



nic.br

Núcleo de Informação
e Coordenação do
Ponto BR

egi.br

Comitê Gestor da
Internet no Brasil

Tutorial: Caminho para as redes só IPv6

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

Licença de uso do material

Esta apresentação está disponível sob a licença

Creative Commons

Atribuição - Sem Derivações 4.0 Internacional (CC BY-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/legalcode.pt>

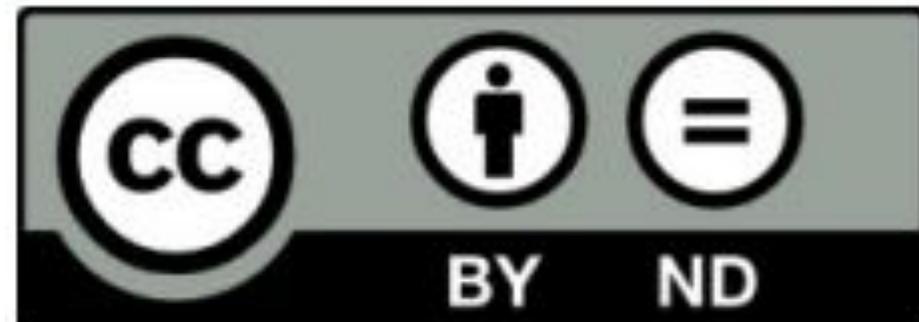
Você tem o direito de:

- **Compartilhar** - copiar e redistribuir o **material** em qualquer suporte ou formato para qualquer fim, **mesmo que comercial**.
- *O licenciante não pode revogar estes direitos desde que você respeite os termos da licença.*

De acordo com os termos seguintes:

- **Atribuição** - Você deve dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças foram feitas. Você deve fazê-lo em qualquer circunstância razoável, mas de nenhuma maneira que sugira que o licenciante apoia você ou o seu uso. Ao distribuir essa apresentação, você deve deixar claro que ela faz parte do **Tutorial Caminho para as redes só IPv6**, e que os originais podem ser obtidos em <http://ceptro.br>. Você deve fazer isso sem sugerir que nós damos algum aval à sua instituição, empresa, site ou curso.
- **Sem Derivações** - Se você remixar, transformar ou criar a partir do material, você não pode distribuir o material modificado.

Se tiver dúvidas, ou quiser obter permissão para utilizar o material de outra forma, entre em contato pelo e-mail: info@nic.br.



Webinários preparatórios

- Configurar servidores Linux solamente con IPv6
 - <https://youtu.be/ofcJvWOpDfo>
- Taller preparatorio IPv6 - LACNIC 42
 - <https://youtu.be/ofcJvWOpDfo>

Revisão

ceptro.br nic.br egi.br

História

IPv4

1983

- CIDR
- DHCP
- NAT

1998

Foi se esgotando a nível **mundial**

2011

Foi se esgotando a nível **regional**

2024

Continua sendo utilizado em toda a internet

Para aonde vamos?

IPv6

1994 projeto

Implantação

Utilização quase **0%**

Implantação

Utilização pouco mais de **45% Mundo e 50% Brasil**

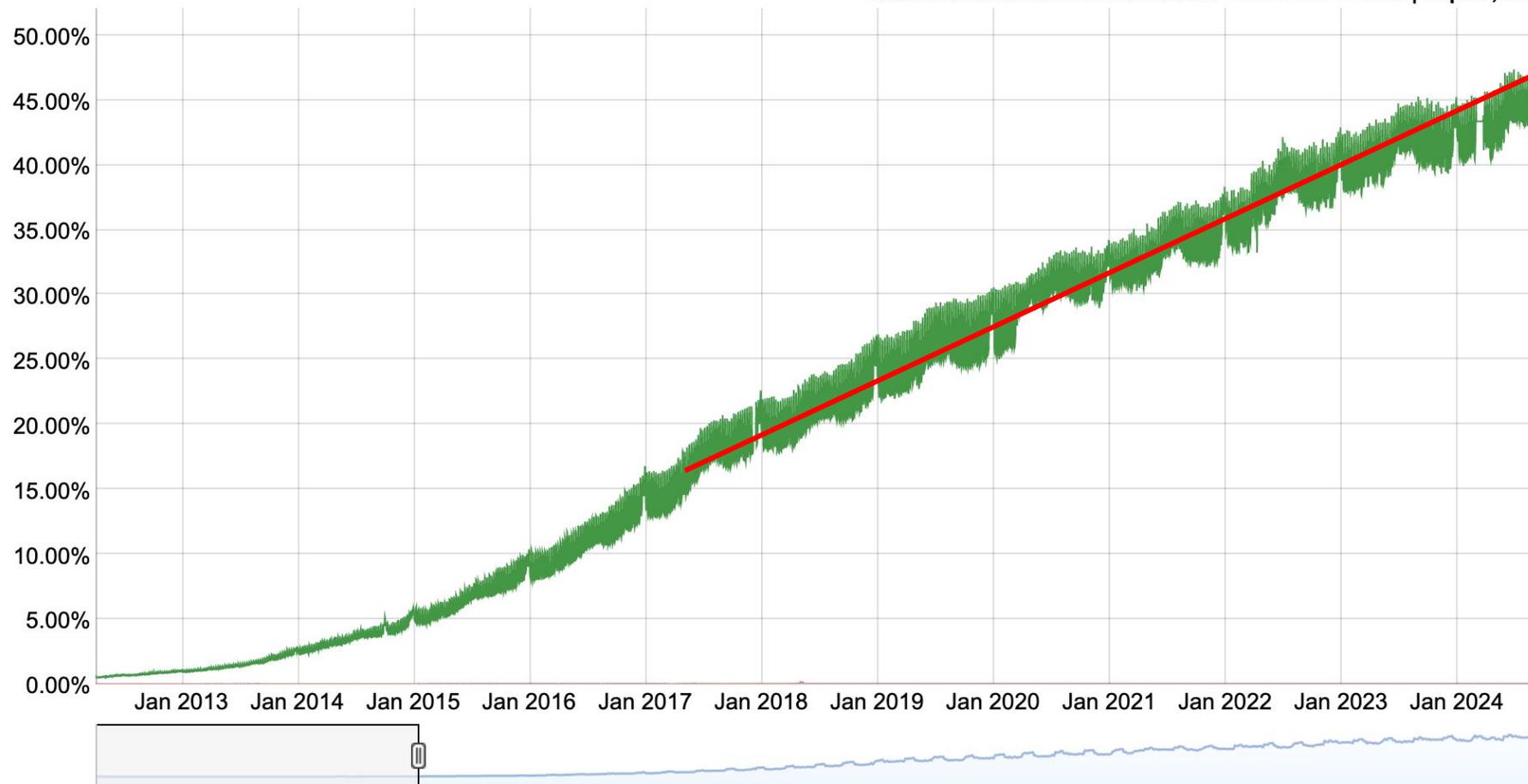
Crescendo em ritmo lento

Situação Atual

IPv6 Adoption

We are continuously measuring the availability of IPv6 connectivity among Google users. The graph shows the percentage of users that access Google over IPv6.

Native: 44.51% 6to4/Teredo: 0.00% Total IPv6: 44.51% | Sep 27, 2024



Projeção linear:
Em 2025
deve-se chegar
em 50% nível
mundial

Situação Atual - **Mundo 46,61%** - 06/10/24

Uruguai - 52,61%

Brasil - 50,60%

México - 50,50%

Guatemala - 48,93%

Nicarágua - 44,15%

Peru - 36,98%

Paraguai - 34,94%

Trinidad e Tobago - 26,14%

Equador - 27,72%

Suriname - 27,24%

Bolívia - 24,61%

Guiana - 22,24%

Argentina - 21,64%

Colômbia - 20,88%

Chile - 20,66 %

El Salvador - 17,51%

República Dominicana - 16,67%

Honduras - 15,65%

Costa Rica - 14,51%

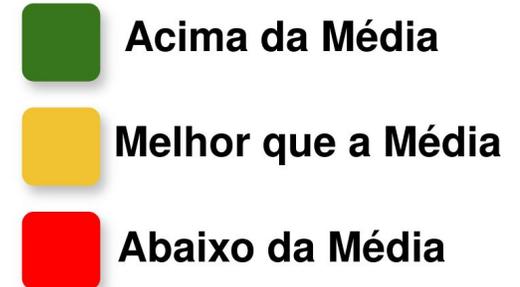
Panamá - 7,45%

Haiti - 6,82%

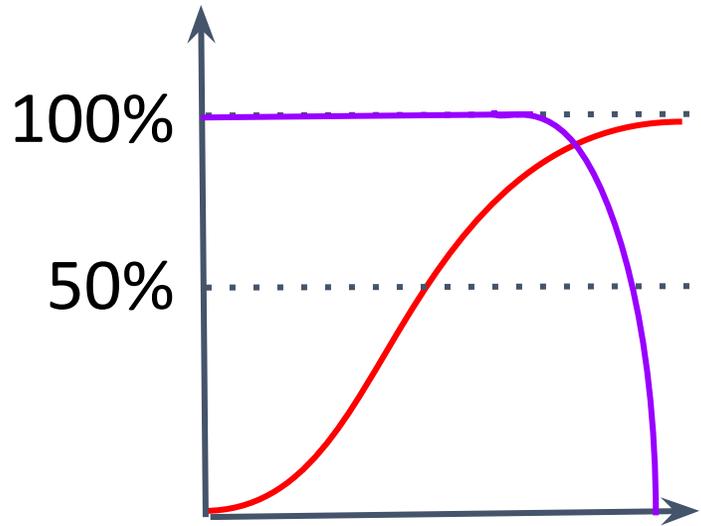
Belize - 4,87%

Venezuela - 2,87%

Cuba - 0,08%



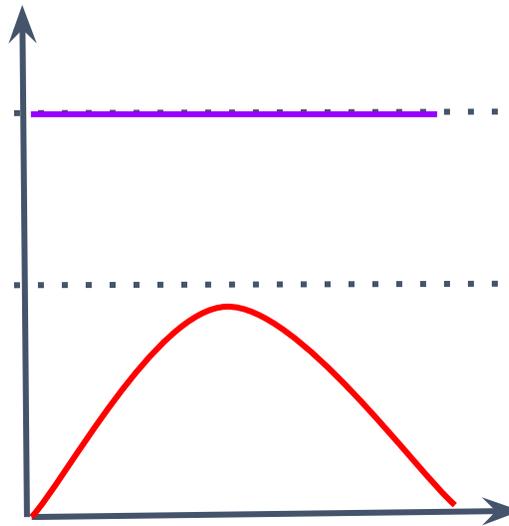
Qual será o futuro?



Futuro **só IPv6**

IPv6 **100%**

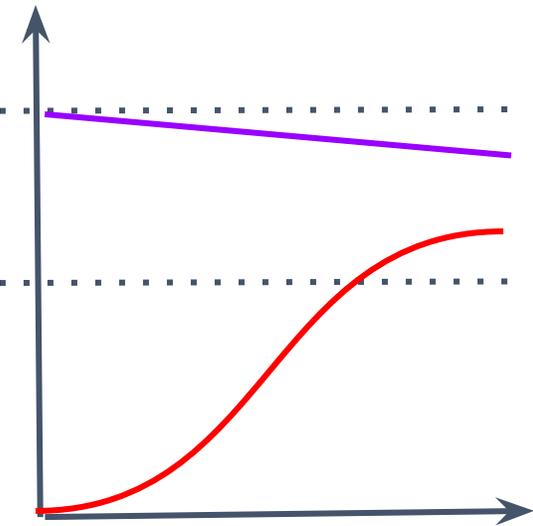
IPv4 **0%**



Futuro **só IPv4**

IPv6 **0%**

IPv4 **100%**



Futuro com **os dois**

IPv6 **~65%**

IPv4 **~90%**



Apostar nos **dois** para sempre

- Os dispositivos precisam operar com os **dois**
- Os roteadores precisam rotear para os **dois**
- Os provedores precisam operar com os **dois**
- Os servidores DNS precisam resolver os nomes para os **dois**
- Programadores precisam programar para os **dois**



Todos vamos pagar pelos **dois!**

Apostar no IPv4 para sempre

- Redes **IPv4 Only**

- **Custo** por Transferência de IPv4
 - **Custo** por equipamentos de CGNAT
 - **Custo** por armazenamento de LOGs
 - Lei da oferta e da procura
- Estima-se que quem entrar na fila hoje do LACNIC, só conseguirá em 2034.



Você tem como sustentar sua operação?

Apostar no IPv6 para sempre

- Redes **IPv6 only**
 - Foi criado para substituir o IPv4
 - Permite a comunicação fim a fim
 - Demanda estudo e aplicação de algo novo



Você está disposto a mudar sua forma de operar a rede?

Apostando em rede IPv6 only

- **Primeiro passo:** Começar operando em pilha dupla
 - IPv6 Nativo + IPv4 Compartilhado ou Nativo
- **Segundo passo:** ir desligando aos poucos o IPv4
 - **Técnicas de transição:**
 - NAT64 + DNS64
 - 464XLAT
 - SIIT e SIIT-DC
 - **Proxy reverso**
- **Terceiro passo:** desativar o IPv4 por completo



Primeiro Passo

- **IPv6 nativo**

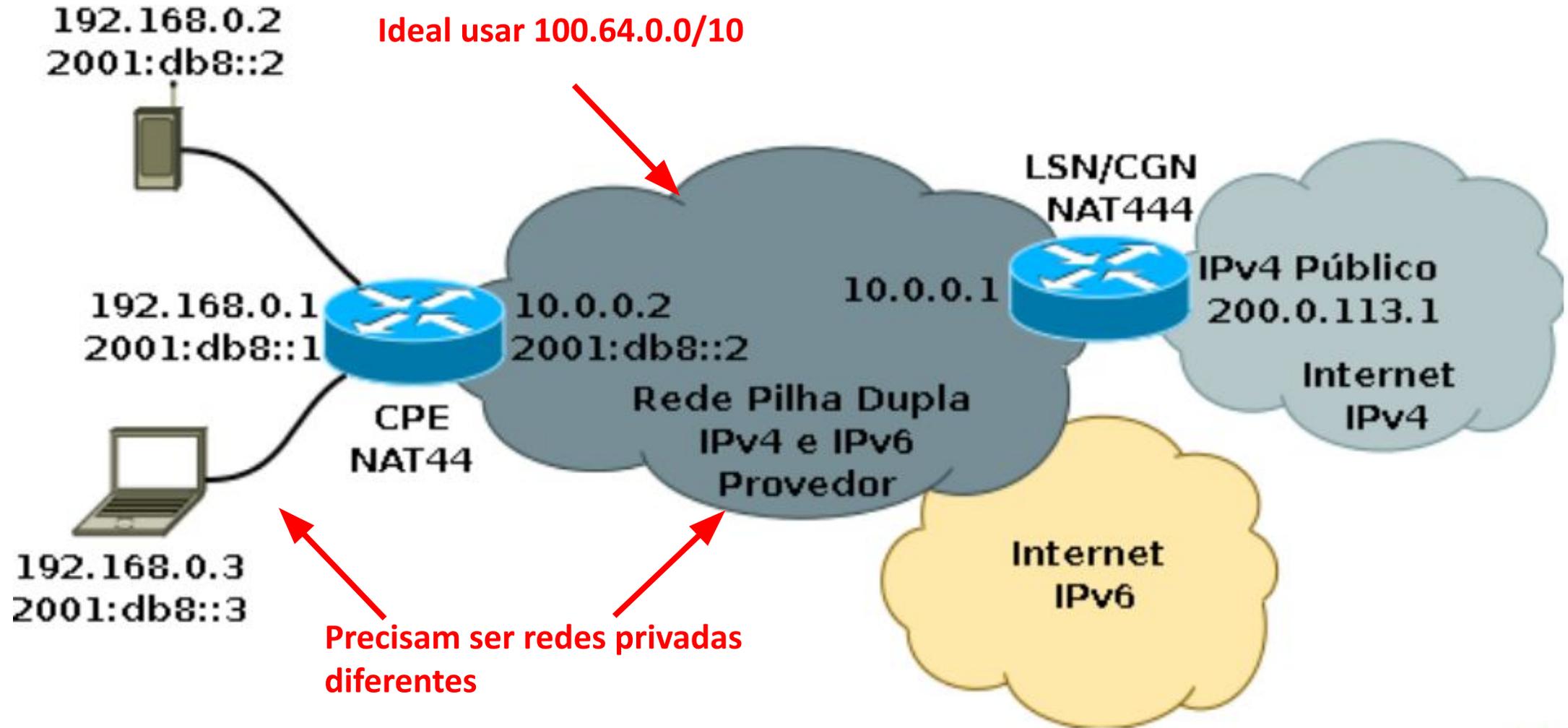
- Tudo que funciona em IPv4 precisa funcionar em IPv6
 - Atualizando software
 - Trocando equipamento
 - Ativar aos poucos
- Foque num bom plano de endereçamento

- **IPv4**

- Nativo - melhor dos mundos
- Compartilhado - **CGNAT** (mais comum)
 - 100.64.0.0/10



CGNAT



Usando Pilha Dupla

- As redes estão migrando para pilha dupla
 - **Happy Eyeballs**
 - Trabalha com IPv4 e IPv6
 - Começa pela resolução de nomes
 - AAAA
 - A
 - Leve preferência com IPv6
 - Fica com a conexão mais rápida



Começando o Primeiro Passo: Básico de IPv6

ceptro.br nic.br egi.br

Revisão - Endereçamento

- Vamos entender como o IPv6 é formado

2001:0DB8:AD1F:25E2:CADE:CAFE:F0CA:84C1

- São 8 campos separados por ":"
- Cada campo é composto de 4 números hexadecimais
- Cada hexadecimal é composto por 4 bits
 - Cada bit possui um valor posicional



Revisão - Endereçamento

2001 : db8 : : /32

Posição Bit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bits	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>1</u>											
Valor	8	4	2	1	8	4	2	1	8	4	2	1	8	4	2	1
		2				0				0						1

Revisão - Prefixo

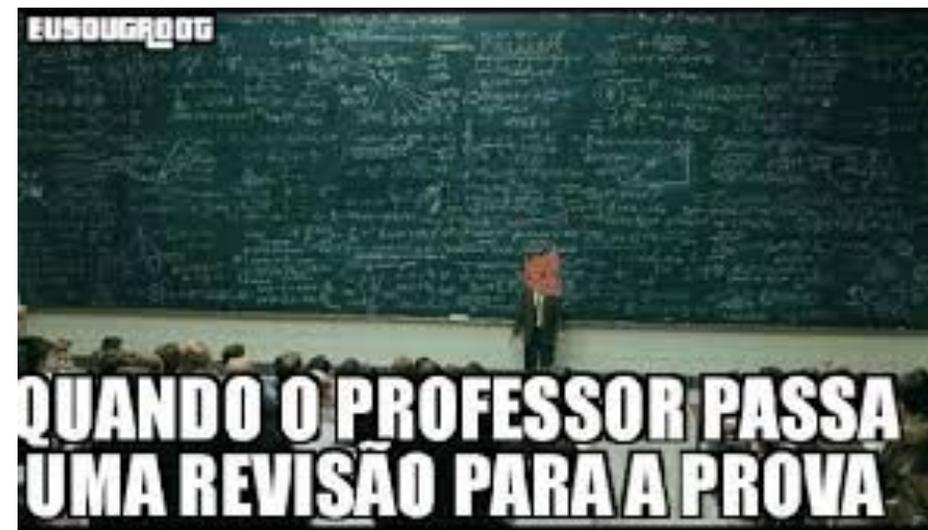
- Representação em escala decimal
- Contagem de quantos bits fazem parte da rede



2001:db8:: Endereço	/32 Prefixo
--------------------------------------	------------------------------

Revisão - Formatos válidos

- IPv6 com IPv4 dentro
 - **64:ff9b::203.0.113.10**
- Maiúsculo e Minúsculo
 - **2001:0dB8:B01a:bEbA:d012:5678:1234:fAcA**
- Regras de abreviação
 - **Zeros a direita dentro de um campo**
 - **Dois ou mais campos formado de 0 trocar ::**



Revisão - Comparando os dois protocolos

Versão (Version)	Tamanho do Cabeçalho (IHL)	1 Tipo de Serviço (ToS) ou DiffServ	2 Tamanho Total (Total Length)	
Identificação (Identification)		Flags	Deslocamento do Fragmento (Fragment Offset)	
4 Tempo de Vida (TTL)	3 Protocolo (Protocol)	Soma de Verificação do Cabeçalho (Checksum)		
Endereço de Origem (Source Address)				
Endereço de Destino (Destination Address)				
Opções + Complemento (Options + Padding)				

3 Campos mantidos

6 Campos removidos

4 Campos levemente modificados

1 Campo adicionado

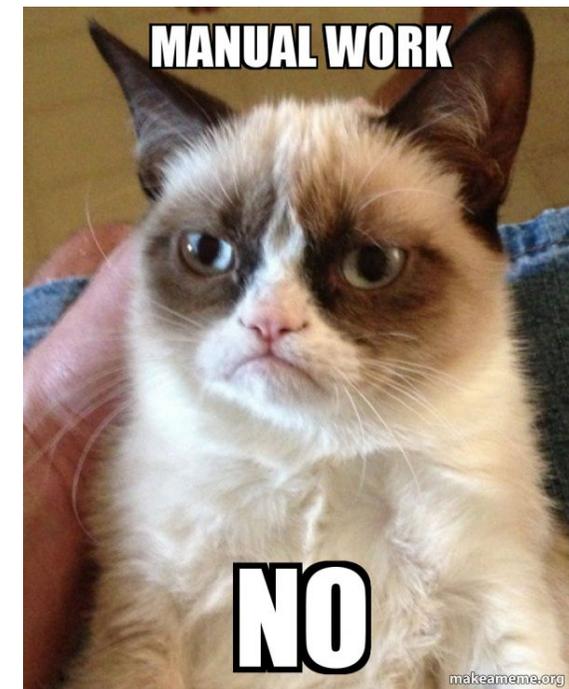
Versão (Version)	1 Classe de Tráfego (Traffic Class)	Identificador de Fluxo (Flow Label)		
2 Tamanho dos Dados (Payload Length)		3 Próximo Cabeçalho (Next Header)	4 Limite de Encaminhamento (Hop Limit)	
Endereço de Origem (Source Address)				
Endereço de Destino (Destination Address)				

Começando o Primeiro Passo: Configurando endereços IPv6 na Rede

ceptro.br nic.br egi.br

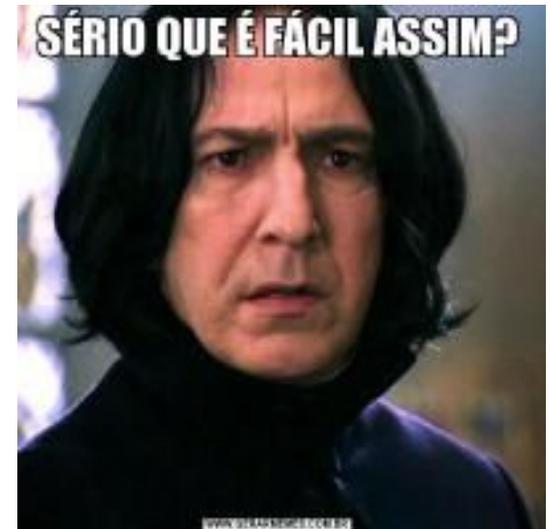
Modos de configurar endereço IPv6

- Estaticamente
 - Configuração manual
 - **Pouco escalável**
- Exemplos
 - `ip -6 addr add 2001:db8:abcd::1/64 dev eth0`
 - `ifconfig eth0 inet6 add 2001:db8:abcd::1/64`
 - `New-NetIPAddress -InterfaceAlias "Ethernet" -IPAddress 2001:db8:abcd::1 -PrefixLength 64`
 - `netsh interface ipv6 add address "Local Area Connection" 2001:db8:abcd::1`



Modos de configurar endereço IPv6

- Dinamicamente
 - Autoconfiguração
 - SLAAC (Stateless Address Autoconfiguration)
 - DHCPv6 (Dynamic Host Configuration Protocol)
 - DHCPv6-PD (Prefix Delegation)



Tipos de configuração de endereços

- Stateful (DHCP)
 - Algum dispositivo (servidor) mantém o controle das alocações (logs)
- Stateless (SLAAC)
 - Não existe controle das alocações, cada dispositivo é responsável pela resolução de conflitos

ISSO É UM



BELO REGISTRO

SLAAC

ceptro.br nic.br egi.br

SLAAC

- **S**tate**L**ess **A**ddress **A**uto**C**onfiguration
- Mecanismo que permite a atribuir endereços unicast aos nós...
 - sem a necessidade de configurações manuais
 - sem servidores adicionais
 - apenas com configurações mínimas dos roteadores
- Mas, não é possível saber o endereço criado de antemão

SLAAC

- Gera endereços IP a partir de informações enviadas pelos roteadores e de dados locais
 - Antigamente usava endereço MAC
 - Agora técnica de privacidade
- Gera um endereço para cada prefixo informado
 - Nas mensagens RA
 - Ou conhecido do link local (FE80::/10)



SLAAC

- Utiliza mensagens ICMPv6
 - **Neighbor Discovery Protocol (NDP)**
 - Router Solicitation (RS)
 - Router Advertisement (RA)
 - Flags
 - Prefix Information
 - RA pode ser enviado em resposta a RS ou periodicamente

SLAAC



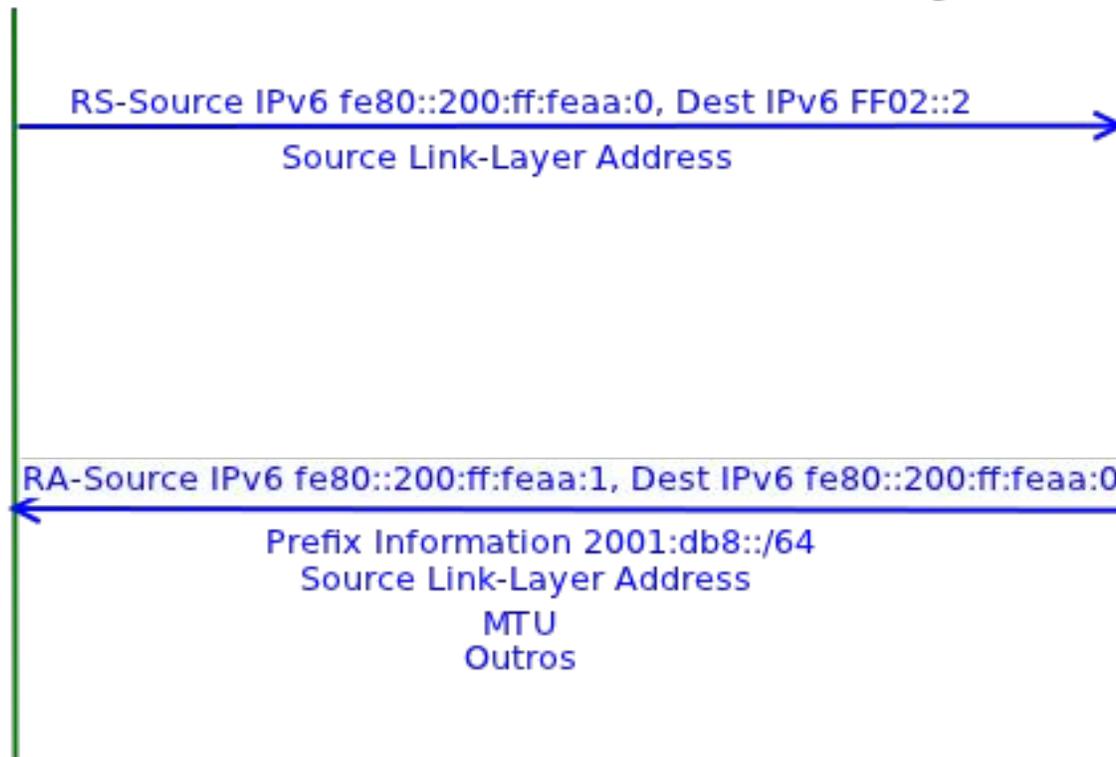
Cliente

local fe80::200:ff:feaa:0

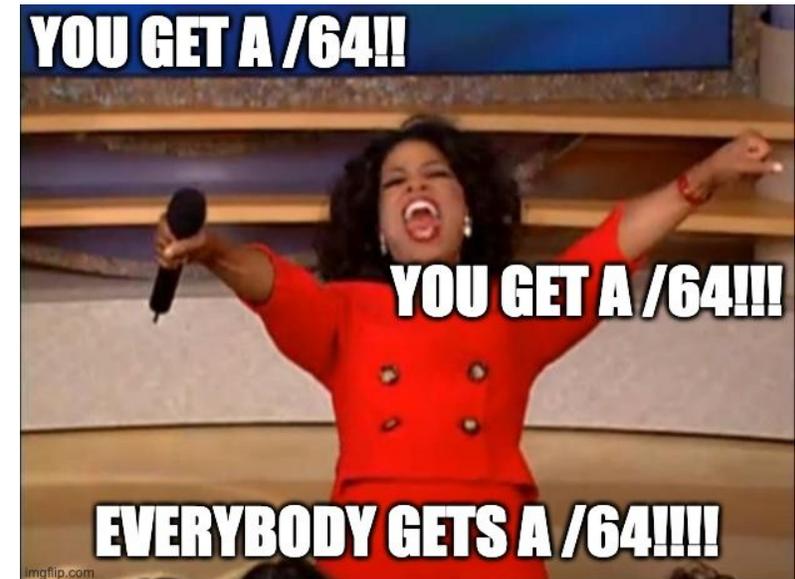


Roteador

local fe80::200:ff:feaa:1
global 2001:db8::11/64



Endereço global
2001:db8::200:ff:feaa:0



Laboratório 1: SLAAC

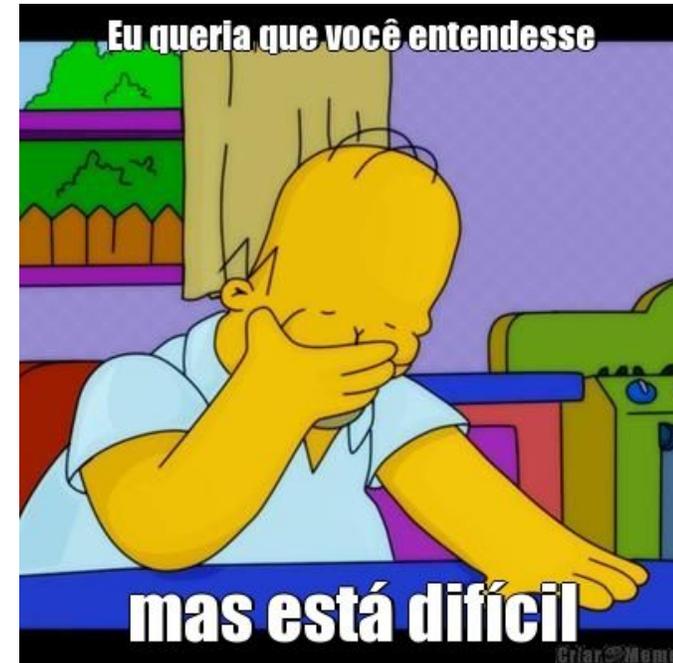
ceptro.br nic.br egi.br

DHCPv6

ceptro.br nic.br egi.br

DHCPv6

- Dynamic Host Configuration Protocol
 - Atribuição dinâmica de endereços IP
 - Análogo ao DHCP para IPv4
- Melhor controle e gerenciamento dos endereços
- Otimiza o uso dos endereços:
 - Possui um conjunto de endereços disponíveis
 - Quando solicitado, aloca um endereços para um dispositivo
 - Após o uso, o endereço é desalocado e retorna para o conjunto de endereços disponíveis
- Facilidade na entrega final de endereços

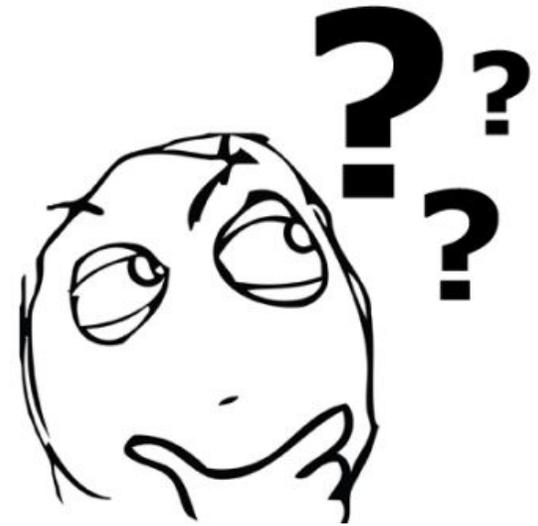


DHCPv6

- Pode ser indicado nas mensagens RA.
- Fornece:
 - Endereços IPv6
 - Outros parâmetros (servidores DNS, NTP...)
- Clientes utilizam para se comunicar com o DHCP:
 - um endereço link-local de origem
 - endereços multicast para destino (FF02::1:2 ou FF05::1:3).
- Clientes enviam mensagens a servidores fora de seu enlace utilizando um Relay DHCP

DHCPv6

- Os mecanismos de autoconfiguração de endereços stateful e stateless podem ser utilizados simultaneamente
 - **Por exemplo:** utilizar autoconfiguração stateless para atribuir os endereços e DHCPv6 para informar o endereço do servidor DNS
- **DHCPv6 e DHCPv4 são independentes.**
 - Redes com Pilha Dupla precisam de serviços DHCP separados



Laboratório 2: DHCPv6 - Stateful

ceptro.br nic.br egi.br

DHCPv6-PD

ceptro.br nic.br egi.br

DHCPv6-PD

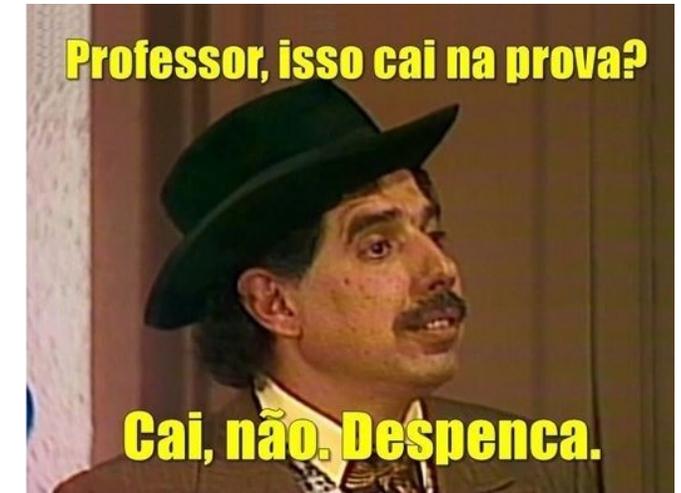
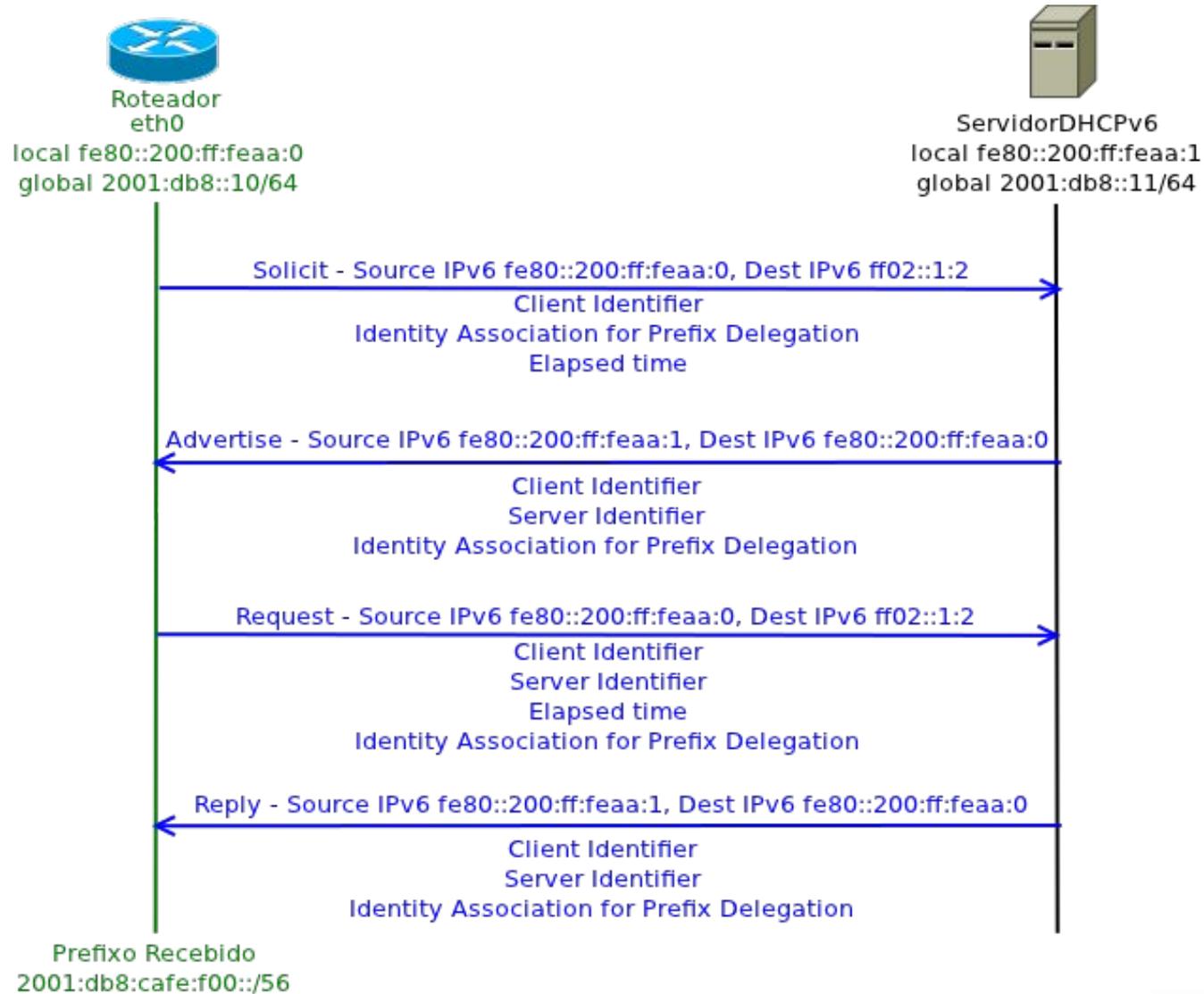
- **D**ynamic **H**ost **C**onfiguration **P**rotocol - **P**refix **D**elegation
- **Não existente no DHCPv4**
- **Alocação dinâmica de prefixos IPv6**
- **Usam mesmas mensagens do DHCPv6**
 - *“Identity Association for Prefix Delegation”*



DHCPv6-PD

- Utilizada para distribuir prefixos de rede a roteadores
 - Roteador envia uma requisição de prefixo enviada para rede com destino a todos os servidores DHCPv6
 - Os servidores pré-configurados com um pool de prefixos respondem a este pedido feito pelo roteador enviando um prefixo IPv6
 - Ao receber esta resposta, o roteador fica encarregado de dividir o prefixo e redistribuí-lo por suas interfaces para chegar aos seus clientes

DHCPv6-PD



Laboratório 3: DHCPv6-PD

ceptro.br nic.br egi.br

Última Milha

ceptro.br nic.br egi.br

PPPoE

- Point-to-Point Protocol over Ethernet

- Etapas para conectividade

- **Estabelecimento de link**

- Link Control Protocol (LCP)

- **Autenticação**

- Challenge Authentication Protocol (CHAP)
- Password Authentication Protocol (PAP)

- **Configuração da camada de rede**

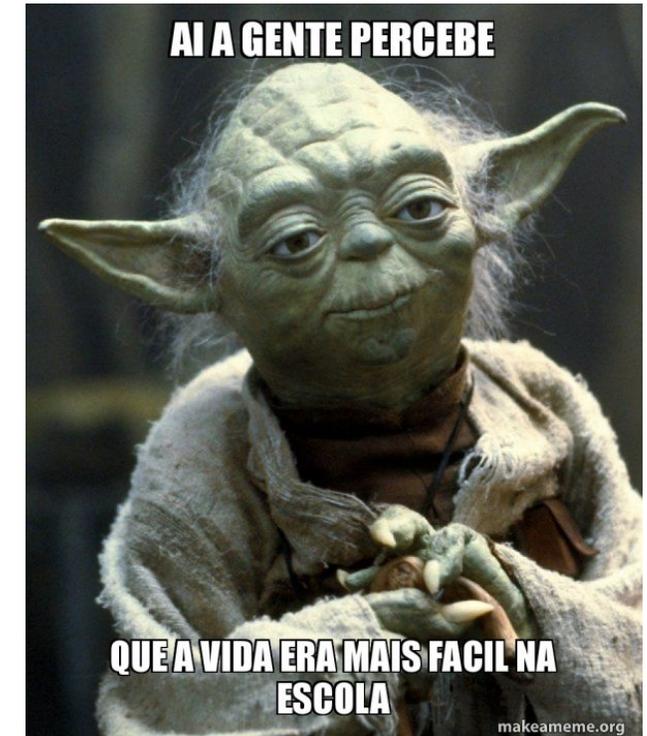
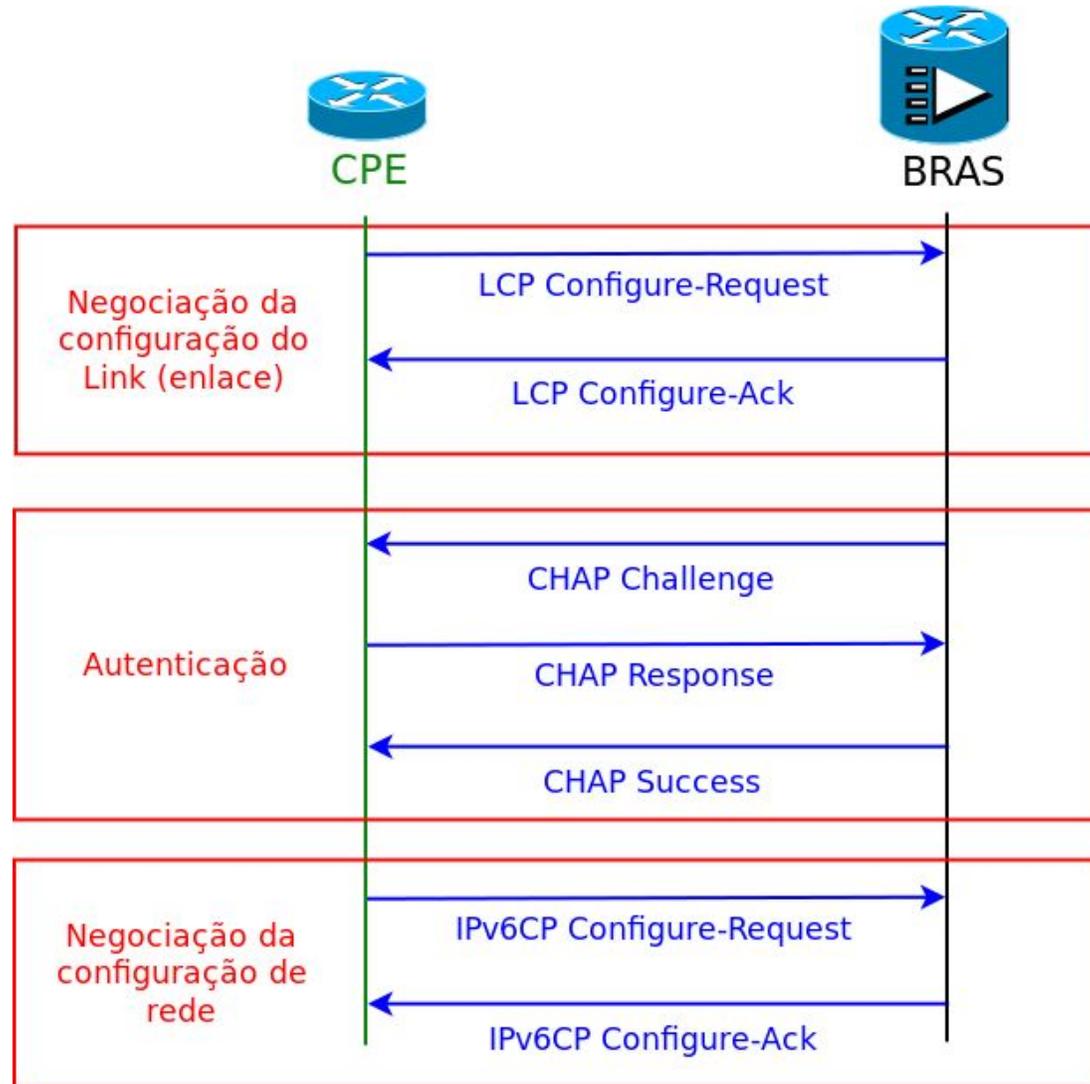
- Network Control Protocol (NCP) - IPCP e IPv6CP
- A operação do IPv6 não interfere no IPv4

“essa prova vai ser muito fácil já sei tudo”

eu na prova:



PPPoE



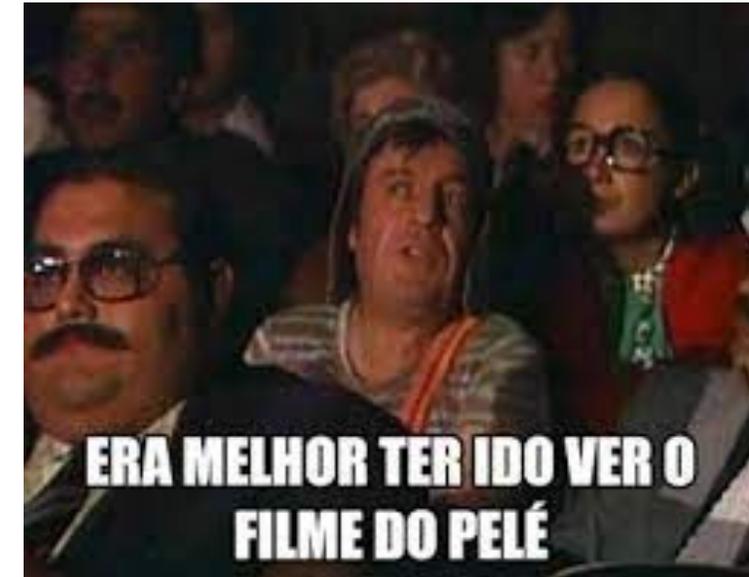
Última Milha

- **Tipos de implementação**

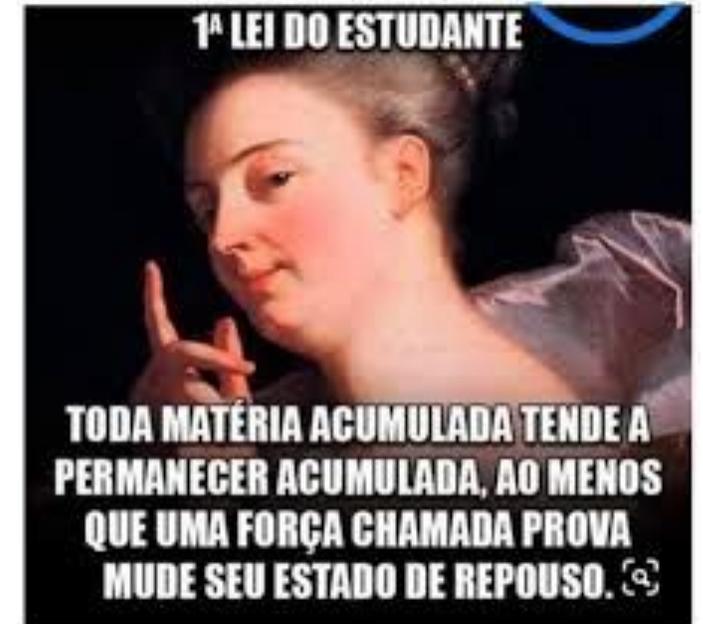
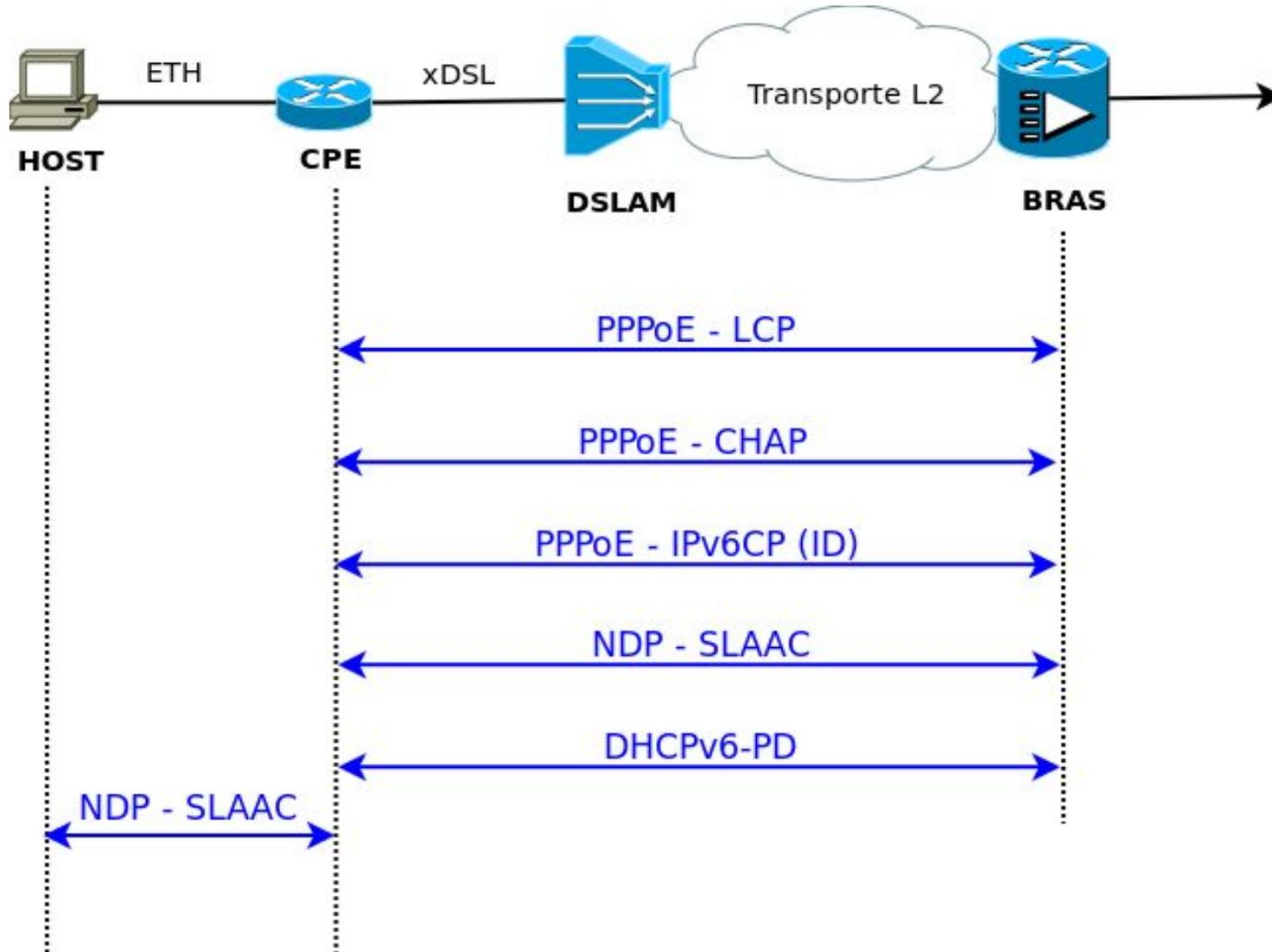
- SLAAC (WAN) + DHCPv6-PD (LAN)
- DHCPv6 Stateful (WAN) + DHCPv6-PD (LAN)

- **Recomendação**

- Utilizar endereços globais
- WAN side: /64 para cada cliente
- LAN side: /56 para cada cliente (DHCP-PD)



Última Milha



Segundo Passo: Como ter uma rede IPv6 only?

ceptro.br nic.br egi.br

Segundo Passo

- **IPv6 nativo em toda a rede**

- Começa a se preocupar em gerenciar só uma rede, a IPv6
- Se o destino tiver em IPv6 a comunicação é feita em IPv6

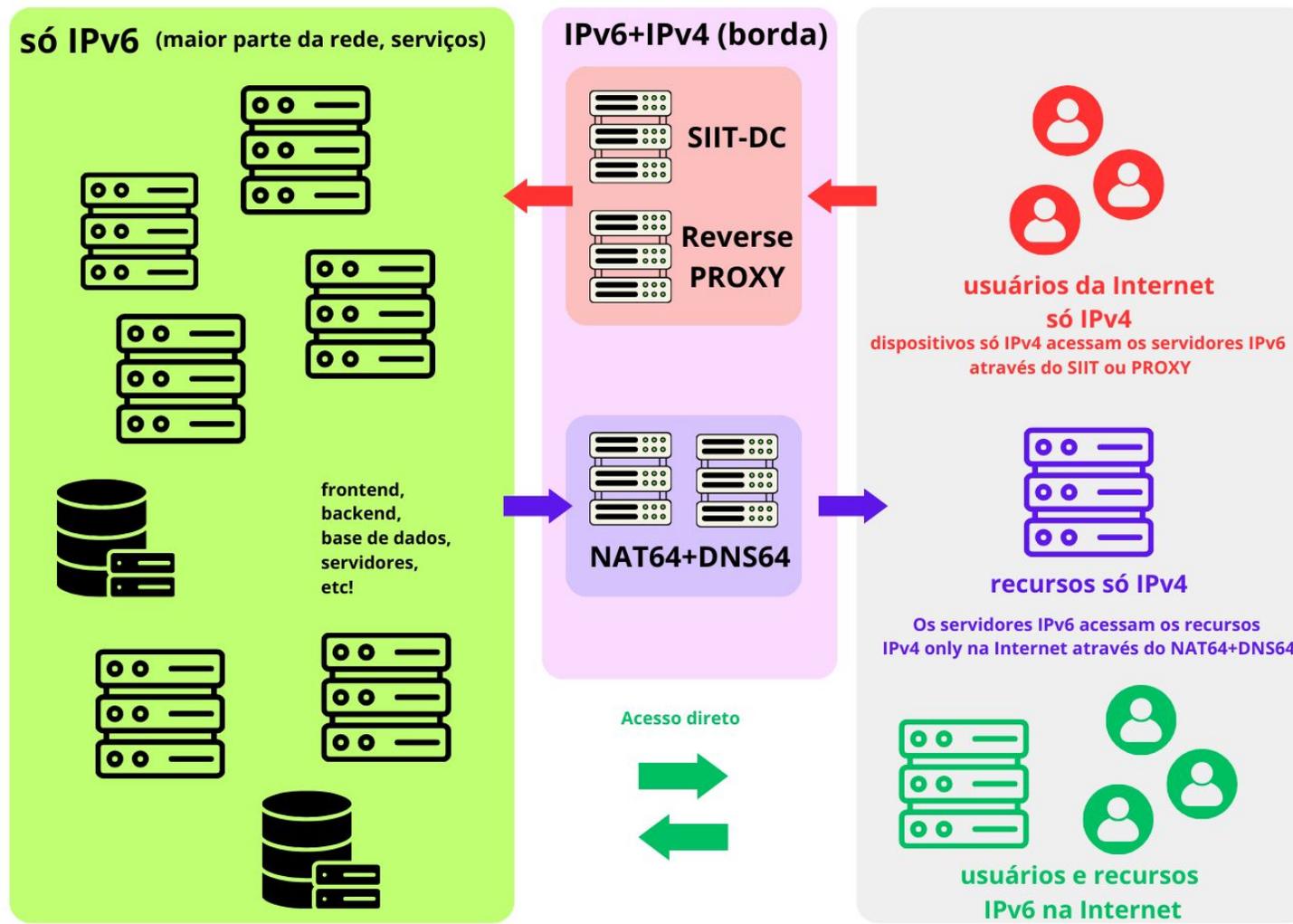
- **IPv4 as a service - IPv4aaS**

- Guardar os poucos endereços IPv4
- Deixar os endereços IPv4 em poucas máquinas
- Técnicas de transição
- Proxy



A JORNADA DO **SUCESSO** É A
JORNADA DA **SUPERAÇÃO**

Rede IPv6 Only



NAT64

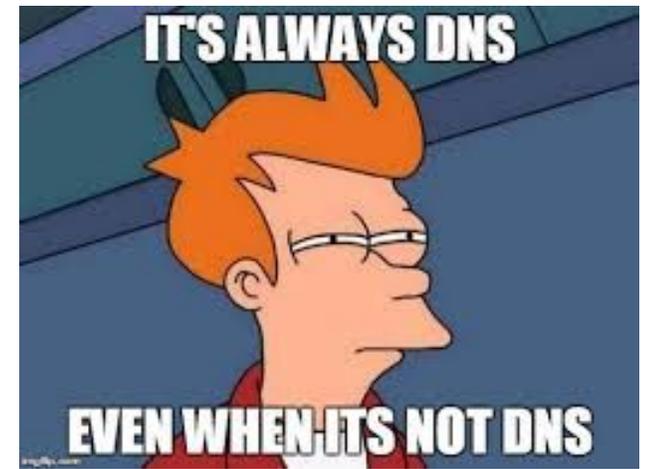
- Definido na **RFC 6146**
- Tradução stateful de pacotes **IPv6 em IPv4**
- **Prefixo bem conhecido: 64:ff9b::/96**
- Computadores trabalham apenas com IPv6
 - Alguns softwares, não preparados ainda para o IPv6, podem não funcionar
 - Algumas aplicações, que carregam IPs em sua forma literal no protocolo, na camada de aplicação, não funcionarão.
 - **Ex.: ftp em modo ativo, sip**

El departamento informático cuando se toma unos días libres o se va de vacaciones

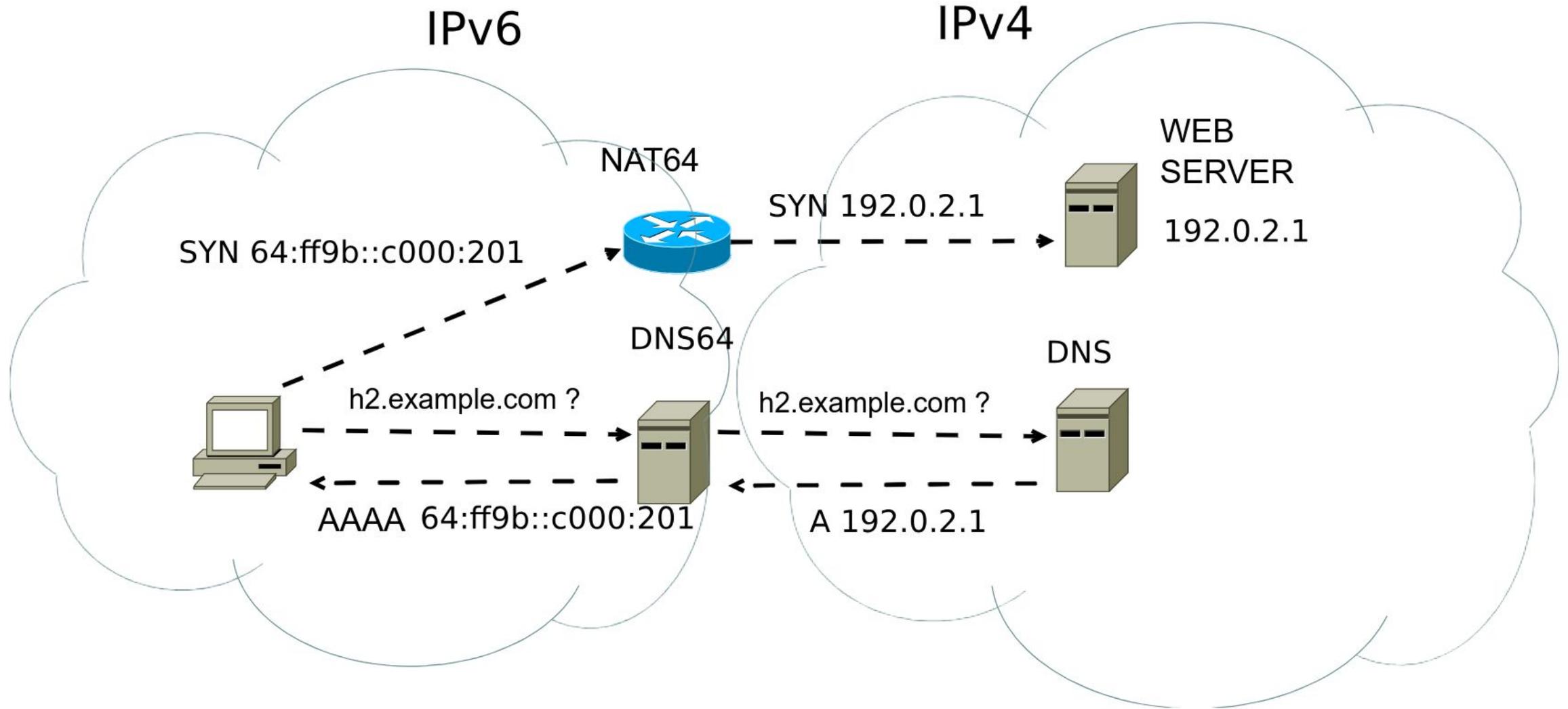


DNS64

- Técnica auxiliar ao **NAT64**
- **RFC 6147**
- Funciona como um DNS recursivo, para os hosts, mas:
- Se não há resposta AAAA, converte a resposta A em uma resposta AAAA, convertendo o endereço usando a mesma regra (e prefixo) do NAT64



NAT64+DNS64



Laboratório 4: NAT64+DNS64

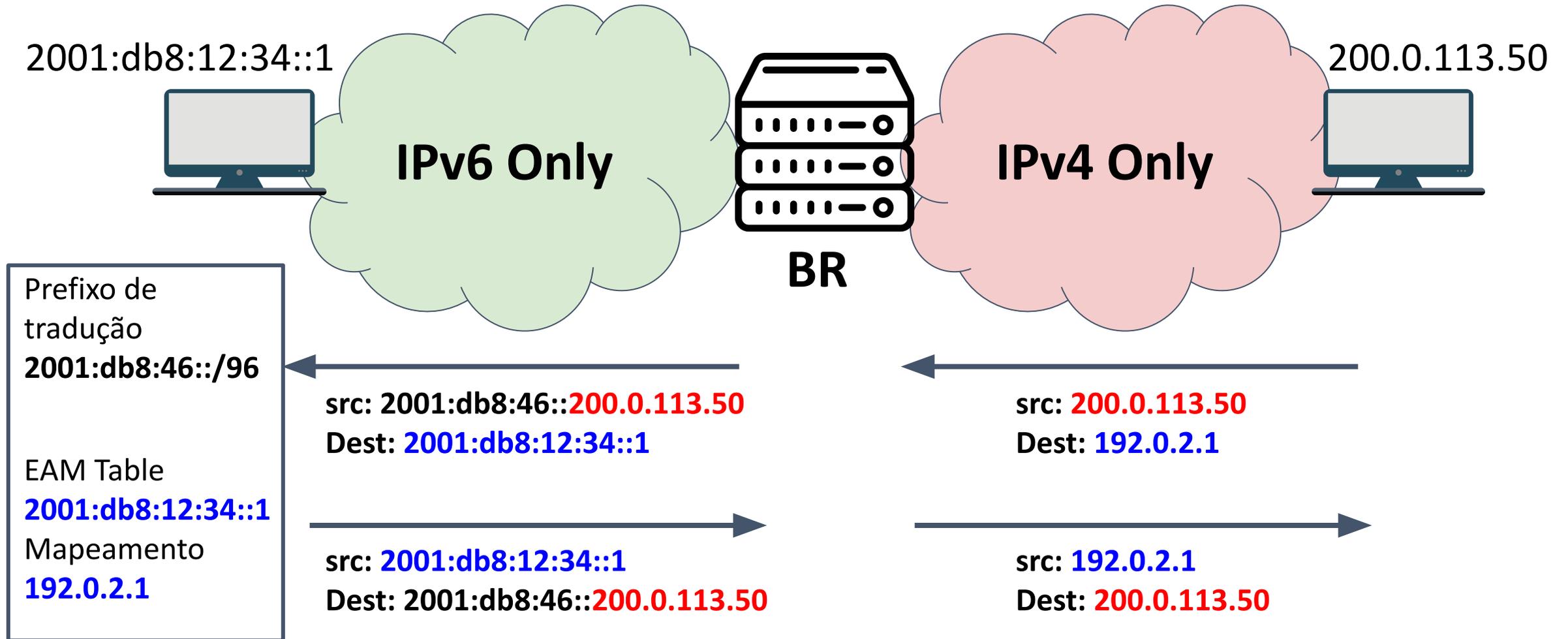
ceptro.br nic.br egi.br

SIIT e SIIT-DC

- Os casos anteriores resolvem os problemas de conexões saíntes
- Mas e no caso de conexões entrantes?
- Podemos fazer um mapeamento **1 IPv4 : 1 IPv6**
 - Publicar os registros A e AAAA
- **SIIT (Stateless IP/ICMP Translation)**
 - SIIT-DC para Datacenter
 - É uma melhora do SIIT tradicional
 - Uso otimizado do IPv4 - EAM



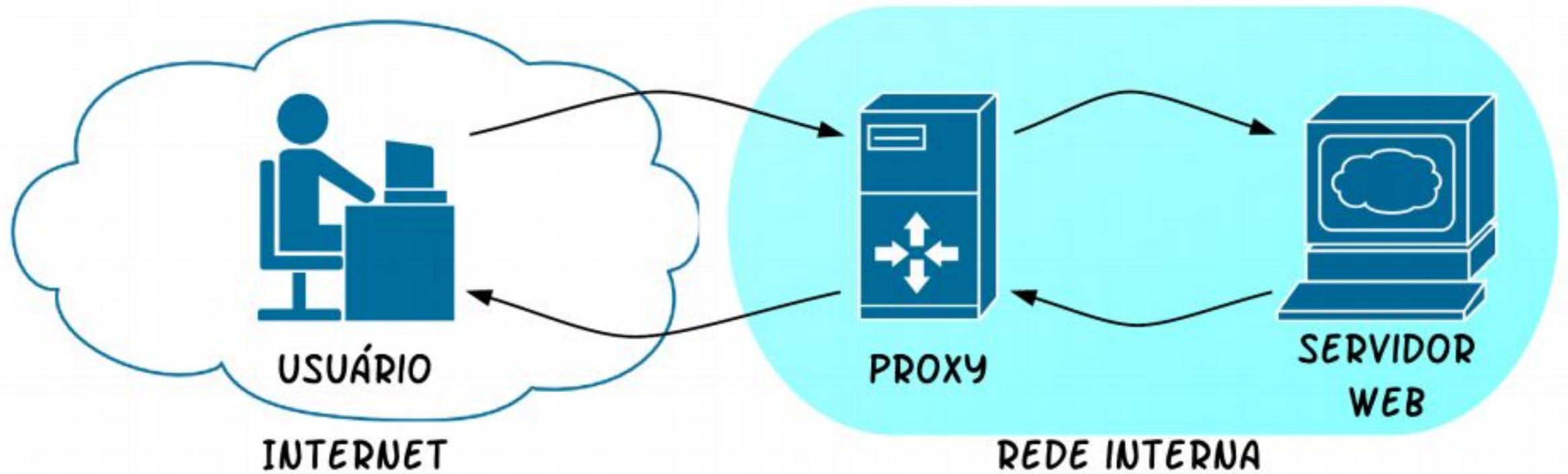
Exemplo: SIIT-DC



Laboratório 5: SIIT-DC (Jool)

ceptro.br nic.br egi.br

Proxy Reverso



Laboratório 6: Proxy Reverso (nginx)

ceptro.br nic.br egi.br

Terceiro Passo

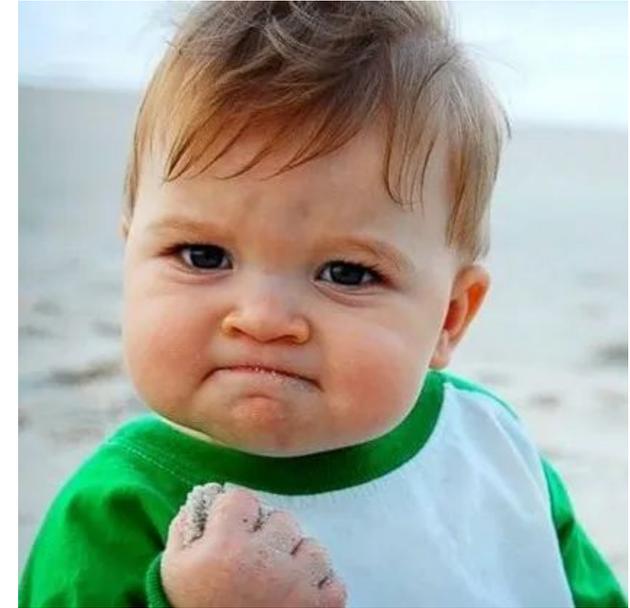
- **Desativar o IPv4!**
 - Desativar a máquina tradutora e/ou servidor proxy
- **Não muda nada no IPv6!**

Game Over **IPv4!**



Casos de sucesso

- Datacenter
 - **Swiss company Ungleich Glarus AG**
 - <https://ipv6onlyhosting.com/>
 - Usa NAT-64 e DNS64 e um load-balancer com proxy reverso HAproxy
 - **Facebook**
 - <https://engineering.fb.com/2017/01/17/production-engineering/legacy-support-on-ipv6-only-infra/>
 - Usa proxy



Obrigado!

CEPTRO.br Cursos: cursosceptro@nic.br

CEPTRO.br IPv6: ipv6@nic.br



nic.br cgi.br

www.nic.br | www.cgi.br