

Esgotamento dos blocos IPv4 e o Protocolo IPv6

Oripide Cilento Filho
oripide@nic.br

SET 2008

Agenda

- Apresentação do CGI.br e do NIC.br
- A Internet e o Protocolo Internet (IP)
- Necessidade de uma nova versão do Protocolo Internet
- Estágio atual da implantação do IPv6 no Brasil
- Diferenças entre o IPv4 e IPv6
- Como planejar a implantação.
- Convivência entre os dois protocolos
- Com o quê precisamos nos preocupar agora?



O que são o
CGI.br e o NIC.br?



Sobre o CGI.br

Comitê Gestor da Internet no Brasil.

- Criado em maio de 1995 pela Portaria Interministerial N^o 147 de 31/05/1995, alterada pelo Decreto Presidencial N^o 4.829 de 03/09/2003
- Responsável pela coordenação e integração dos serviços Internet no país
- Modelo *multistakeholder* composto por membros do governo, e membros eleitos dos setores empresarial, terceiro setor e da comunidade acadêmica.
- Não é órgão do governo
- Não tem personalidade jurídica

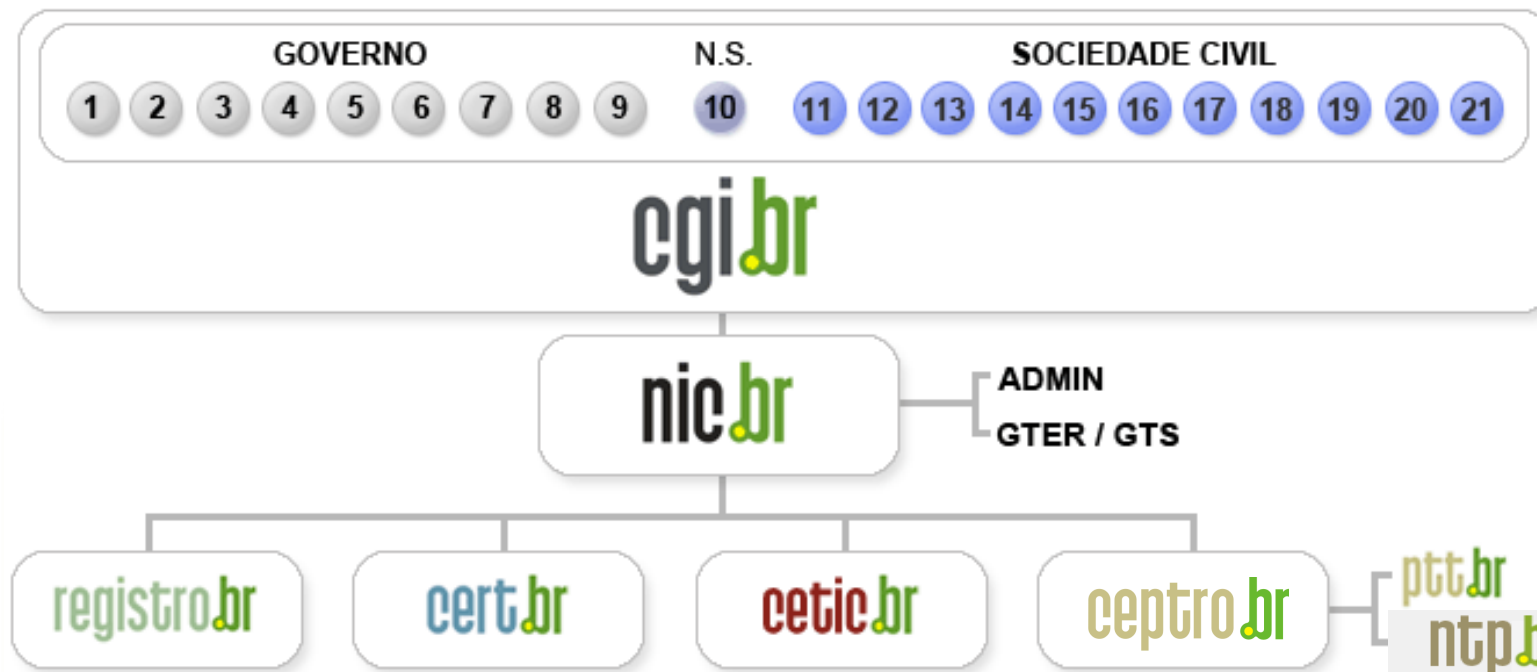
Principais atribuições do CGI.br

- Fomentar o desenvolvimento de serviços Internet no Brasil
- Recomendar padrões e procedimentos técnicos operacionais para a Internet no Brasil
- Coordenar a atribuição de endereços Internet (IPs) e o registro de nomes de domínios usando <.br>
- Coletar, organizar e disseminar informações sobre os serviços Internet – indicadores e estatísticas

Sobre o NIC.br

Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR

- Entidade civil, sem fins lucrativos, criada em 2003 e começando a atuar em 2005 (delegação do CGI.br)
- Conselho de Administração composto por 7 membros: 3 do governo, escolhidos entre os componentes do CGI.br; 4 do setor privado indicados pelo CGI.br.
- Assembléia Geral formada pelo pleno do CGI.br
- Braço executivo do Comitê Gestor da Internet no Brasil
- Coordena as atividades do Registro, do CERT, do CETIC e do CEPTRO.



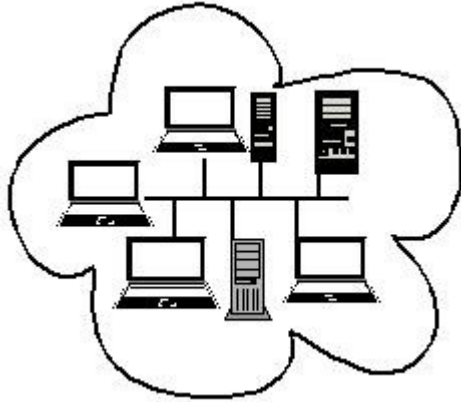
- 1 – Min. da Ciência e Tecnologia
- 2 – Min. das Comunicações
- 3 – Casa Civil da Presidência da República
- 4 – Min. do Planejamento, Orçamento e Gestão
- 5 – Min. do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
- 6 – Min. da Defesa
- 7 – Agência Nacional de Telecomunicações
- 8 – Conselho Nacional de Desenv. Científico e Tecnológico
- 9 – Conselho Nac. Secretários Estaduais p/ Assuntos de Ciência e Tecn.
- 10 – Notório Saber

- 11 – Provedores de acesso e conteúdo
- 12 – Provedores de infra de telecom
- 13 – Indústria TICs e software
- 14 – Empresas usuárias
- 15 – Terceiro setor
- 16 – Terceiro setor
- 17 – Terceiro setor
- 18 – Terceiro setor
- 19 – Academia
- 20 – Academia
- 21 – Academia

A Internet e o Protocolo Internet (IP - Internet Protocol)

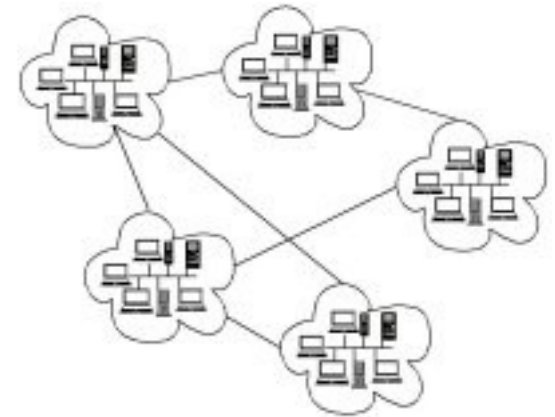


O que é a Internet? O que é o IP?



- Uma **rede** é formada por um conjunto de computadores interligados e que se comunicam, falando uma “linguagem” comum
 - A essa “linguagem” chamamos **protocolo**.

- Uma **internet** é a interligação de **várias redes** de computadores.
 - Dentro delas, elas podem “falar” protocolos diversos.
 - Entre elas é usado o:
IP = Internet Protocol = Protocolo entre Redes.
 - Cada computador numa internet possui **um número**, que é **único** e o **identifica** dentro dela. É o **endereço IP**.



O que é a Internet? O que é o IP?

- A **Internet** (com **I** maiúsculo) é a interligação de milhares de redes, espalhadas pelo mundo inteiro.
 - Na **Internet** os **números IP** devem ser controlados centralmente, para que não haja possibilidade de duplicação.



- Hoje o **IP** (Protocolo Internet) também é utilizado como **protocolo interno**, na maioria das redes de computadores!

O que é a Internet? O que é o IP?

– IPs controlados centralmente:

- ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)
 - IANA (Internet Assigned Numbers Authority).
- Registros Regionais (RIR)
 - RIPE
 - AFRINIC
 - APNIC
 - ARIN
 - LACNIC
 - » Registro Local(LIR):
 - » NIC.br

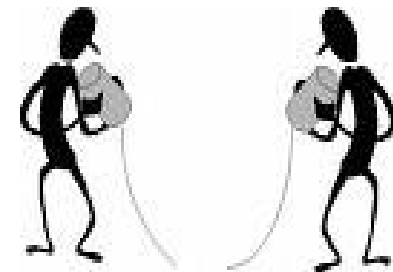


Por que precisamos de uma
nova versão
do Protocolo Internet?

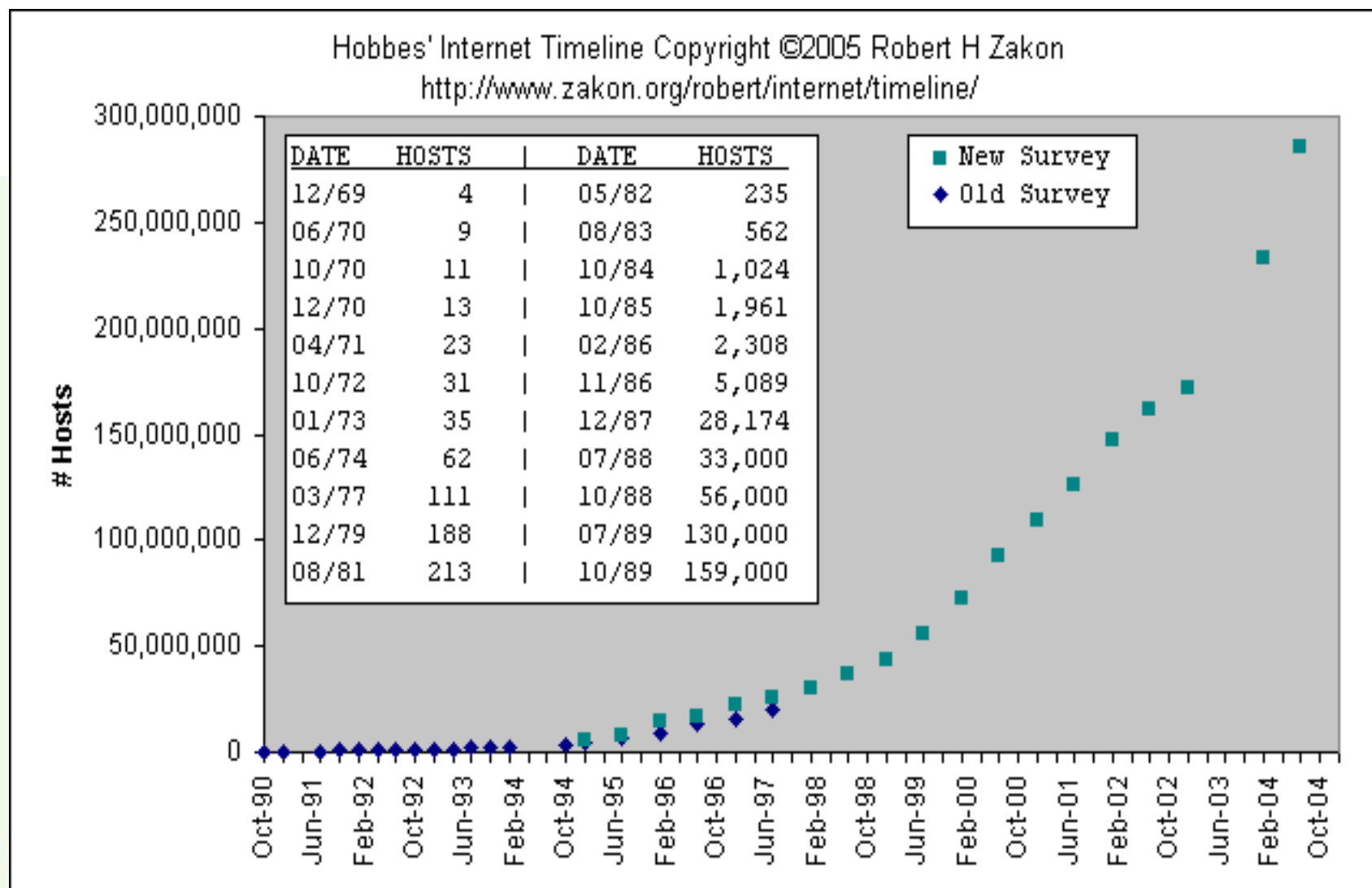


Alguns fatos históricos...

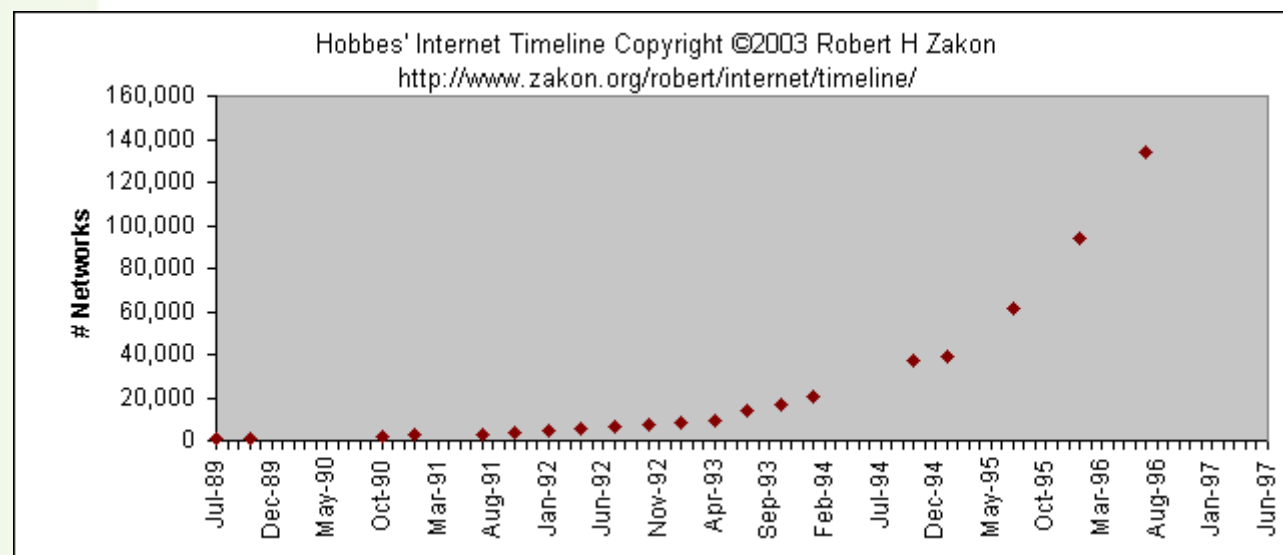
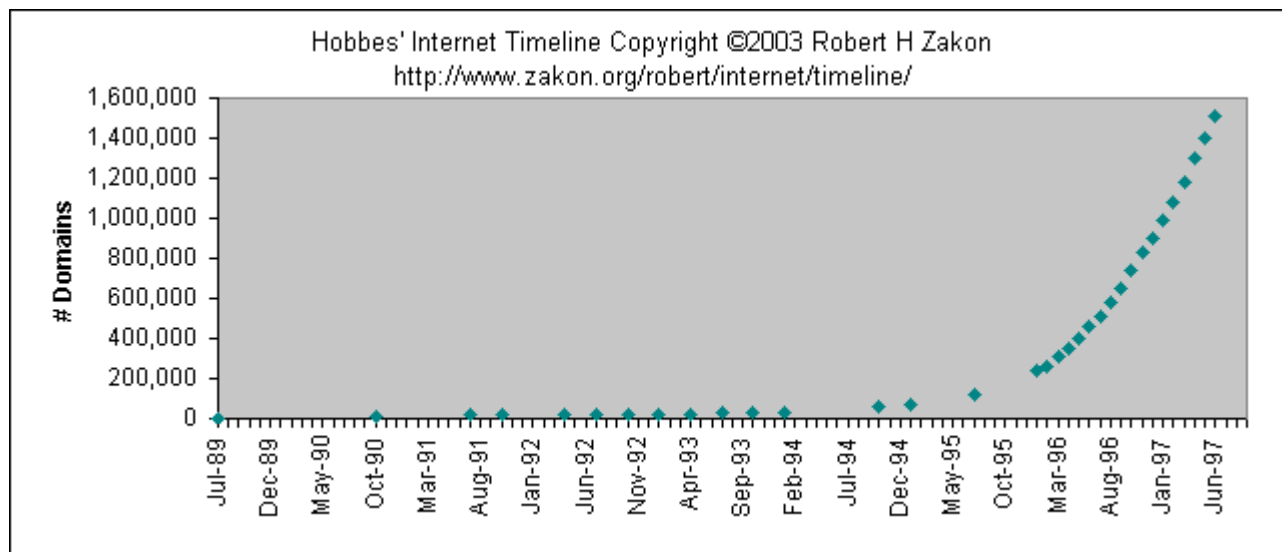
- Em **1983** a Internet era uma rede acadêmica com aproximadamente 100 computadores...
- Em **1993** iniciou-se seu uso comercial.
- O crescimento foi exponencial!
- O crescimento, aliado à política vigente de alocação de endereços, fazia com que esses se esgotassem num prazo de 2 ou 3 anos. Previam-se um colapso no crescimento da rede!



Crescimento da Internet



Crescimento da Internet

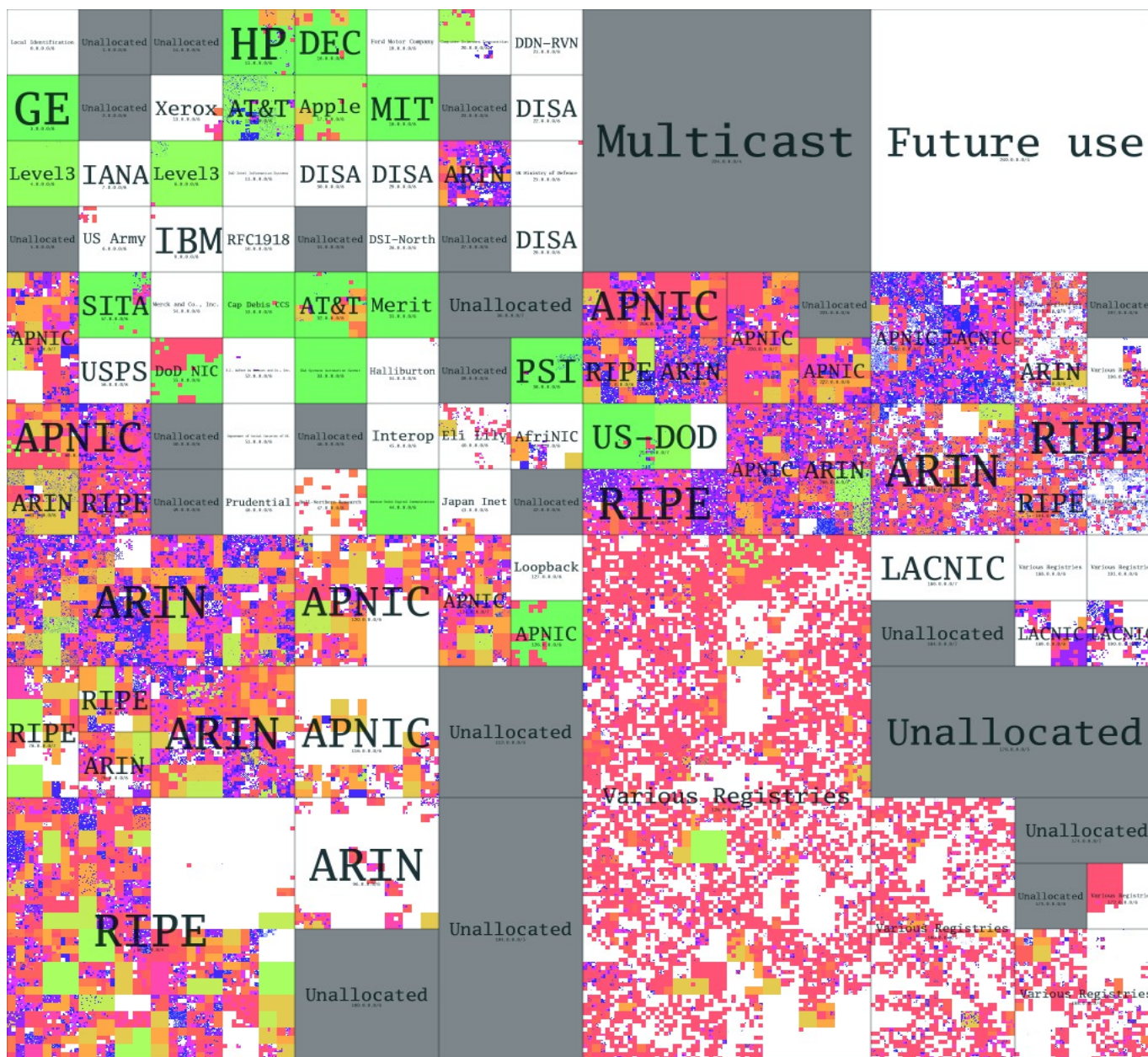


Distribuição histórica de IPv4

Endereços Ipv4 tem 32 bits: X.X.X.X

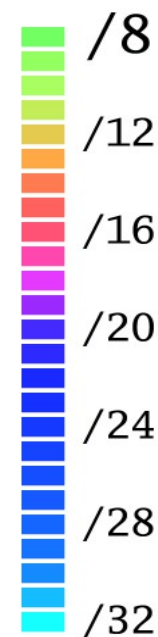
- Sub-redes Classe A: **(/8)**
 de 00000000.X.X.X 0.*.*.*
 até 01111111.X.X.X 127.*.*.*
 (128 segmentos com 16M de endereços cada)
- Sub-redes Classe B: **(/16)**
 de 10000000.00000000.X.X 128.0.*.*
 até 10111111.11111111.X.X 191.255.*.*
 • (16K segmentos com 64K endereços cada)
- Sub-redes Classe C: **(/24)**
 de 11000000.00000000.00000000.X 192.0.0.*
 até 11011111.11111111.11111111.X 213.255.255.*
 • (2M segmentos com 256 endereços cada)
- Os 32 /8 restantes reservados para Multicast (16)
 e para IANA (16)

Distribuição histórica de IPv4



IPv4 BGP Routing Table
2007-09-01

Announcement Size



Tecnologias como:

- **CIDR** (roteamento sem uso de classes – permite um melhor aproveitamento dos endereços disponíveis)
- **RFC 1918** (endereços privados – permite o uso de endereços não válidos na Internet nas redes corporativas)
- **NAT** (tradução de endereços – permite que com um endereço válido na Internet apenas, toda uma rede de computadores usando endereços privados seja conectada, mas com várias restrições)
- **DHCP** (alocação dinâmica de endereços IP – permite que provedores reutilizem endereços Internet para conexões não permanentes)

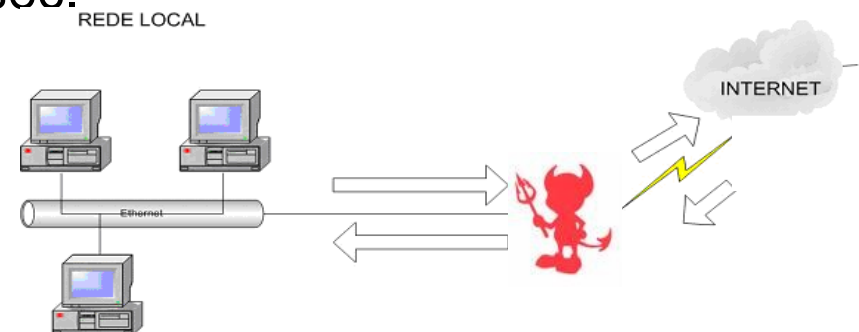
... foram (e ainda são) usadas como soluções paliativas e ajudaram a manter a Internet funcionando até agora, dando-nos tempo para desenvolver o **IPv6**.



Dando-nos tempo para desenvolver o IPv6...

... mas também colaborando para a demora em sua adoção!

- Alguns questionam porque não utilizar o **NAT** indefinidamente, mas ele foi concebido como uma solução provisória!
- O **NAT** acaba com o modelo de funcionamento fim a fim, trazendo complicações ou impedindo o funcionamento de uma série de aplicações.
- O **NAT** tem alguns problemas técnicos:
 - Não é fácil manter o estado do **NAT** no caso de falha em um dos hosts.
 - O **NAT** não funciona bem com o IPsec.
 - O **NAT** não escala bem.
 - O **NAT** dá uma falsa sensação de segurança (Comporta-se como um *stateful firewall*)

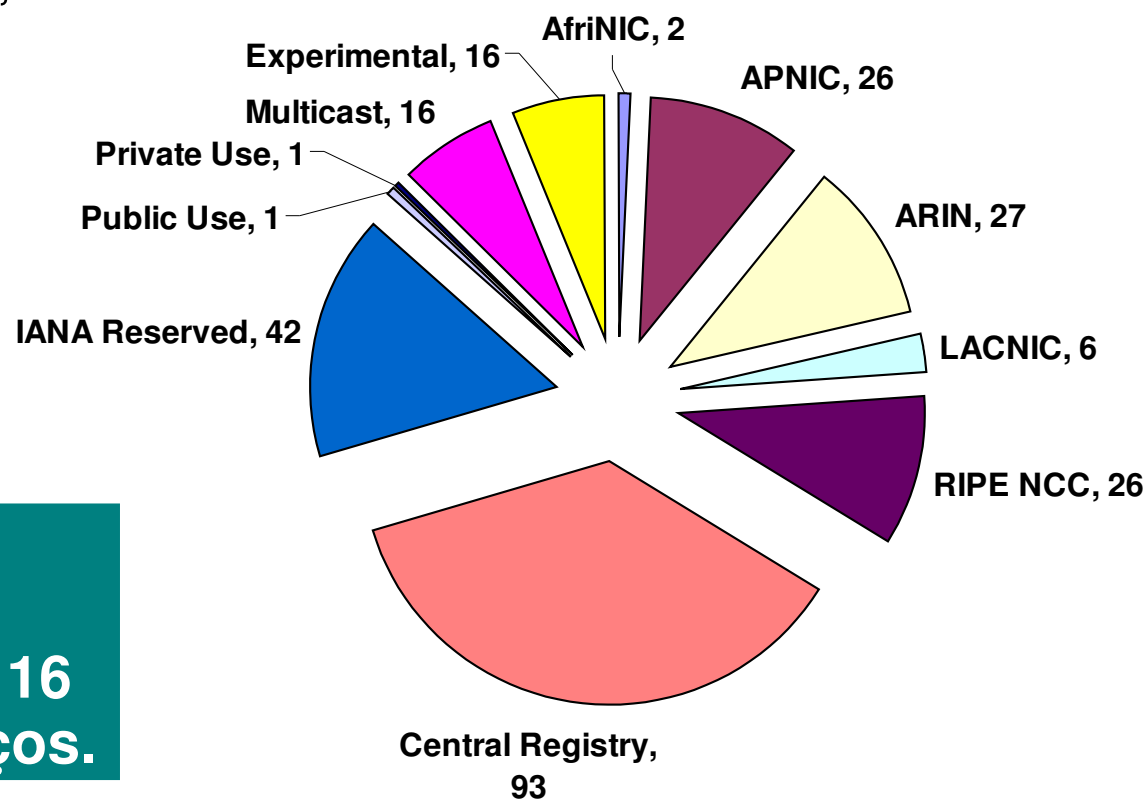


Como estamos hoje?

- Há apenas **42 blocos** de endereços /8 disponíveis: em **azul** na figura ao lado, marcadas como **IANA Reserved**.

(dados de dez/2007)

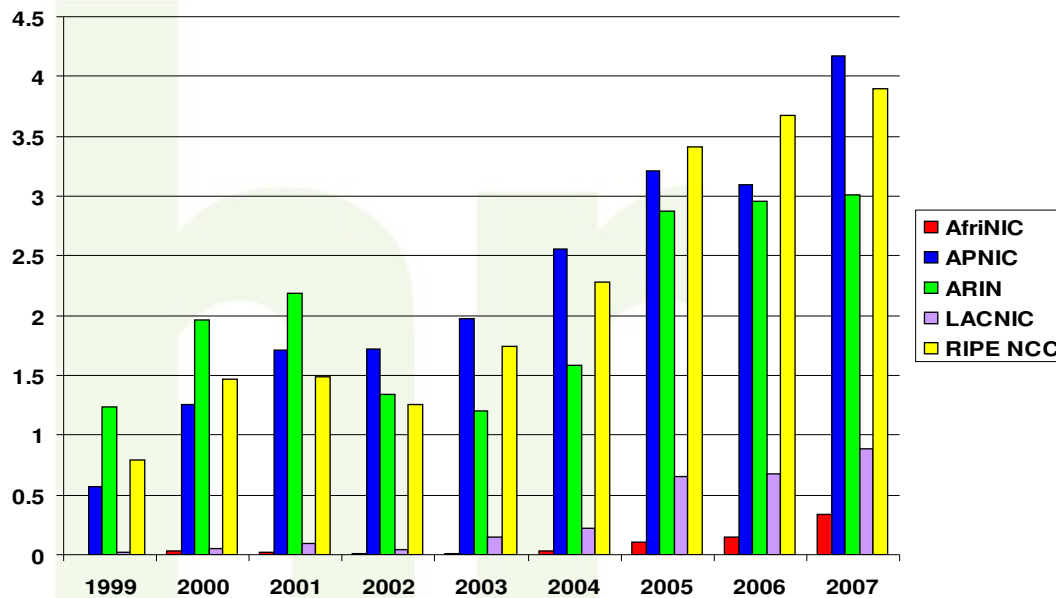
Cada bloco /8 corresponde a aproximadamente 16 milhões de endereços.



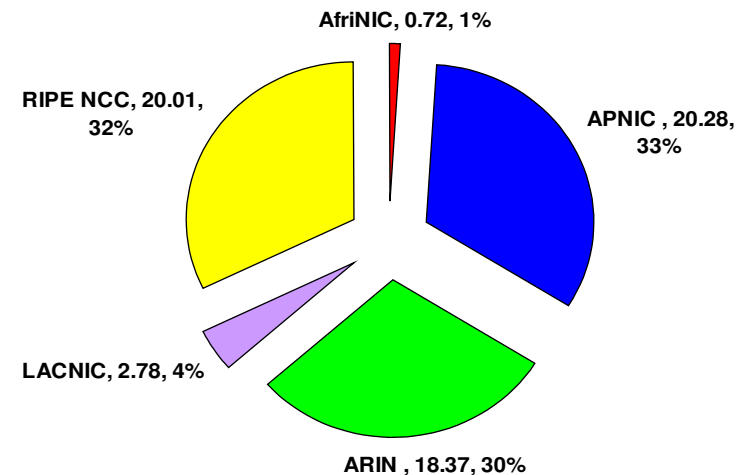
Fonte: <http://www.nro.net/statistics/>

Alocações IPv4 feitas pelos Registros Regionais, para os Registros Locais ou Redes.

- A velocidade com que os endereços têm sido solicitados (e utilizados) tem aumentando constantemente!



- Na América Latina o número de endereços total é comparativamente pequeno e percebe-se um crescimento percentual grande nos últimos anos.



Fonte: <http://www.nro.net/statistics/>

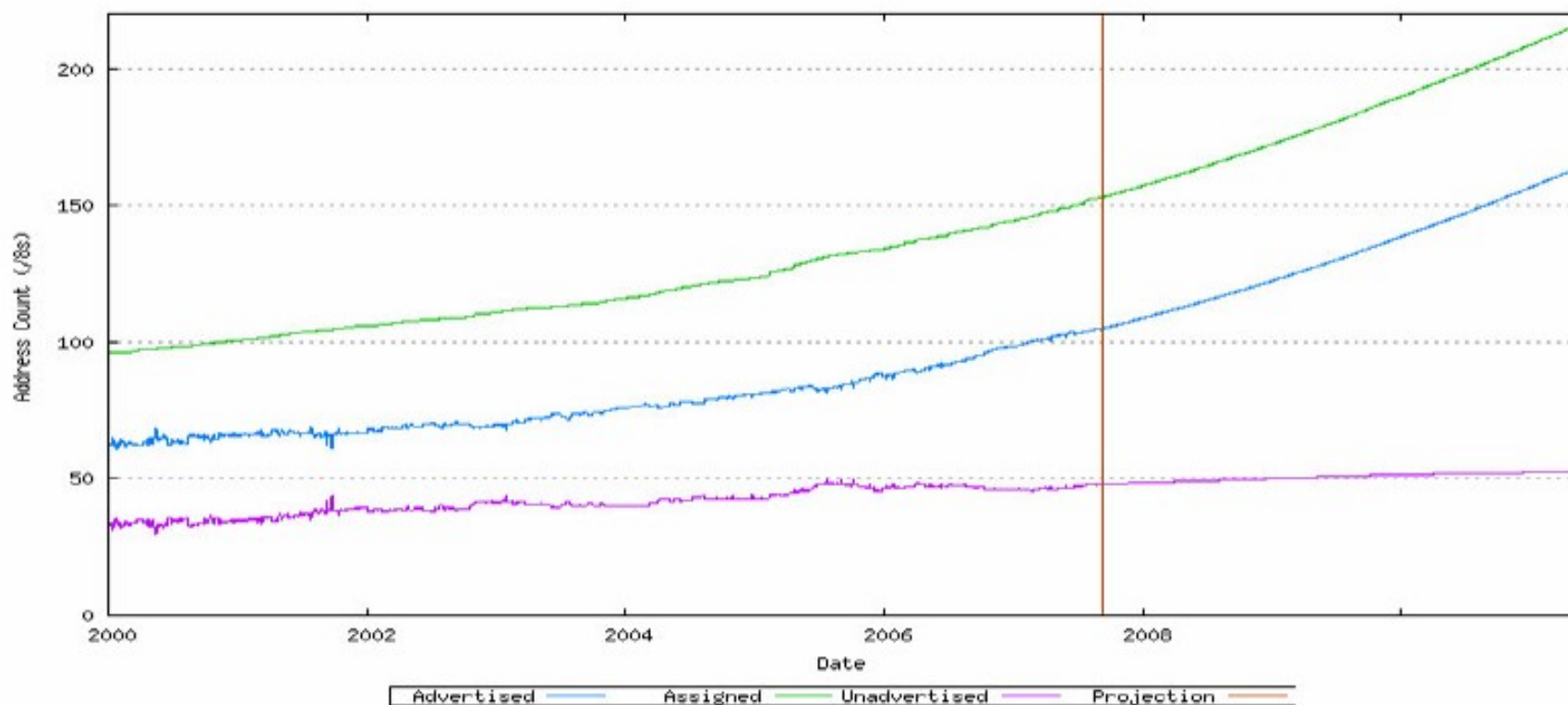
Estimativa de máquinas por TLD (www.nw.com)

	07/2006	07/2007		06	07
• .net	185.919.955	180.598.448	Networks		
• .com	76.683.115	85.612.697	Commercial		
• .jp	28.321.846	33.333.228	Japan	1	1
• .de	11.859.131	16.494.283	Germany	3	2
• .it	13.060.369	15.011.875	Italy		2 3
• .fr	9.166.922	13.187.739	France	5	4
• .cn	232.780	10.636.937	China	49	5
• .edu	10.232.188	10.102.141	Educational		
• .nl	8.363.158	9.712.567	Netherlands	4	6
• .au	7.773.888	9.457.859	Australia	6.	7
• .br	6.508.431	8.264.709	Brasil	7	8 (~1,48%)
• .mx	3.426.680	7.628.768	Mexico	12	9
• .uk	6.064.860	7.184.857	United Kingdom	8	10
• .pl	4.367.741	5.680.583	Poland	9	11
• .tw	4.320.310	5.111.699	Taiwan	10	12
• .ca	3.934.223	4.196.259	Canada	11	13
• .fi	2.821.504	3.393.008	Finland	15	14
Total	439.286.364	489.774.269			

Crescimento da Internet

Extrapolação do uso dos números IPs

Geoff Huston <http://bgp.potaroo.net/ipv4/>



Crescimento da Internet - Estimativas

O estoque de blocos livres no IANA – hoje **42 blocos /8**, ou aproximadamente 700 milhões de endereços

Data Projetada para o fim dos blocos de endereço IPv4 do *pool* do IANA:

24 de Julho de 2010

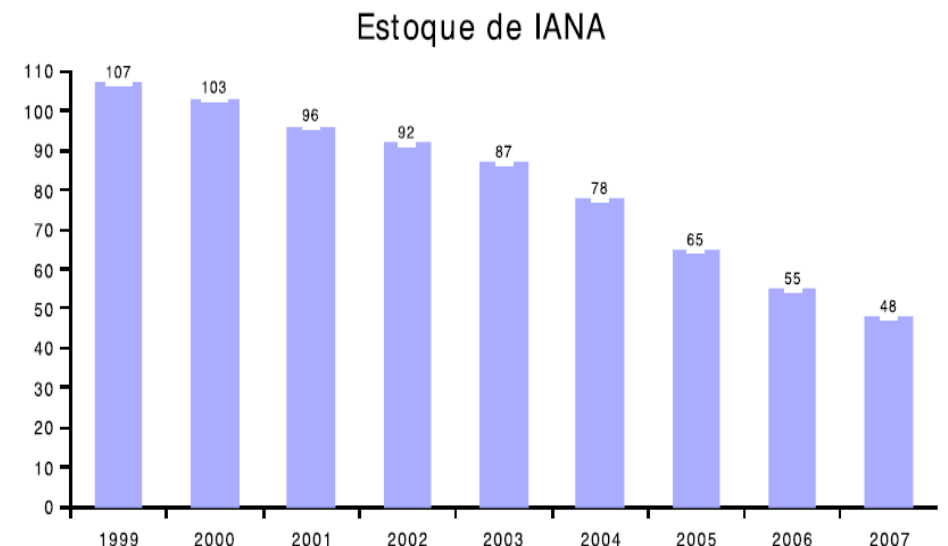
Data Projetada para o fim dos blocos de endereço IPv4 do *pool* dos RIR:

17 de Maio de 2011



Estimativas...

- O IPv4 continuará a coexistir com o **IPv6** por muitos anos.
- Nem todos os endereços alocados estão em uso, então poderá haver **formas de acesso alternativas** a endereços, após o esgotamento dos estoques oficiais, provavelmente com alto custo.
- Pode haver ainda um **incremento no uso do NAT**, prejudicando o crescimento de vários tipos de aplicações.



Fonte:LACNIC

A razão principal para o IPv6 é, então...

- **A necessidade de mais endereços Internet!**
 - Para suportar seu **crescimento**:
 - Possibilitando a **interligação de mais redes**, de forma que a expansão da economia, com novas empresas, novos negócios seja suportada.
 - A fim de que todos possam ser **incluídos digitalmente**, em especial nos países em desenvolvimento
 - Com o uso de **novas aplicações**, como sua utilização em dispositivos móveis com tecnologia 3G, por exemplo, ou em eletrodomésticos e outros aparelhos com eletrônica embarcada
 - Com a **eliminação de tecnologias como o NAT**, que dificultam o funcionamento de várias aplicações

Estágio atual da implantação do IPv6 no Brasil?



Como estamos hoje no Brasil?

As redes às quais já foram alocados endereços IPv6 no Brasil:

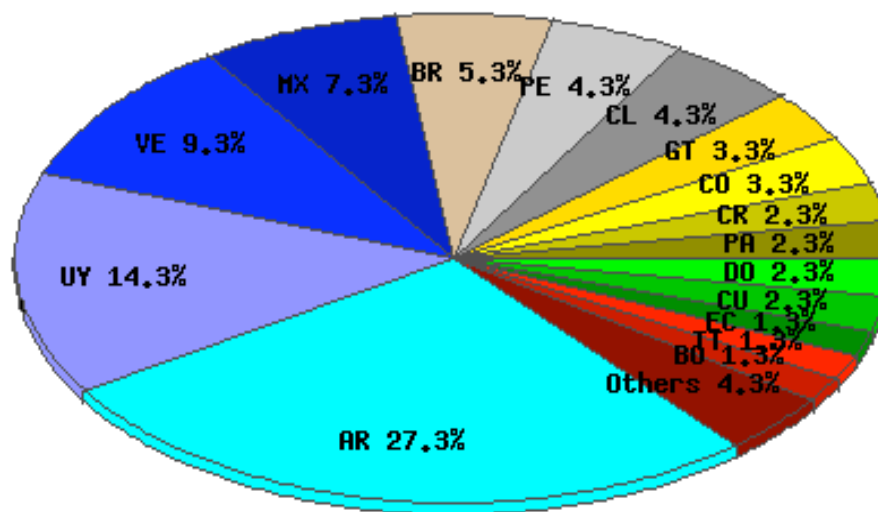
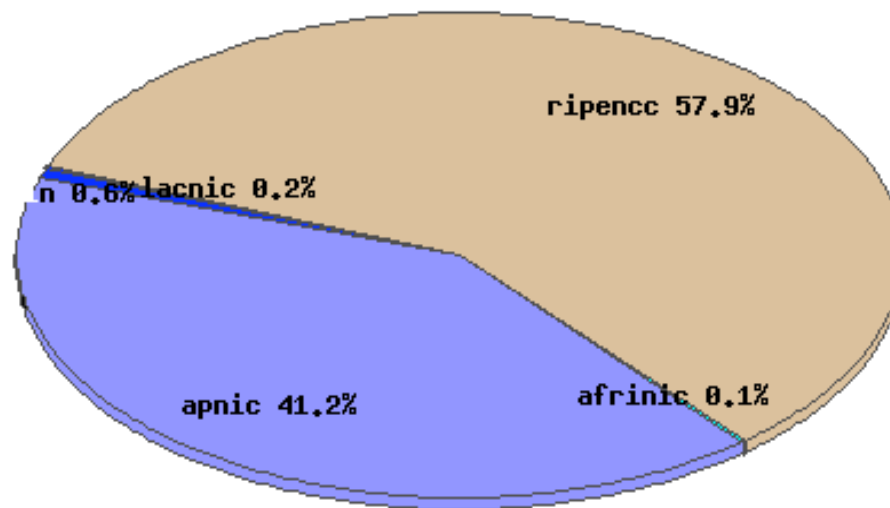
- **2001:12c8::/32 DUALTEC**
- **2001:12d0::/32 USP**
- **2001:12d8::/32 FAPESP**
- **2001:12e0::/32 Telefonica Empresas S/A**
- **2001:12e8::/32 Comdominio SA (Alog)**
- **2001:12f0::/32 RNP**
- **2001:12f8::/48 REGISTRO BR (CGI BR)**
- **2001:12ff::/32 CGI BR**

Dados de out/2007

FONTE: <ftp://ftp.lacnic.net/pub/stats/lacnic/delegated-lacnic-latest>

Como estamos hoje no Brasil?

- Os blocos alocados para o LACNIC correspondem a apenas 0.2% dos já alocados mundialmente.
- Destes 0.2%, apenas 5.3% estão alocados para o Brasil.
- Além disso, dos blocos já alocados pelo LACNIC, apenas 37.5% estão sendo roteados (efetivamente utilizados)
- **Precisamos avançar!**



Fonte: LACNIC out/07

Porque IPv6?



O que ocorreu com o IPv5 ?

0-3 Não foram utilizados

1IPv4 (versão atual do protocolo IPv4)

2ST (Stream Protocol não uma versão nova)

3IPv6 (Originalmente denominado SIP SIPP)

4CATNIP (inicialmente IPv7 TP/IX – obsoletos)

5PIP (obsoleto)

6TUBA (obsoleto)

10-15 Não alocados

Quais as diferenças entre IPv4 e IPv6?



Números...

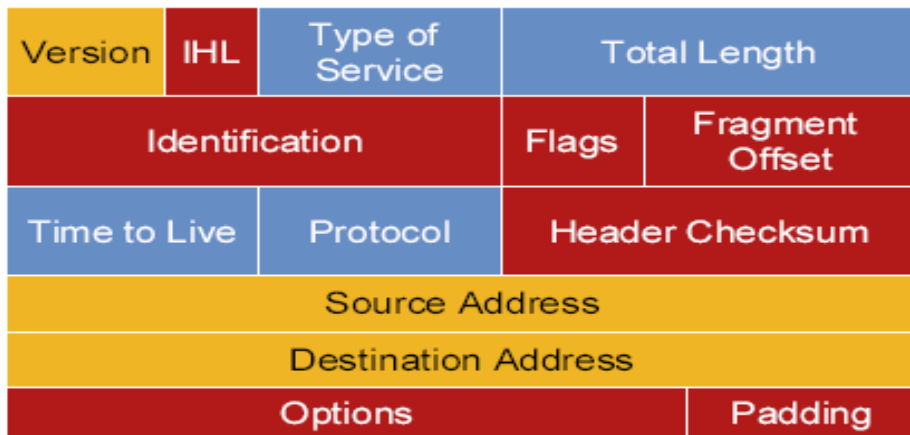
- Se a questão principal é ter **mais endereços**:
- Um endereço **IPv4** é formado por **32 bits**.
 - $2^{32} = 4.294.967.296$ endereços
aproximadamente 4 bilhões de endereços
- Um endereço **IPv6** é formado por **128 bits**.
 - $2^{128} = 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456$ endereços
 - ~ 79 trilhões de trilhões de vezes **mais que no IPv4**.
 - ~ 5.6×10^{28} endereços IP **por ser humano**.
 - ~ 66.557.079.334.886.694.389 de endereços **por cm²** na superfície da Terra.
- **Mas, atenção:**
 - **Metade dos endereços é para uso local!**

44 19 20
1 12 6 7
22 10 5

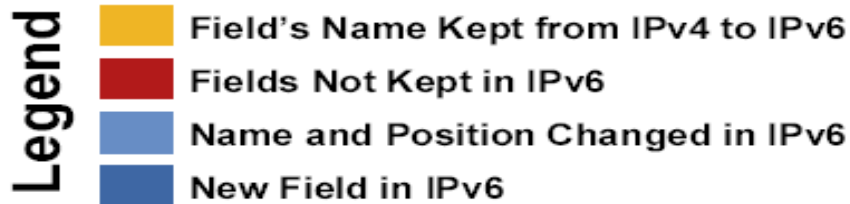
Formato

- **Mais simples**
 - Campos de dados não necessários foram eliminados
- **Mais flexível**
 - Prevê sua extensão, através do uso cabeçalhos adicionais

IPv4 Header



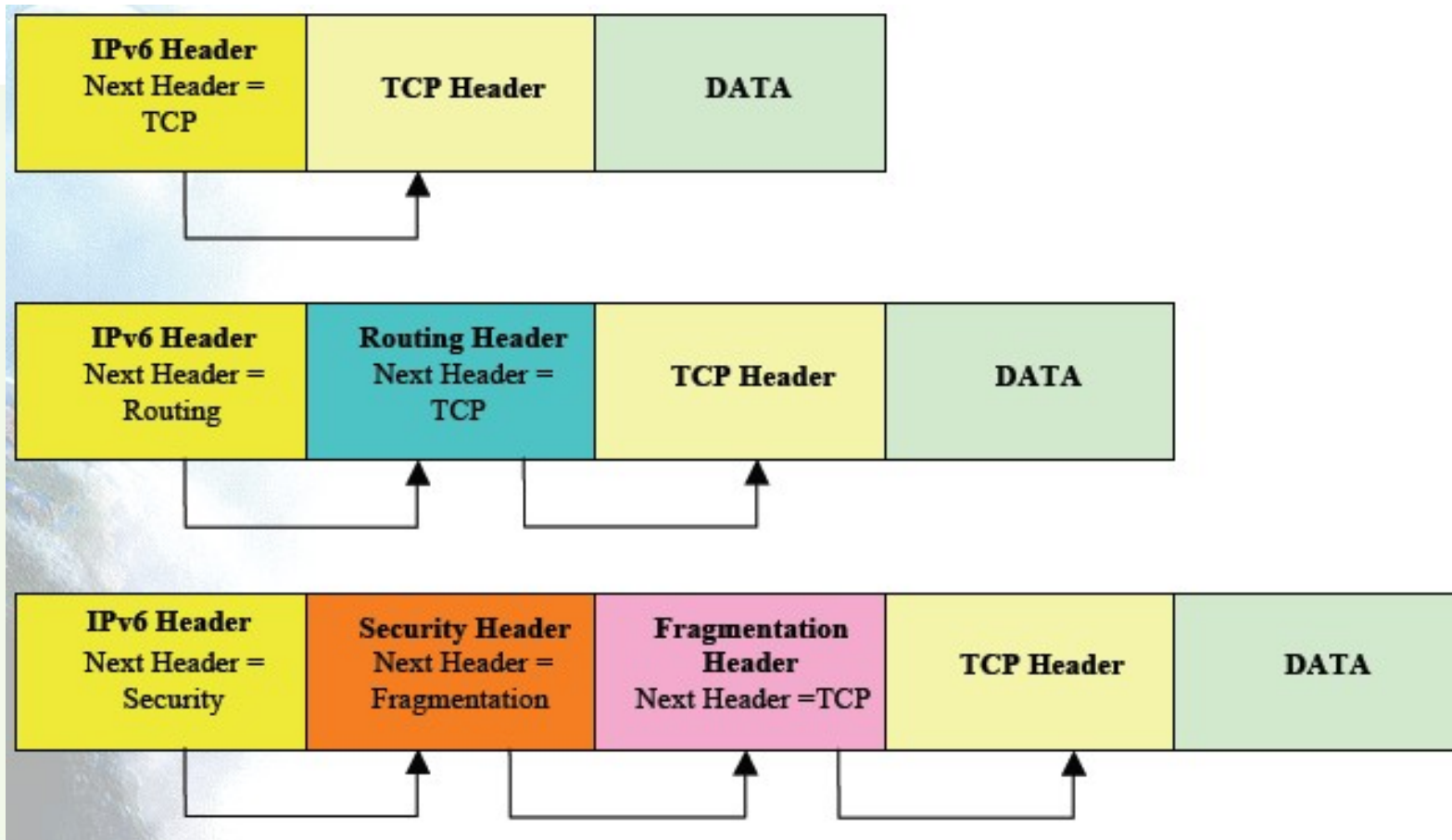
IPv6 Header



Cabeçalhos de extensão

Campo "Next Header"

Prevê sua extensão, através do uso cabeçalhos adicionais



Endereços

- **Representação**

- Números **hexadecimais** de 16bits
- Separados por “ : “
- Podem ser maiúsculos ou minúsculos
- Abreviações são possíveis
 - Zeros à esquerda podem ser omitidos
 - Zeros contínuos são representados por ::
 - Exemplo:

2001:0db8:0000:130F:0000:0000:087C:140b

2001:0db8:0:130F::087C:140b

- **Prefixos**

- Como o CIDR (IPv4)
- Exemplo:

2001:db8:12::/48

Endereços

- Uma mesma interface de rede tem vários endereços, com funções diversas:
 - **Loopback:** válido para o host
 - **Link Local:** válido para a rede local, assinalado automaticamente com base no MAC Address.
 - **Global:** válido na Internet

- Loopback ::1
- **Link local** FE80:.....
- Site local FEC0:.....
- Global
 - 6bone: 3FFE:.....
 - Official: 2001:.....

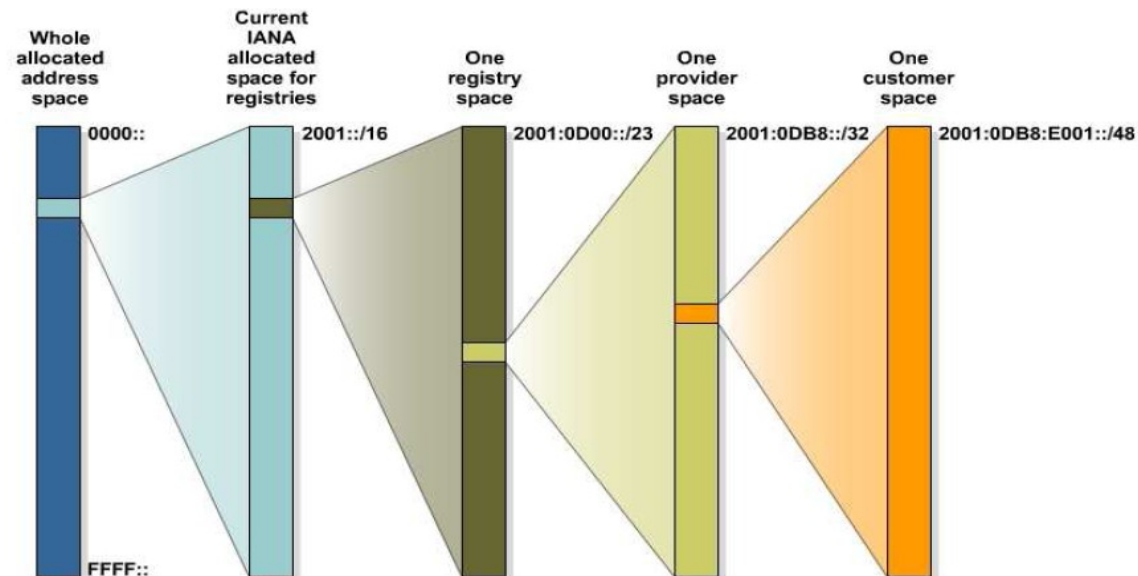
- **IPv4 mapped**
- **6to4:** 2002:.....

- Unicast
- Multicast
- **Anycast**

} specific to IPv4/IPv6
integration

Endereços = política de alocação

- Essa foi a política adotada até 2006.
 - Hoje cada Registro Local já tem um bloco /12 alocado.
- O desenho ilustra corretamente a quantidade de endereços a ser alocada para um usuário final:
 - bloco /48 a /56.
 - /48 = 1.208.925.819.614.629.174.706.176 endereços
 - /56 = 47.22.366.482.869.645.213.696 endereços
- Um AS recebe um /32.
 - /32 = 79.228.162.514.264.337.593.543.950.336 endereços



Endereços = política de alocação

- Alocações atuais (out/06)
- Cada /12 equivale a $8,3 \times 10^{34}$ endereços

RIR	IPv6 Address
AfriNIC	2C00:0000::/12
APNIC	2400:0000::/12
ARIN	2600:0000::/12
LACNIC	2800:0000::/12
RIPE NCC	2A00:0000::/12

Some /23s from the previous slide are incorporated in these /12s

Mudanças

- **O IPv6 não é só um “upgrade” do IP. Ele é um protocolo novo. Do ponto de vista dos equipamentos é um protocolo diferente.**
 - **Para implantar o IPv6, provavelmente serão necessárias mudanças:**
 - **Em boa parte dos equipamentos de redes**
 - Roteadores
 - Switches
 - Firewalls
 - **Em alguns dos programas**
 - Para alguns, legados, não será possível mudar
 - **Em alguns dos sistemas operacionais**
 - Os principais OSs hoje já suportam o v6.
 - **Nas características das conexões à Internet**

Alguns pontos positivos

- **Grande quantidade de endereços disponíveis**
 - IPs fixos para DSL, cable modems, telefones móveis.
 - Conexões “fim a fim” / Conexões “entrantes”
 - Os usuários poderão acessar os dispositivos remotamente com facilidade
- **Auto configuração**
 - Usuários finais não precisarão aprender a configurar IPs
- **IPSec faz parte do protocolo**
 - Privacidade e autenticidade nas comunicações
- **Qualidade de Serviço melhorada (isso continua sendo verdade?)**
- **Mobilidade**
 - Endereço IP pode permanecer o mesmo com o usuário movendo-se de uma rede para outra

Como fazer a implantação?
IPv4 e IPv6 podem conviver?



Existem várias abordagens para a implantação

- **Pilha dupla (dual stack)**

- Os equipamentos usam simultaneamente IPv4 e IPv6
- Quanto à conectividade à Internet, pode ser:
 - Só IPv4
 - Só IPv6
 - IPv4 e IPv6



- **Túneis (conectando ilhas IPv6 entre si)**

- O IPv6 pode ser encapsulado dentro de conexões IPv4
- Os pacotes IPv6 podem ser transmitidos dentro de pacotes IPv4
- IPv6-over-IPv4 / Tunnel Broker / 6to4 / ISATAP / Teredo

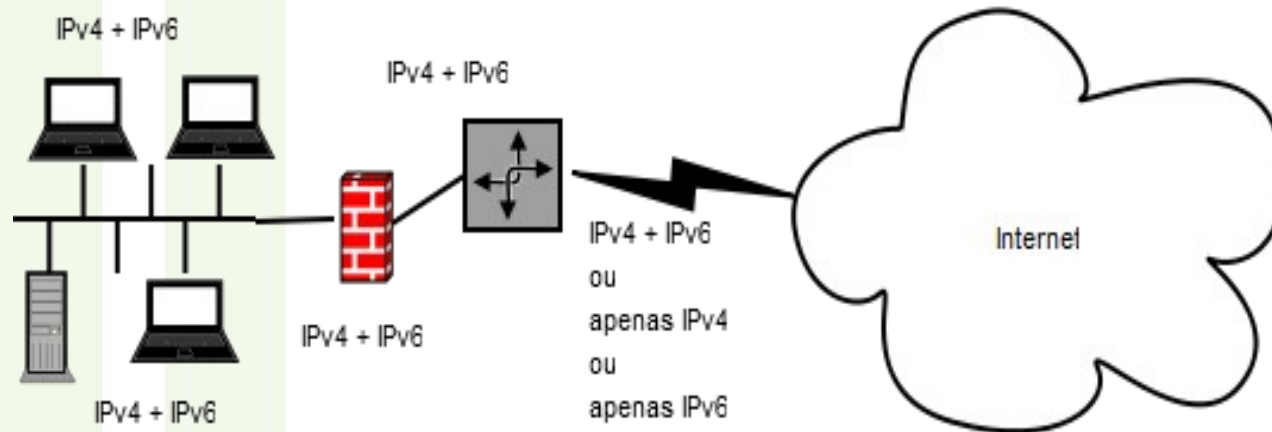
- **Tradução de pacotes (redes IPv4 conversando com redes IPv6)**

- Reescrevendo os cabeçalhos dos pacotes IP
- Reescrevendo os cabeçalhos dos pacotes TCP

- **Tradução de aplicações**

Pilha Dupla

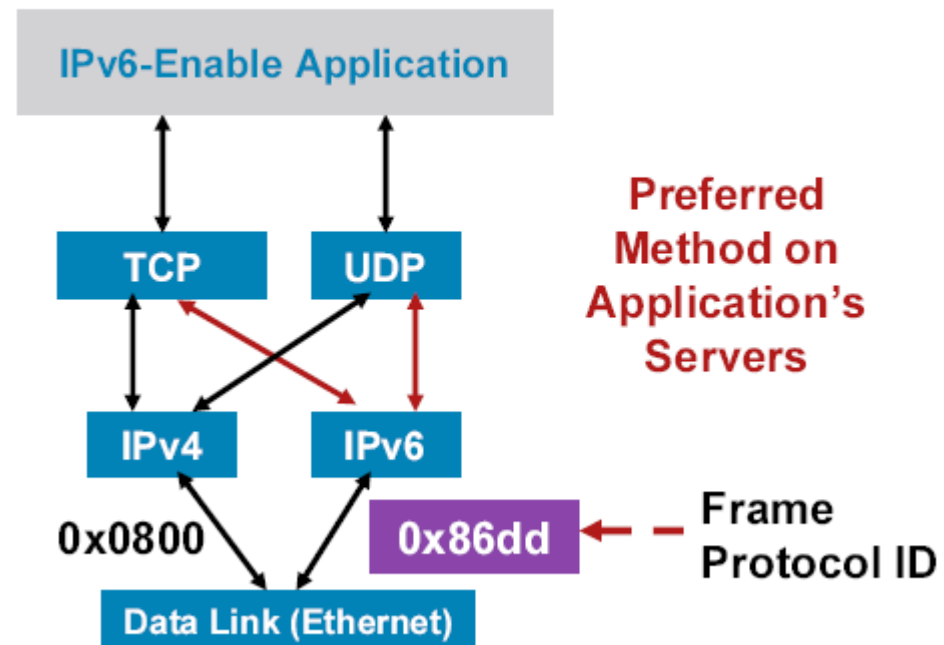
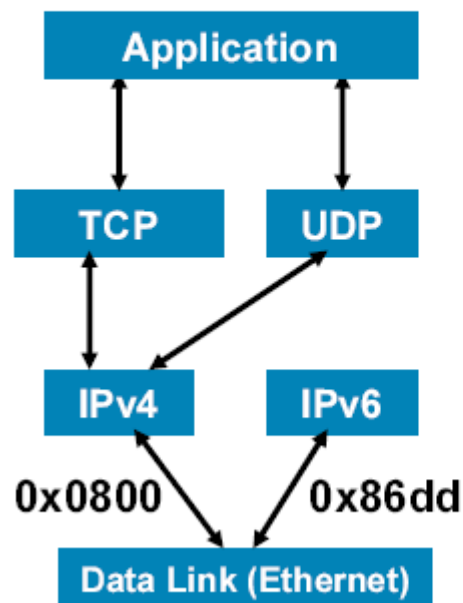
- Os equipamentos funcionam com IPv4 e IPv6 simultaneamente
 - Exige suporte para IPv4 e IPv6 em praticamente todos os equipamentos de rede e computadores
 - Permite que a implantação do IPv6 seja feita sem mudar a topologia da rede IPv4
 - Pode ser implementada com ou sem conectividade IPv6 à Internet.
 - Pode utilizar endereços válidos IPv6, em conjunto com NAT para IPv4



Pilha Dupla

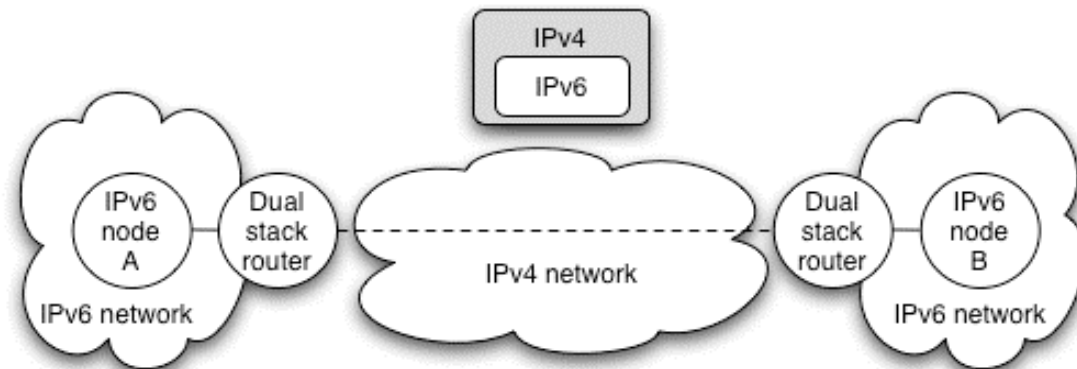
- As aplicações têm os dois protocolos à disposição.
 - Quando acessa um serviço disponível através de ambos, a aplicação deve escolher um deles:

Dual Stack Approach



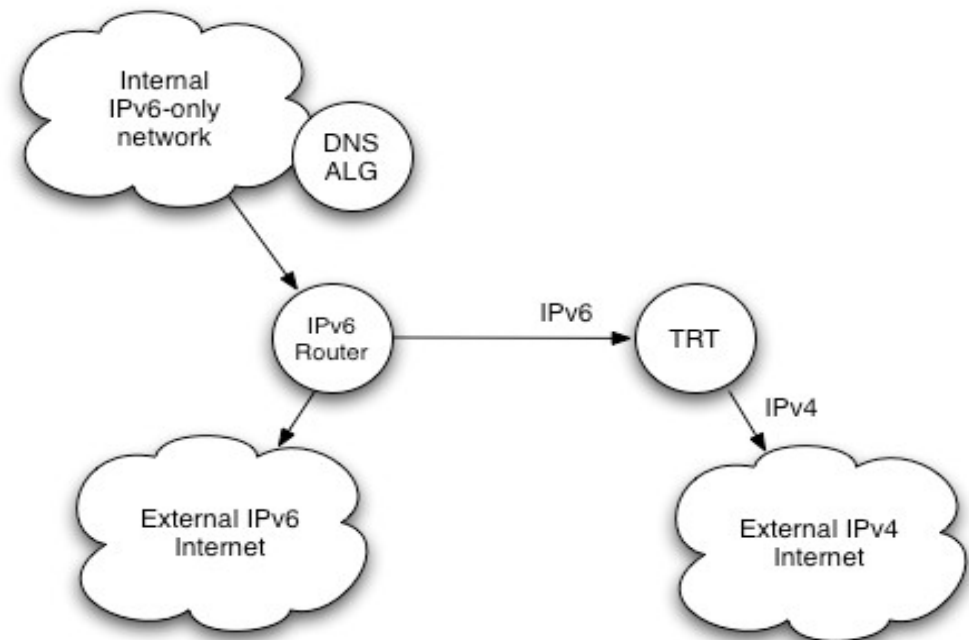
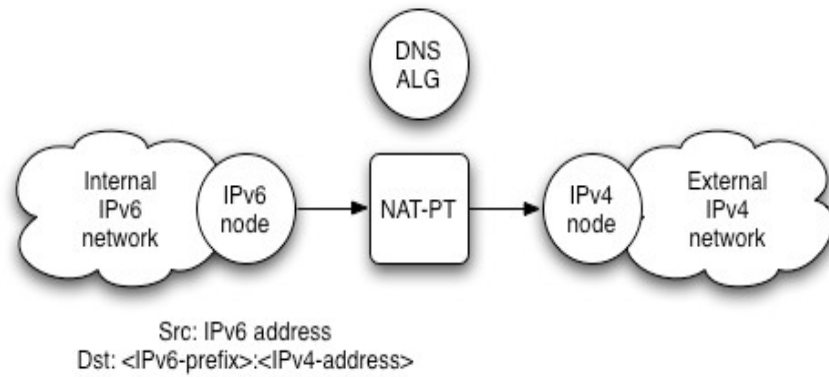
Túneis

- Permitem que
 - Hoje: Ilhas IPv6 conectem-se através de redes IPv4
 - No futuro: Ilhas IPv4 conectem-se através de redes IPv6
 - Vários tipos:
 - IPv6-over-IPv4
 - Tunnel Broker
 - 6to4
 - ISATAP
 - Teredo



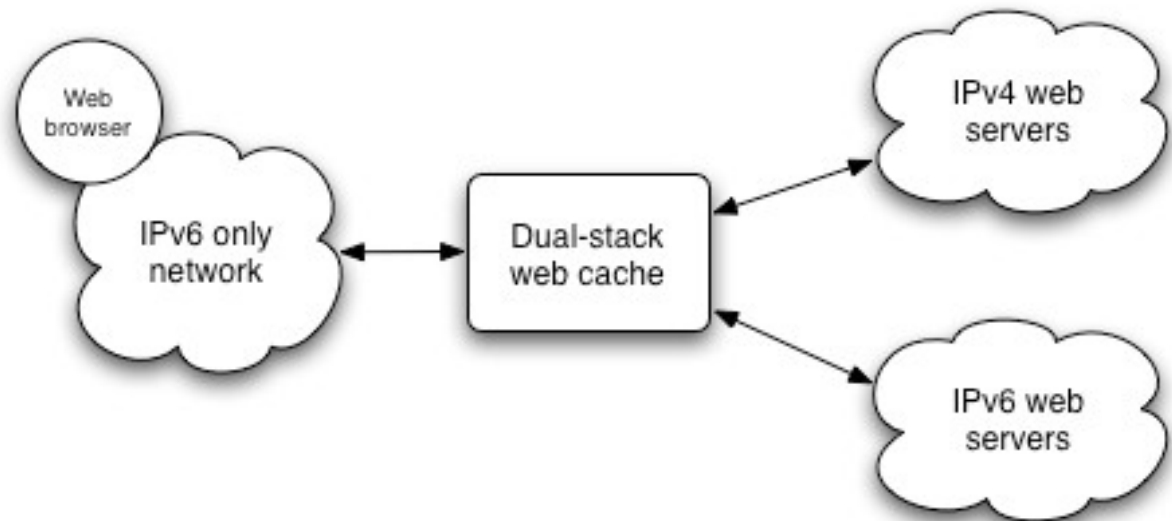
Tradução de pacotes

- Serve para permitir a comunicação de uma rede que “fala” somente IPv4 com outra, que “fala” somente IPv6.
 - Pode ser usada, por exemplo, se você tem uma rede IPv6 e precisa acessar recursos na Internet v4.
 - Para suportar aplicações ou sistemas operacionais (Win 98) que somente funcionam com IPv4
 - Usa protocolos como NAT-PT (Network Address Translation – Protocol Translation) e TRT (Transport Relay Translator)



Tradução de aplicações (ALG)

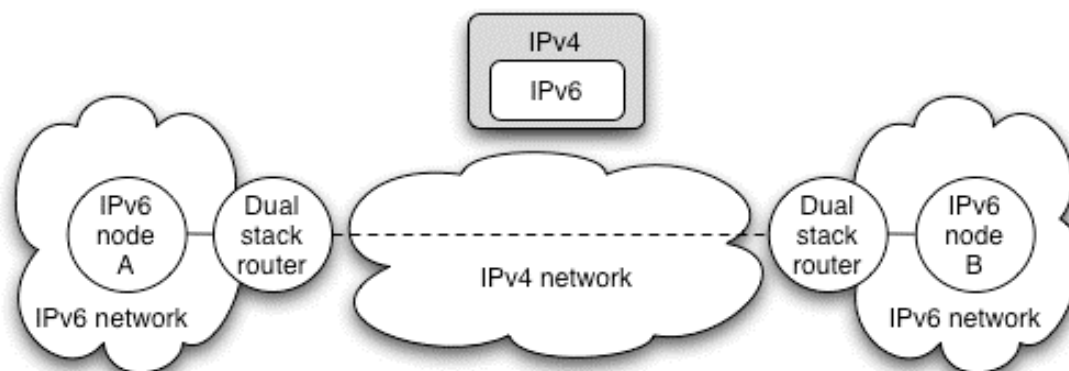
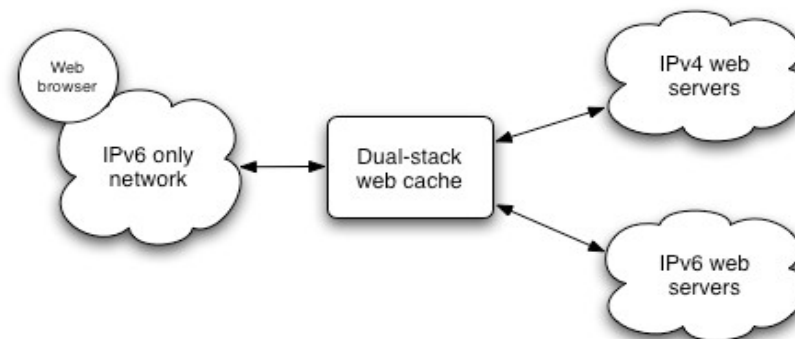
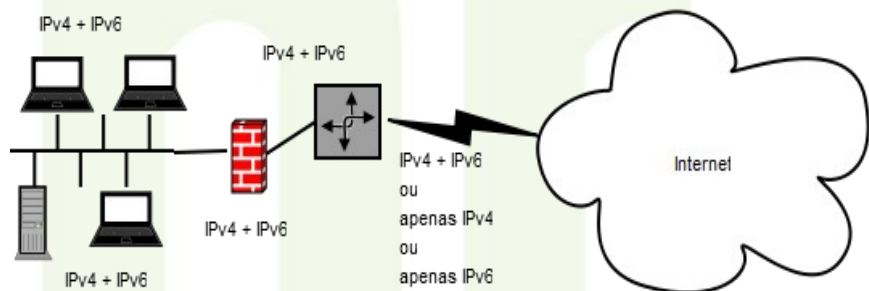
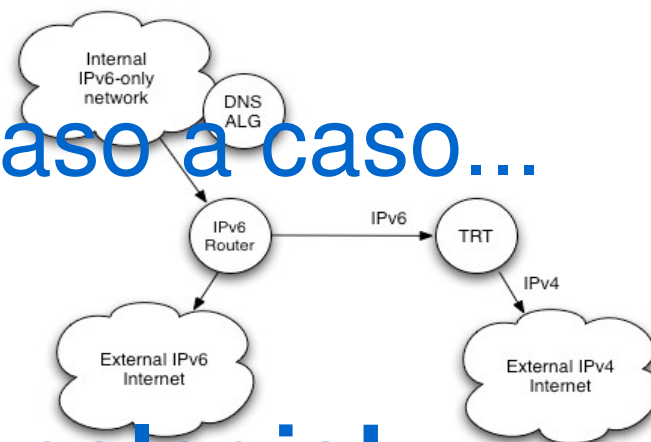
- Como a tradução de pacotes é um tanto complicada, pode-se prover a conectividade para aplicações específicas:
 - Existem gateways que operam no nível das aplicações (ALGs – Application Layer Gateways) e oferecem alternativas mais simples.
 - Aplicações que suportam ALG:
 - Cache web
 - Gateway SMTP
 - Resolver DNS
 - Proxy SIP
 - etc



O que usar na implantação?

- A resposta deve ser dada caso a caso...
- Mas, provavelmente:

— **Um pouco de cada tecnologia!**



Com o quê precisamos nos preocupar agora?



Com o quê precisamos nos preocupar agora?

- Buscar **informações e conhecimento** sobre o **IPv6**.
 - Procure recursos na Internet:
 - <http://portalipv6.lacnic.net>
 - <http://www.6diss.org/>
 - <http://www.juniper.net/federal/IPv6/>
 - <http://www.ipv6.org/>
 - <http://www.ipv6forum.org/>
 - <http://www.cisco.com/go/ipv6/>
 - <http://go6.net/>
 - <http://long.ccaba.upc.es/>
 - Participe de eventos do NIC.br e do LACNIC
 - <http://gter.nic.br/>
 - <http://www.lacnic.net/pt/eventos/lacnicxi/>
 - Peça ajuda a fornecedores de equipamentos e serviços
 - Faça experimentos e encoragem os outros a fazerem o mesmo
 - Busque cursos, livros, etc



Com o quê precisamos nos preocupar agora?

- **Novas compras de equipamentos e serviços** devem **incluir o IPv6**.
 - Não basta especificar “IPv6”
 - Deve-se prestar atenção em quais protocolos ou RFCs estão efetivamente implementados no equipamento e saber quais são efetivamente necessários na sua rede
 - Testes com fabricantes feitos pela RNP apontaram implementações incompletas dependendo das necessidades



Comprar certo agora é muito

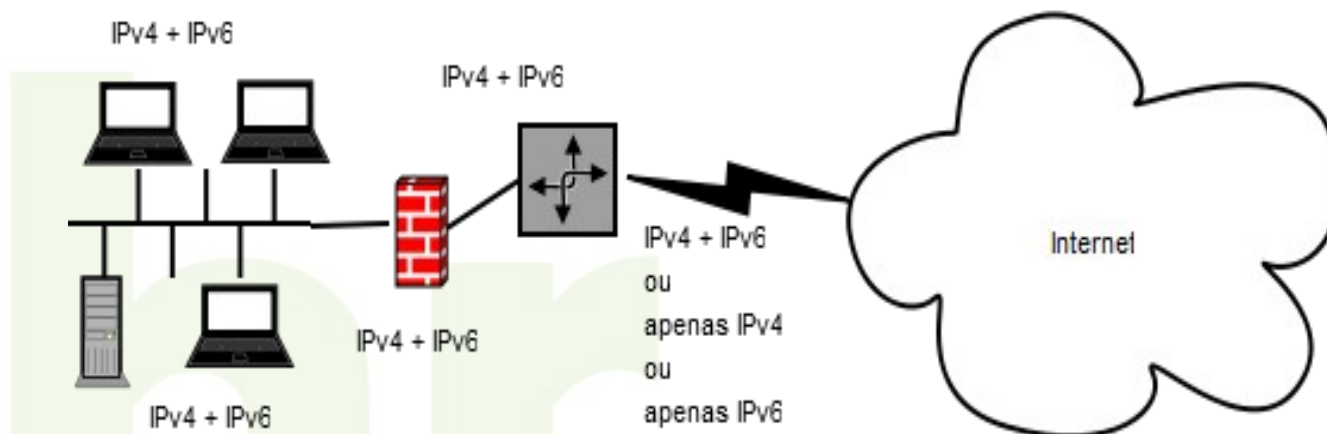


importante!

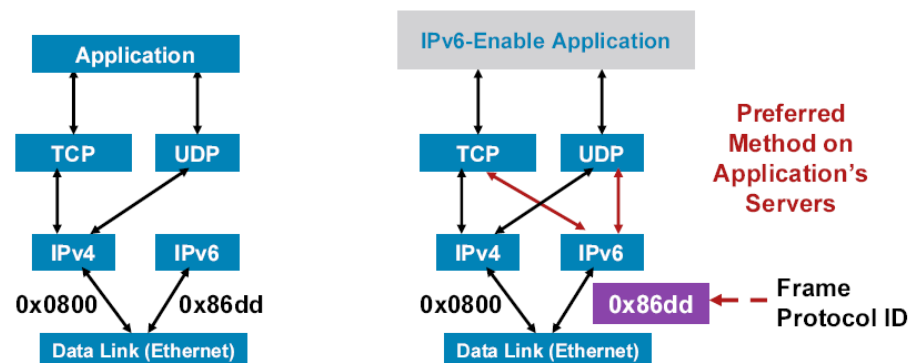
- Se você administra um AS, solicite ao NIC.br um bloco IPv6. Se você utiliza os IPs de seu provedor Internet, solicite a ele (a maioria ainda não será capaz de atendê-lo hoje).
 - <http://registro.br/info/cidr.html>

Com o quê precisamos nos preocupar agora?

- **Novos softwares** ou **novas versões de um velho software** devem **funcionar com IPv4 e IPv6**.

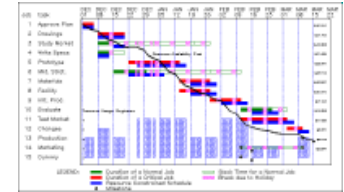


Dual Stack Approach



Com o que precisamos nos preocupar agora?

- **Planeje! Não deixe para a última hora!**



- A implantação do IPv6 **não é algo rápido**.
- Pode existir um **legado** que nunca será suportado.
- O esgotamento do endereçamento IPv4 é a razão mais importante, mas pode não ser mais a única razão para a implantação do IPv6:
 - Podem surgir **novas aplicações**, que funcionem somente em ambiente v6.
 - O Windows **Vista**, por exemplo, já cria túneis automaticamente para permitir a utilização de serviços IPv6, caso este não esteja presente nativamente na rede, e dá preferência à utilização do IPv6 em relação ao v4.
- Tome cuidado com **questões de segurança**. Em vários equipamentos o IPv6 vem habilitado por padrão (o Windows Vista é um exemplo). Seus usuários podem estar utilizando o IPv6 sem que você saiba.

Com o que precisamos nos preocupar agora?

- **Tenha em mente que:**
 - A **razão principal** da introdução do IPv6 é o **esgotamento do v4**. E isso é inevitável.
 - Entranto:
 - Os equipamentos e sistemas novos, em sua maioria, já suportam v6. Se você planejar bem suas próximas compras não terá de trocar os equipamentos só para implantá-lo quando for absolutamente necessário. Planeje também o desenvolvimento de seus novos softwares para que suportem o IPv6 desde já. Dessa forma os custos serão muito baixos.
 - O IPv6 deverá dar condições ao crescimento de uma série de aplicações emergentes, como voIP e aplicações baseadas em tecnologias móveis, por exemplo. E deverá criar condições para que surjam outras novas. Haverá benefícios para todos.
 - Devemos levar em conta que o Brasil é um país em desenvolvimento, que ainda faz pouco uso da Internet. Com o esgotamento dos endereços poderemos ser mais prejudicados do que países mais desenvolvidos. Então, é importante que estejamos prontos para usar o IPv6.

Obrigado!
Perguntas?

