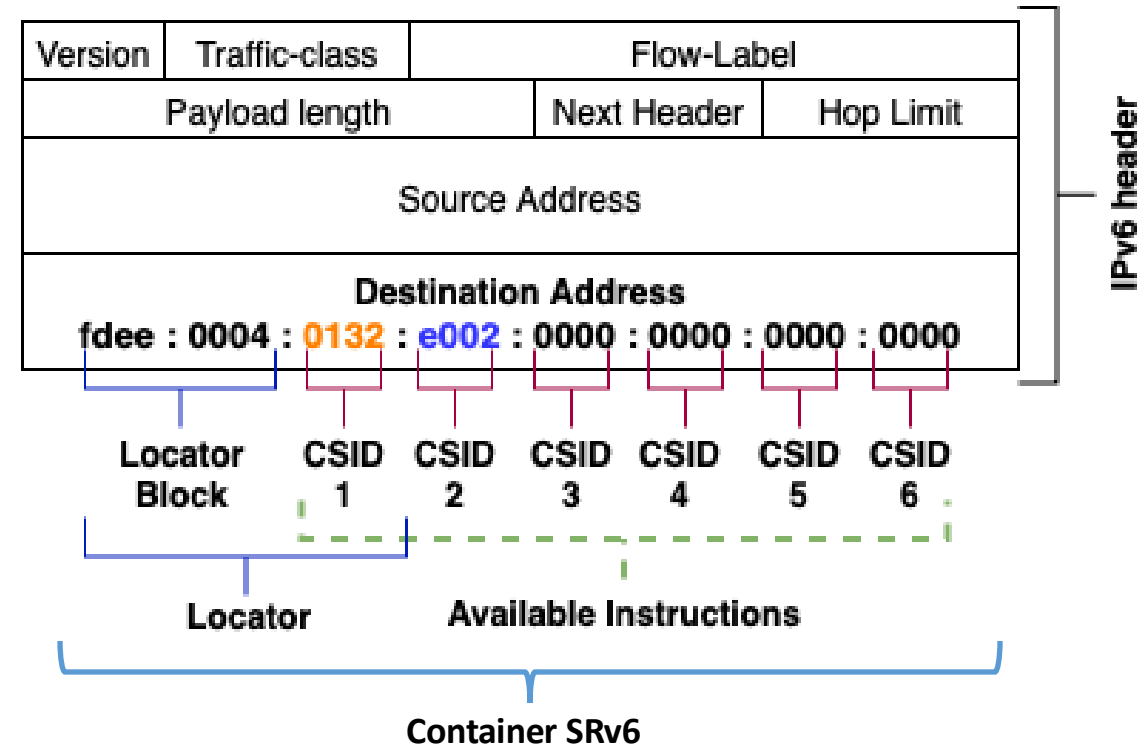
- Operações básicas a serem executadas: *PUSH*, *CONTINUE* e *NEXT*

Segment Routing - Vantagens

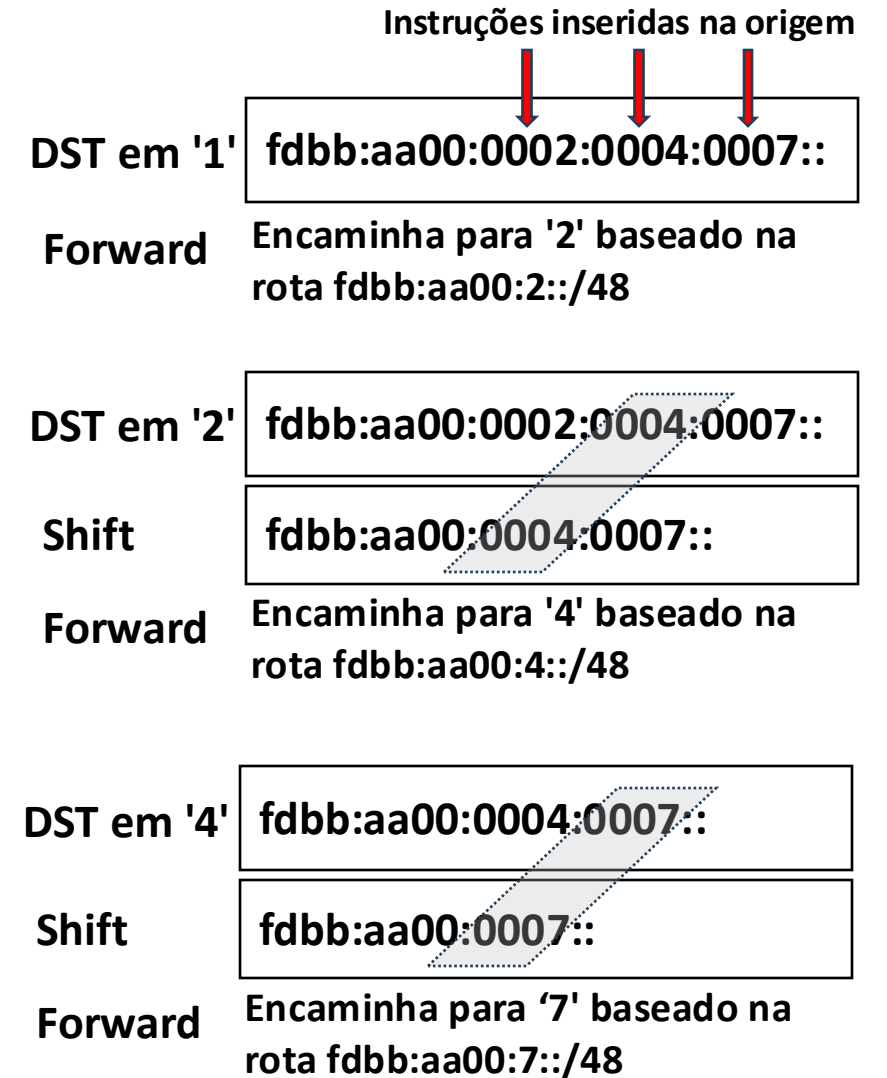
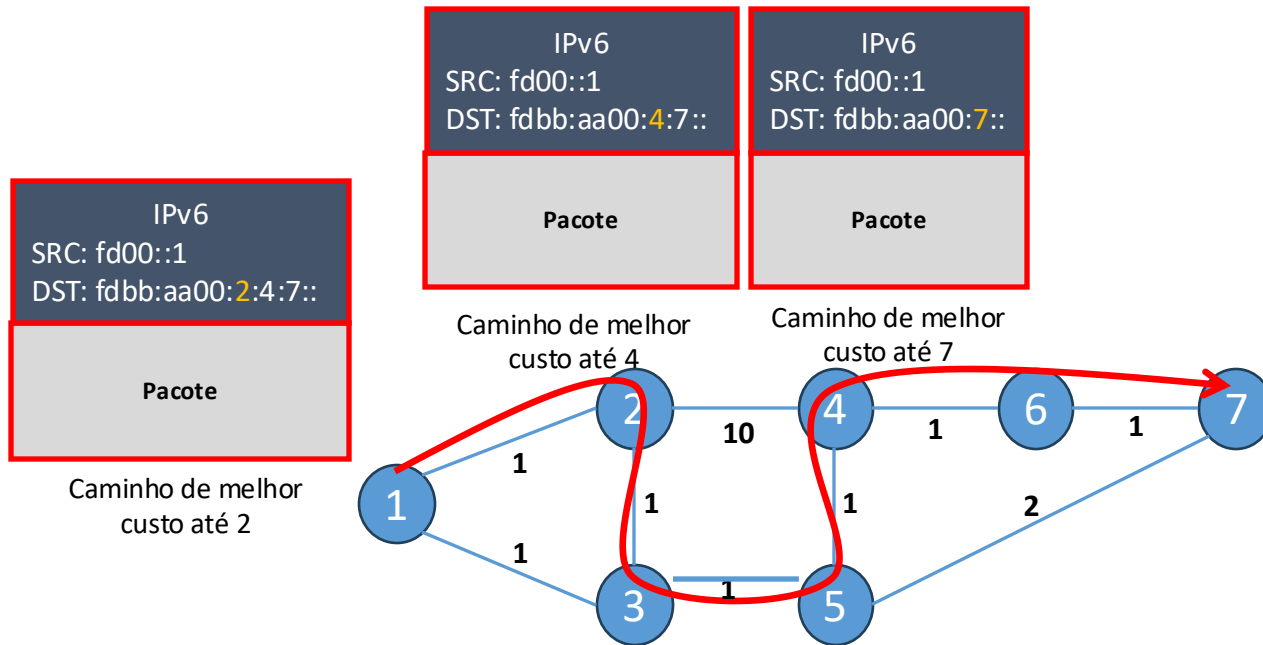
- Simplicidade operacional
- Melhor escalabilidade por não manter estados complexos em todos os nós
- Convergência tende a ser mais rápida por envolver menos protocolos
- Maior programabilidade, facilitando a integração com orquestradores e automações
- **FRR (Fast Reroute)** – Recuperação <50ms em caso de falhas de link ou nó, sem esperar IGP convergir
 - No MPLS/RSVP-TE, a proteção exige pré-sinalização dos túneis de backup
 - No SR, o backup está implícito no IGP com SR extensions, sem necessidade de estados adicional
 - **TI-LFA (Topology Independent Loop-Free Alternate)**: 100% de cobertura de proteção contra falhas pois cada nó conhece completamente a rede e pode calcular os caminhos alternativos

SRv6 - O que é uSID / CSID?

- SRv6 é apenas IPv6! Qualquer tipo de pacote é transportado sobre um cabeçalho IPv6 com instruções dos segmentos.
- SRv6 Compressed-SID (RFC 9800): Os SIDs são armazenados dentro do cabeçalho do IPv6
- Atualmente o uso de Micro SIDs (uSID)/CSID é mais recomendado
- “**Locator**” representa um nó na rede (distribuído pelo IGP)
- Nós intermediários não precisam entender SRv6
 - Longest Prefix Match



SRv6 - Como funciona o uSID / CSID?

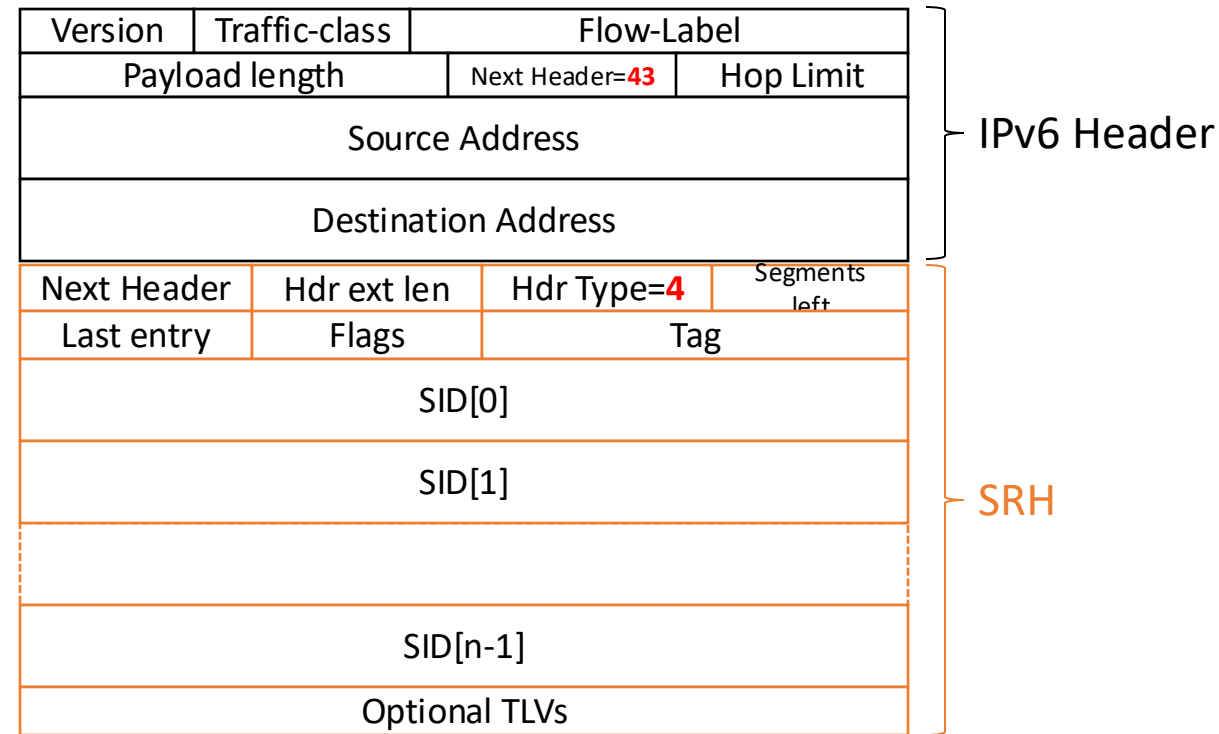


SRv6 - Mais de 6 instruções?

- O uso do Segment Routing Header (SRH) permite o envio de mais containers ao mesmo tempo

Container uSID SRv6 Ativo →

**Containers uSID SRv6
a serem executados
na sequência** →



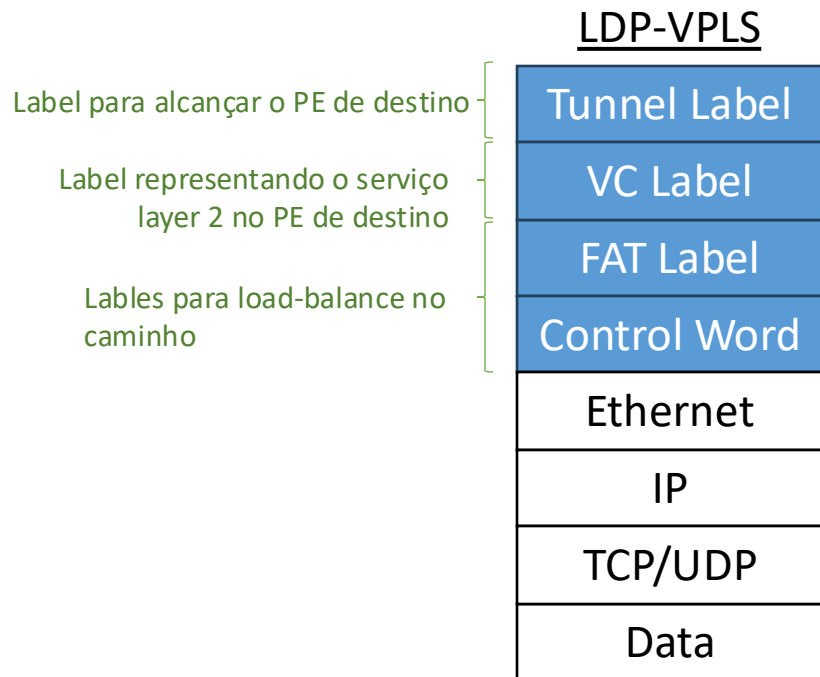
SRv6 Endpoint Behaviour

- Existe uma série de funções e comportamentos que podem ser atribuídos ao SID, indicando como o nó que anunciou o SID vai tratar pacotes recebidos com aquele SID

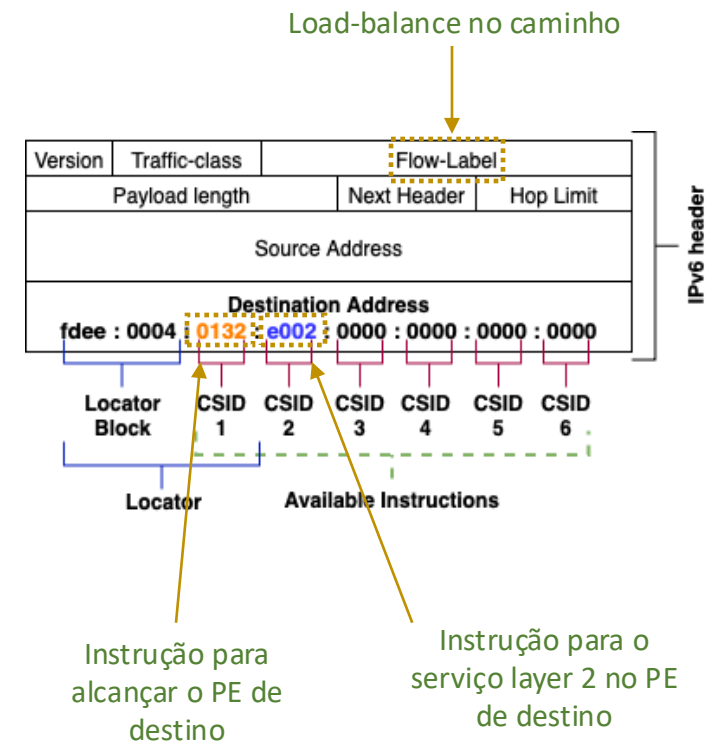
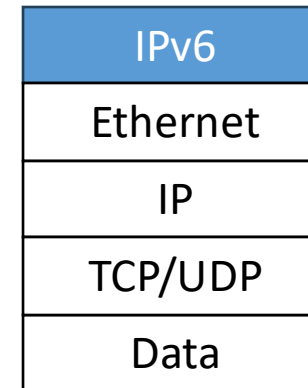
Codename	Comportamento	Aplicação
End (uN)	Endpoint	Node SID
End.X (uA)	Endpoint with Layer-3 cross-connect	Adj SID
End.DX4 (uDX4)	Endpoint with decapsulation and IPv4 cross-connect	L3VPN Per-CE
End.DX6 (uDX6)	Endpoint with decapsulation and IPv6 cross-connect	L3VPN Per-CE
End.DT4 (uDT4)	Endpoint with decapsulation and specific IPv4 table lookup	L3VPN Per-VRF
End.DT6 (uDT6)	Endpoint with decapsulation and specific IPv6 table lookup	L3VPN Per-VRF
End.DT46 (uDT46)	Endpoint with decapsulation and specific IPv4&v6 table lookup	L3VPN Per-VRF
End.DX2 (uDX2)	Endpoint with decapsulation and L2 cross-connect	E-LINE
End.DT2U/M (uDT2U/M)	Endpoint with decapsulation and L2 unicast lookup / flooding	E-LAN

Lista completa: <https://www.iana.org/assignments/segment-routing/segment-routing.xhtml>

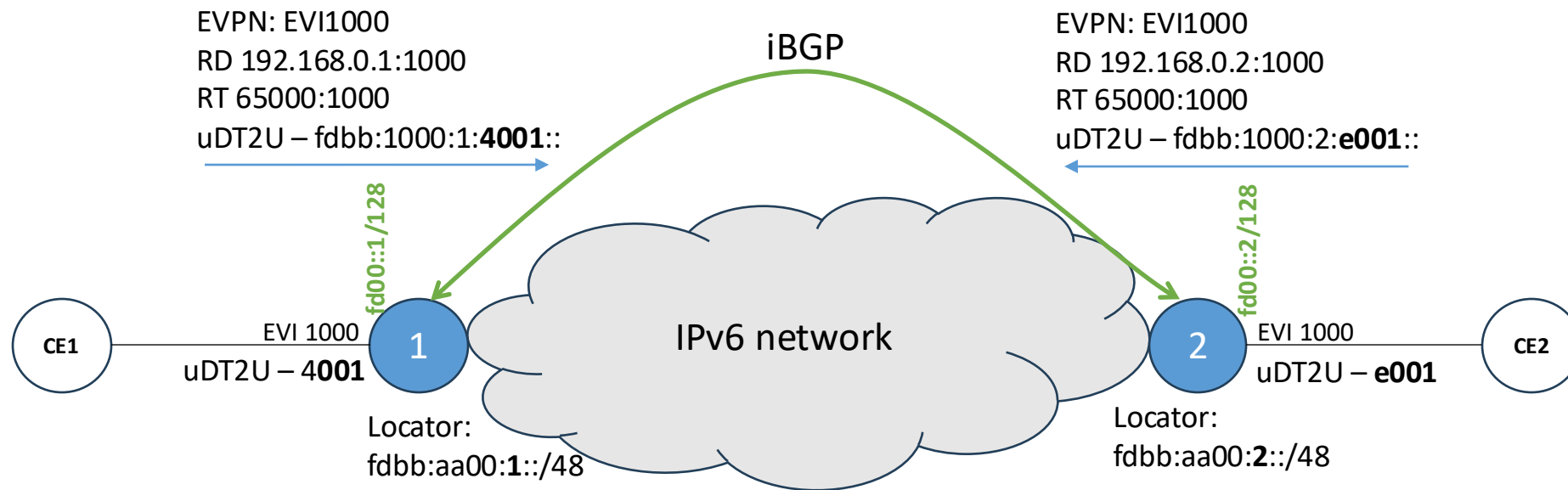
Serviços - MPLS L2VPN vs SRv6 L2VPN



EVPN ELAN + CSID SRv6



EVPN ELAN + SRv6



End.DT2U: Endpoint with decapsulation and L2 unicast lookup

EVPN ELAN + SRv6 (ROUTES)

ISIS TLVs FROM ROUTER 2:

Area Addresses:

Area Address : (3) 49.0000

Supp Protocols:

Protocols : IPv6

IS-Hostname : rtr2

Router ID :

Router ID : 192.168.0.2

. . .

. . .

IPv6 Reach:

Metric: (I) 0

Prefix : fd00::2/128

Metric: (IS) 0

Prefix : fdbb:aa00:2::/48

Sub TLV :

AttrFlags: N

SRv6 Locator :

MT ID : 0

Metric: () 0 Algo:0

Prefix : fdbb:aa00:2::/48

Sub TLV :

AttrFlags: N

End-SID : fdbb:aa00:2::, flags:0x0, endpoint:End-NXT-CSID-PSP-USD,
lbLen:32, lnLen:16, funLen:0, argLen:80

BGP L2VPN EVPN ROUTE FROM ROUTER 2:

Nexthop : fd00::2

From : fd00::2

Res. Nexthop : fe80::be2c:e6ff:fe35:f492

Community : origin:192.168.0.2:1000 ext:60e:c62 target:65000:1000

Originator Id : 192.168.0.2 Peer Router Id : 192.168.0.2

Origin : IGP

Flags : Valid

Route Source : Internal

AS-Path : No As-Path

EVPN type : MAC

ESI : ESI-0

Tag : 0

IP Address : n/a

Route Dist. : 192.168.0.2:1000

Mac Address : 44:45:aa:23:31:e9

MPLS Label1 : 57345 MPLS Label2 : n/a

Route Tag : 0

Neighbor-AS : n/a

SRv6 TLV Type : SRv6 L2 Service TLV (6)

SRv6 SubTLV : SRv6 SID Information (1)

Sid : fdbb:aa00:2::

Full Sid : fdbb:aa00:2:e001::

Behavior : End.uDT2U (67)

SRv6 SubSubTLV : SRv6 SID Structure (1)

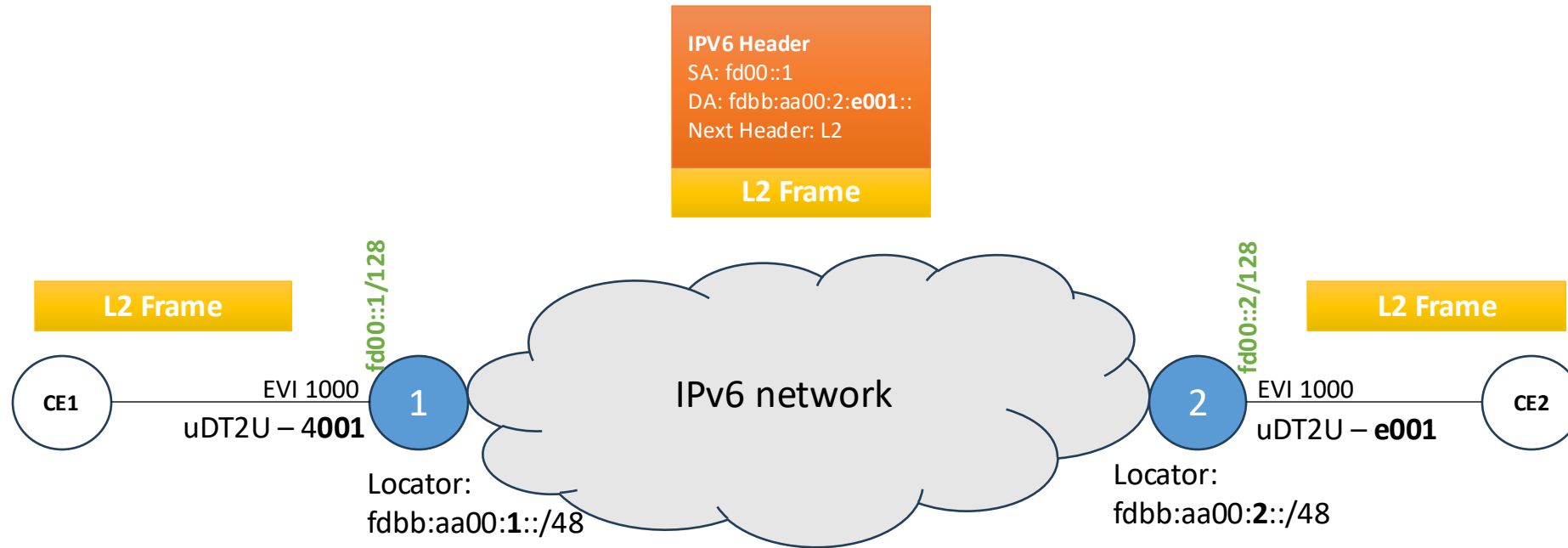
Loc-Block-Len : 32 Loc-Node-Len : 16

Func-Len : 16 Arg-Len : 0

Tpose-Len : 16 Tpose-offset : 48

Full Sid é composto por Sid + MPLS Label (hex)

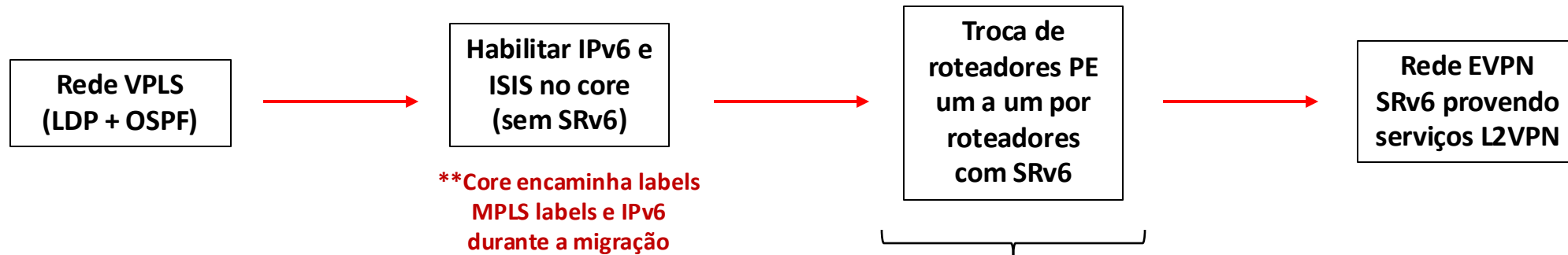
EVPN ELAN + SRv6



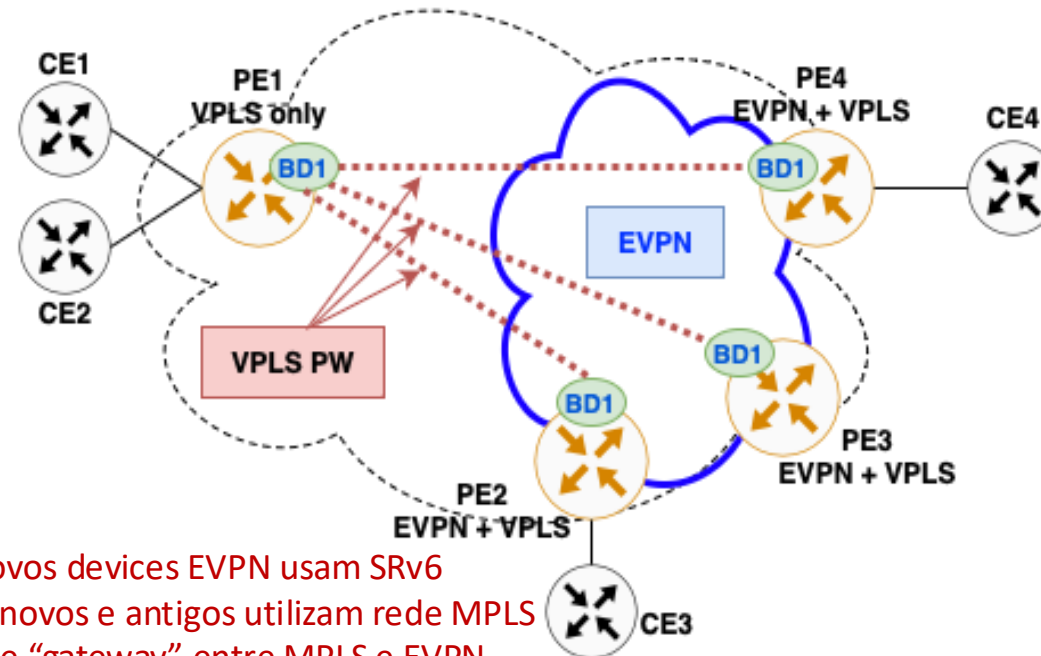
End.DT2U: Endpoint with decapsulation and L2 unicast lookup

Migrando de LDP-VPLS para EVPN SRv6

Migração acontecendo com impacto mínimo para os clientes

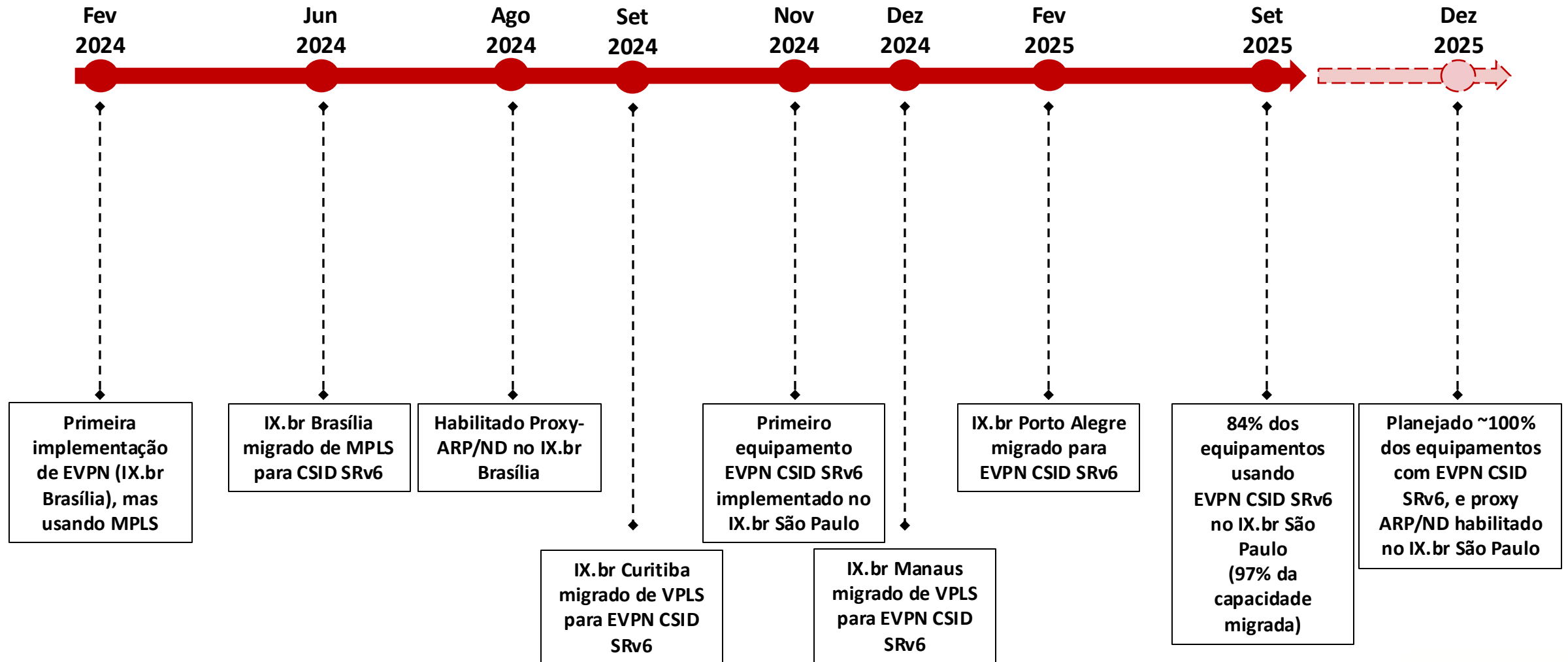


Migração transparente com
“VPLS and EVPN seamless
integration” (RFC 8560)



Tráfego entre novos devices EVPN usam SRv6
Tráfego entre devices novos e antigos utilizam rede MPLS
Sem necessidade de “gateway” entre MPLS e EVPN

IX.br: implementações de EVPN SRv6



Desafios

- Ausência de melhores práticas consolidadas para apoiar decisões e o processo de implantação
- Necessidade de treinamentos para se adaptar a uma tecnologia nova e um novo paradigma de roteamento
- Documentação de fornecedores ainda limitada em alguns pontos
- Escassez de profissionais qualificados no mercado com experiência prática em SRv6
- Suporte mais demorado: times de suporte também tem pouca vivência real com a tecnologia
- Limitações em hardware legados: nem todos os devices vão estar aptos para receber essa tecnologia

Conclusões

- SRv6 simplifica a arquitetura da rede, trazendo mais vantagens em relação ao MPLS e com mais simplicidade
- Ajuda a evoluir a rede para IPv6 only
- Desafios existem, mas a evolução é real e já está presente em várias redes como no IX.br
- Cada rede deve avaliar sua real necessidade antes de migrar, em vez de adotar apenas pelo “hype”
- O futuro da rede é mais simples, escalável e programável

Obrigado!

www.ix.br

 fpnunes@nic.br

 [fpessoanunes](https://www.linkedin.com/company/fpessoanunes)

Outubro/2025

nic.br **cgi.br**
www.nic.br | www.cgi.br