

# IPv6: Tire Aqui uma Certificação Profissional e Ganhe Brindes

Edwin Cordeiro – [ecordeiro@nic.br](mailto:ecordeiro@nic.br)

Rodrigo Regis – [rsantos@nic.br](mailto:rsantos@nic.br)

Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR – NIC.br

## Conceitos Importantes

- *Internet Protocol (IP)*
  - Dá nome à rede
  - Separa Internet de Telecom
  - Cada dispositivo tem o seu
    - Endereço IP, número IP ou, simplesmente, IP
    - Identificação única
    - Encaminhamento de pacotes
  - Duas versões em uso atualmente

## Conceitos Importantes

- *IANA: Internet Assigned Numbers Authority* - responsável pela coordenação global dos servidores *DNS Root*, endereçamento IP.
- *RIR: Regional Internet Registries* – Cinco instituições responsáveis pelo gerenciamento, distribuição e registro dos endereços IP em nível continental.
- *NIR: National Internet Registry* – instituição responsável pela alocação dos endereços IP em nível nacional.
- *Registry* - organização responsável por operar os servidores de nomes autoritativos e bases de dados para um domínio de primeiro nível (TLD).
- *Registrar* - organização que pode registrar domínios.

## Gerenciamento dos IPs

Para evitar a utilização de endereços IP duplicados, sua distribuição tem de ser coordenada:



### Esgotamento do IPv4:

IANA: 02/2011  
 APNIC: 04/2011  
 RIPE: 09/2012  
 LACNIC: 01/2015  
 ARIN: 02/2015  
 AFRINIC: 11/2021

## IPv4

- Em uso desde 1983
- Endereços de 32 bits
  - 4.294.967.296 de endereços
- Má distribuição dos IPs no início da Internet
  - Uso de Classes (em desuso desde 1993)
- Escassez de endereços
  - Necessidade de NAT e DHCP para economizar IPs

## IPv6

- Definido em 1998 (RFC2460)
- Incompatível com IPv4
  - O IPv6 não é somente um upgrade de IP. Ele é um protocolo novo, com características e funcionalidades novas.
- Necessário um período de transição entre as duas redes

## IPv6 - Cabeçalho

- Mais simples
  - 40 Bytes (tamanho fixo).
  - Apenas duas vezes maior que o da versão anterior.
- Mais flexível
  - Extensão por meio de cabeçalhos adicionais.
- Seis campos do cabeçalho IPv4 foram removidos.
- Quatro campos tiveram seus nomes alterados e seus posicionamentos modificados.
- O campo Identificador de Fluxo foi acrescentado.
- Três campos foram mantidos.

## IPv6 - Endereçamento

- Endereço formado por 128 bits
  - 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 de endereços IP
  - ~ 56 octilhões ( $5,6 \times 10^{28}$ ) de endereços IP por ser humano.
  - ~ 79 octilhões ( $7,9 \times 10^{28}$ ) de vezes a quantidade de endereços IPv4.
  - Há mais endereços IPv6 do que grãos de areia na Terra ou do que estrelas no Universo!!!





## IPv6 - Endereçamento

- Oito grupos de 16 bits, separando-os por “:”
  - Duo-octetos
- Escritos com algarismos hexadecimais (0-9 A-F)
- Na representação de um endereço IPv6 é permitido:
  - Utilizar caracteres maiúsculos ou minúsculos
  - Omitir os zeros à esquerda
  - Representar os zeros contínuos por “::”
    - Pode ser utilizado apenas uma única vez no mesmo endereço

## IPv6 - Endereçamento

- Exemplos

- 2001:0DB8:0000:0000:130F:0000:0000:140B
- 2001:0DB8:0:0:130F:0:0:140B
- 2001:db8:0:0:130f::140b
- 2001:db8::130f:0:0:140b
- 2001:db8::130f::140b (inválido - gera ambiguidade)

## IPv6 - Endereçamento

- Representação dos Prefixos
  - Como o CIDR (IPv4) - “endereço-IPv6/tamanho do prefixo”
  - Notação de máscara e *wildcard mask* não é igual ao IPv4
- Exemplo
  - Endereço: 2001:db8:ca5a:faca:dad0:beba:cafe:c0ca/64
  - Rede: 2001:db8:ca5a:faca::/64
  - Primeiro IP: 2001:db8:ca5a:faca:0000:0000:0000:0000
  - Último IP: 2001:db8:ca5a:faca:ffff:ffff:ffff:ffff

## IPv6 - Endereçamento

- Cálculo de sub rede
  - Igual ao IPv4

n bits	m bits	h bits
Prefixo da rede	Sub redes	Hosts

$$m - n = x$$

$2^x =$  quantidade de sub redes

Quantas sub redes /48 estão disponíveis num prefixo /32?

onde:  $n = 32$  e  $m = 48$ :

$$48 - 32 = 16$$

$$2^{16} = 65536 \text{ sub redes}$$

## IPv6 - Endereçamento

- E o cálculo de IPs disponíveis (hosts)?
  - Igual ao IPv4

n bits	m bits	h bits
Prefixo da rede	Sub redes	Hosts

$2^h$  = quantidade de hosts

Quantos hosts estão disponíveis numa sub rede /64?

onde  $h = 64$ :

$$2^{64} = 18.446.744.073.709.551.616 \text{ hosts}$$

- Preciso me preocupar com a quantidade de hosts???

## IPv6 - Endereçamento

- **Unicast** - identifica uma única interface.
  - **Global Unicast** – endereço globalmente roteável na Internet. A faixa reservada para sua utilização é a 2000::/3 (2000:: até 3FFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF).
  - **Link Local** - utilizado apenas dentro de um enlace, ou seja, não pode ser roteado. É criado automaticamente e usa o prefixo FE80::/64. Similar ao endereço APIPA do IPv4.
  - **Unique Local** - utilizado em redes internas, não devendo ser roteado na Internet. Utiliza o prefixo FC00::/7. Equivalente aos endereços IPv4 privados, porém, com um prefixo com alta probabilidade de ser único.

## IPv6 - Endereçamento

- **Unicast** – Identificador da interface (IID)
  - Normalmente utiliza-se IID de 64 bits, que pode ser obtido:
    - Manualmente
    - Autoconfiguração *stateless* (SLAAC)
    - DHCPv6 (stateful)
    - A partir de uma chave pública (CGA)
- IID pode ser:
  - temporário e gerado randomicamente.
  - baseado no endereço MAC (Formato EUI-64).

## IPv6 - Endereçamento

- **Unicast** – IID baseado no formato EUI-64
  - Se endereço MAC da interface for 48-1E-C9-21-85-0C:
    1. adiciona-se os dígitos FF-FE na metade do endereço:
      - 48-1E-C9-FF-FE-21-85-0C
    2. complementa-se o bit U/L:
      - 48 = 01001000
      - 01001000 → 01001010
      - 01001010 = 4A
  - IID = 4A-1E-C9-FF-FE-21-85-0C
  - Um endereço link local atribuído à essa interface seria FE80::4A1E:C9FF:FE21:850C



## IPv6 - Endereçamento

- **Unicast**

- Endereços *especiais*

- Localhost - **::1/128 (0:0:0:0:0:0:0:1)**
    - Não especificado - **::/128 (0:0:0:0:0:0:0:0)**
    - IPv4-mapeado - **::FFFF:wxyz** - mapeia endereços IPv4 em endereços IPv6, permitindo que chamadas de sistema para sockets IPv6 possam ser usadas tanto para endereços IPv4, como IPv6

- Faixas Especiais

- 6to4 - **2002::/16**
    - Documentação - **2001:db8::/32**
    - Teredo - **2001:0000::/32**

- Obsoletos

- Site local - **FEC0::/10**
    - IPv4-compatível - **::wxyz** (RFC4291)
    - 6Bone – **3FFE::/16** (rede de testes desativada em 06/06/06)

## IPv6 - Endereçamento

- **Anycast** - Identifica um grupo de interfaces
  - Entrega o pacote apenas para a interface mais perto da origem.
  - Atribuídos a partir de endereços unicast (são sintaticamente iguais).
  - Possíveis utilizações:
    - Descobrir serviços na rede (DNS, proxy HTTP, etc.);
    - Balanceamento de carga;
    - Localizar roteadores que forneçam acesso a uma determinada sub-rede;
    - Utilizado em redes com suporte a mobilidade IPv6, para localizar os Agentes de Origem...
  - Subnet-Router

## IPv6 - Endereçamento

- ***Multicast*** - Identifica um grupo de interfaces.
  - O suporte a *multicast* é obrigatório em todos os nós IPv6.
  - O endereço *multicast* deriva do bloco **FF00::/8**.
  - O prefixo **FF** é seguido de quatro bits utilizados como *flags* e mais quatro bits que definem o escopo do endereço *multicast*. Os 112 bits restantes são utilizados para identificar o grupo *multicast*.

## IPv6 - Funcionalidades

- Descoberta de Vizinhança (*Neighbor Discovery*)
  - Localiza nós na rede
  - Resolução de endereços MAC (Substitui o protocolo ARP do IPv4)
  - Autoconfiguração Stateless
  - Informa o endereço do *gateway* padrão
- Fragmentação
  - Roteadores não são mais capazes de fragmentar pacotes
- Mobilidade
- Segurança
  - IPSec
  - SEND
- ICMPv6
- Multicast
- ...

## IPv6 - Transição

- Pilha Dupla: provê o suporte a ambos os protocolos no mesmo dispositivo, rodando IPv4 e IPv6 nativos simultaneamente
- Tunelamento: permite o tráfego de pacotes IPv6 sobre estruturas de rede IPv4 e vice-versa
  - Manuais: 6in4 (ou protocolo 41) / GRE
  - Automáticos: Tunnel Broker / 6to4 / ISATAP / Teredo / DS-Lite / 6rd / MAP-E
- Tradução: permite a comunicação entre nós com suporte apenas a IPv6 com nós que suportam apenas IPv4
  - NAT64/DNS64 / MAP-T / 464XLAT

## IPv6 - Mudanças

- Abundância de IPs
- Ausência de NAT
- Internet FIM a FIM
- IPs fixos e válidos
- Utilização de redes /64
- IoT

## IPv6 - Mudanças

- Infraestrutura:
  - Equipamentos de redes
  - Roteadores
  - Firewalls
  - Switches...
- Em alguns dos programas
- Para alguns, legados, não será possível mudar
- Sistemas Operacionais
  - Os principais SOs hoje já suportam IPv6.

## IPv6 - Windows

- Suporte completo
  - Windows 8, 7, Vista, XP SP1 e posteriores
  - Windows Server 2003, 2008 e 2012
- *Technology preview*
  - Windows XP sem SP
  - Windows 2000 (não compatível com SP2 ou posteriores)
- *Developer edition*
  - Windows NT 4.0
- Produtos de terceiros sem suporte oficial
  - Windows 95/98/ME
  - Windows 2000 com SP2 e posteriores



## IPv6 - Linux

- Kernel versão 2.1.8.
  - Primeiro código relacionado ao IPv6
  - Não compilado
  - Muitas limitações
- Kernel versão 2.2.x
  - Suporte IPv6 compilado junto ao kernel
  - Mais estável
  - Ainda não vinha habilitado por padrão.
- Hoje em dia, a maioria das distribuições Linux já vem com o suporte ao IPv6 habilitado e com uma boa gama de funcionalidades disponíveis, possibilitando a utilização das principais novidades do IPv6.

## IPv6 - Linux

- Para verificar se o IPv6 está instalado:

```
test -f /proc/net/if_inet6 && echo "Kernel com suporte a IPv6"
```

```
ip a | grep inet6
```

- Para instalar o módulo IPv6, caso ele não esteja habilitado:

```
modprobe ipv6
```

- Verificando se o módulo IPv6 está carregado:

```
lsmod |grep -w 'ipv6' && echo "modulo IPv6 carregado"
```

- Para carregar o módulo IPv6 automaticamente adicione a linha:

```
alias net-PF-10 ipv6
```

aos seguintes arquivos:

RedHat - Fedora - Mandriva - SuSE: /etc/modprobe.conf

Ubuntu - Debian - Slackware: /etc/modprobe.d/aliases

- Se algum dos arquivos citados acima não for encontrado procure por /etc/modules.conf

## IPv6 - Mac OS

- Mac OS possui suporte ao IPv6 desde a versão 10.2 Jaguar.
  - Habilitado por padrão.
- A partir da versão 10.3 Panther, é permitido habilitar/desabilitar e configurar o IPv6 através de interface gráfica: Preferências do Sistema > Rede > Configurar IPv6.

## IPv6 - SOs

	IPv4	IPv6
SOs		
*nix	ping	ping6
*nix	tracert	tracert6
*nix	mtr -4	mtr -6
*nix	ssh -4	ssh -6
*nix	wget -4	wget -6
*nix	dig A	dig AAAA
*nix	ifconfig -a inet	ifconfig -a inet6
win	ping	ping
win	tracert	tracert
win	nslookup set type=A	nslookup set type=AAAA
win	ipconfig	ipconfig

## IPv6 - DNS

- O DNS não depende da camada IP
  - A resposta independe do protocolo da consulta
- Registro A para IPv4
- Registro AAAA (quad-A) para IPv6
- Exemplo:

www.ipv6.br.	IN A	200.160.4.22
	IN AAAA	2001:12ff:0:4::22

## IPv6 - DNS

- Registro PTR – Resolução de Reverso.
- IPv4 = in-addr.arpa - Traduz endereços IPv4 em nomes.
- IPv6 = ip6.arpa - Traduz endereços IPv6 em nomes.
- Exemplo:

22.4.160.200.in-addr.arpa PTR www.ipv6.br.

2.2.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.4.0.0.0.0.0.0.f.f.2.1.1.0.0.2.ip6.arpa

PTR www.ipv6.br.

## IPv6 - DNS

- *Glue Records*

- Endereço IP do *nameserver* de um domínio configurado no servidor de nomes do **Registry**.
- Necessário quando os nomes do conjunto de *nameservers* de um domínio estão sobre o próprio domínio.
- Ex.: Se os *nameservers* do domínio exemplo.com.br forem ns1.exemplo.com.br e ns2.exemplo.com.br será necessário configurar seus endereços, IPv4 e IPv6, nos servidores de nomes do **Registry** para evitar loops na consultas DNS

## IPv6 - DNS

- *Glue Records*
  - Sem o Glue Record a consultara ficaria assim:
    - Quem o *name server* de exemplo.com.br? -> ns1.exemplo.com.br
    - Qual o endereço IP do ns1.exemplo.com.br? -> não sei, pergunte ao *name server* do exemplo.com.br
    - Quem o *name server* de exemplo.com.br? -> ns1.exemplo.com.br
    - e por ai vai....
  - Com o Glue Record configurado no servidor de nomes do Registrar a consulta fica da seguinte forma:
    - Quem o *name server* de exemplo.com.br? -> ns1.exemplo.com.br
    - Qual o endereço IP do ns1.exemplo.com.br? -> IP X:X:X:X:X:X:X:X



## IPv6 - DNS

- Exemplos de consultas DNS

- Consultar um endereço IPv6 de um domínio  
`dig AAAA www.campus-party.com.br`

- Consultar o reverso de um endereço IP (registro PTR):  
`dig -x 2001:470:1f06:e87::2`

- Consultar o nameserver de um domínio  
`dig ns exemplo.com.br`

- Consultar um Glue Record IPv6  
`dig AAAA ns1.exemplo.net @A.GTLD-SERVERS.net`

## IPv6 - Roteamento

- BGP
  - Basta habilitar o MP-BGP
- OSPF
  - OSPFv2 para roteamento IPv4
  - OSPFv3 para roteamento IPv6
    - Redes com Pilha Dupla precisam rodar instâncias separadas de OSPFv2 e OSPFv3
  - RFC5838 – suporte a múltiplas famílias de endereços no OSPFv3
- IS-IS
  - suporte nativo ao IPv6
- Rota default
  - `::/0`
  - `2000::/3` (representar todo o espaço de endereços roteáveis na Internet)

## IPv6 - Roteamento

	IPv4	IPv6
SOs		
IOS	<code>ip address X.X.X.X</code>	<code>ipv6 address X:X:X:X:X:X:X:X</code>
IOS	<code>show ip route</code>	<code>show ipv6 route</code>
IOS	<code>show bgp ipv4 unicast summary</code>	<code>show bgp ipv6 unicast summary</code>
IOS	<code>show ip bgp</code>	<code>show ipv6 bgp</code>
JUNOS	<code>set interfaces ge-0/0/0 unit 0 family inet address X.X.X.X</code>	<code>set interfaces ge-0/0/0 unit 0 family inet6 address X:X:X::X</code>
JUNOS	<code>show route table inet.0</code>	<code>show route table inet6.0</code>
JUNOS	<code>show bgp summary</code>	<code>show bgp summary</code>
RouterOS	<code>ip address add address=X.X.X.X</code>	<code>ipv6 address add address=X:X:X::X</code>
RouterOS	<code>ip route print</code>	<code>ipv6 route print</code>
RouterOS	<code>routing bgp peer print status</code>	<code>routing bgp peer print status</code>

## IPv6 - Recomendações

- Novas compras de equipamentos e serviços devem incluir o IPv6.
- Se você administra um AS, solicite ao NIC.br um bloco IPv6.
- Se você utiliza os IPs de seu provedor Internet, solicite a ele (alguns podem não ser capazes de atendê-lo hoje).
- Novos softwares ou novas versões de um velho software devem funcionar com IPv4 e IPv6.
- Evitar o problema não fará ele desaparecer
- Planeje! Não deixe para a última hora!
- Buscar informações e conhecimento sobre o IPv6.

## Dúvidas

ipv6@nic.br

http://ipv6.br

