

# Implementação do IPv6 para o desenvolvimento socioeconômico na América Latina e o Caribe

**CAF** BANCO DE DESARROLLO  
DE AMÉRICA LATINA

[www.caf.com](http://www.caf.com)

**lacnic**  
[www.lacnic.net](http://www.lacnic.net)



## Implementação do IPv6 para o desenvolvimento socioeconômico na América Latina e o Caribe

**Apresentado para:**

CAF - banco de desenvolvimento da América Latina -.

Eduardo Mauricio Agudelo  
Executivo Principal / Direção de Análise e  
Programação Setorial

**Apresentado por:**

LACNIC (O Registro de Endereçamento da Internet para a América Latina e o Caribe)

Equipe de Trabalho: Carlos Martínez, Guillermo Cicileo, Alejandro Acosta, Cesar Díaz, Ernesto Majó e Laura Kaplan.

Pesquisador Externo: Omar de León, Teleconsult (Serviços Globais das Telecomunicações).

Dezembro 10 de 2015

Este trabalho de pesquisa sobre a transição para o IPv6 foi realizado pelo Eng. Omar de León, Diretor da Teleconsult Ltda., sob a coordenação, execução e supervisão de LACNIC e de acordo com os termos estabelecidos pelo CAF - banco de desenvolvimento da América Latina -.

## Tabela de Conteúdo

<b>1.</b>	<b>RESUMO EXECUTIVO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>PROBLEMAS QUE APRESENTA O USO DO IPV4 EM FASE DO SEU ESGOTAMENTO.....</b>	<b>15</b>
2.1	USO DE NAT .....	15
2.2	TRANSFERÊNCIAS DE BLOCOS NO MERCADO SECUNDÁRIO.....	17
<b>3.</b>	<b>ASPECTOS TÉCNICOS E BENEFÍCIOS DO PROTOCOLO IPV6.....</b>	<b>19</b>
3.1	INTRODUÇÃO TÉCNICA SOBRE O IPV6.....	19
3.2	ÚLTIMOS RESULTADOS SOBRE O IPV6 .....	19
<b>4.</b>	<b>AGENTES-CHAVE NO PROCESSO DA TRANSIÇÃO. INTERAÇÃO DOS SETORES PÚBLICO E PRIVADO.....</b>	<b>20</b>
4.1	PROVEDORES DE INFRAESTRUTURA.....	20
4.1.1	Equipamento de rede.....	20
4.1.2	Computadores de uso geral.....	20
4.1.3	Dispositivos eletrônicos de consumo.....	21
4.2	PROVEDORES DE ACESSO COM FIO.....	21
4.3	PROVEDORES DE ACESSO SEM FIO.....	22
4.4	PROVEDORES DE CONTEÚDO.....	23
4.5	REDES INTERNAS DAS EMPRESAS.....	23
4.6	USUÁRIOS FINAIS NÃO EMPRESARIAIS.....	23
4.7	CONCLUSÕES POR GRUPO DE AGENTES.....	24
4.8	CONCLUSÕES FINAIS DA ANÁLISE.....	25
<b>5.</b>	<b>ASSUNTOS ECONÔMICOS DA TRANSIÇÃO.....</b>	<b>26</b>
5.1	DRIVERS DA TRANSIÇÃO.....	26
5.1.1	Escassez de endereços IPv4.....	26
5.1.2	Efetos da rede.....	26
5.1.3	Ações de grandes jogadores no IPv6.....	27
5.1.4	Melhorias na experiência do usuário.....	27
5.1.5	Ações governamentais.....	28
5.1.6	Resumo dos drivers.....	28
5.2	COMENTÁRIOS GERAIS SOBRE OS ASPECTOS ECONÔMICOS.....	28
5.3	HISTÓRICO DE AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS.....	29
5.3.1	Implementação de CGNAT.....	29
5.3.2	Custo estimativo do Dual Stack.....	31
5.3.3	Custo dos endereços IPv4.....	33
5.4	RESUMO DOS CUSTOS.....	33

<b>6.</b>	<b>MODELO ECONÔMICO DE COMPARAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE TRANSIÇÃO.....</b>	<b>34</b>
6.1	ALTERNATIVAS.....	34
6.2	DESCRIÇÃO DO MODELO.....	34
6.2.1	Aspectos gerais.....	35
6.2.2	Alternativa 1.....	37
6.2.3	Alternativa 2.....	37
6.2.4	Alternativa 3.....	37
6.2.5	Conclusões.....	37
<b>7.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE SITUAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO IPV6 NA REGIÃO DE LACNIC. INDICADORES QUANTITATIVOS.....</b>	<b>38</b>
7.1	INDICADORES-CHAVE DO DESEMPENHO DA IMPLEMENTAÇÃO IPV6 (KPI).....	38
7.1.1	Indicador-chave do Desempenho para o IPv6 de LACNIC (LACNIC ICAv6) e indicadores para cada etapa da cadeia de valor.....	38
7.1.2.1	Planejamento. Atribuição e Roteamento.....	39
7.1.2.2	Núcleo da rede. Core. AS de tráfego.....	39
7.1.2.3	Conteúdo. Sites.....	40
7.1.2.4	Usuários.....	40
7.1.2	Indicadores parciais das etapas da cadeia de valor da implementação do IPv6.....	41
7.1.3	Valores finais dos indicadores selecionados até 18 de novembro de 2015.....	41
7.2	CONCLUSÕES E INDICADORES PARCIAIS E LACNIC ICAV6 ATÉ 18 DE NOVEMBRO DE 2015.....	41
7.2.1	Indicador-chave do Desempenho IPv6, LACNIC ICAv6.....	41
7.2.2	Fase de Planejamento.....	41
7.2.3	Fase de Core.....	42
7.2.4	Fase de conteúdo.....	43
7.2.5	Fase de usuários.....	43
7.2.6	Conclusão principal.....	44
<b>8.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE SITUAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO IPV6 NA REGIÃO DE LACNIC. PESQUISA REALIZADA.....</b>	<b>45</b>
8.1	FICHA TÉCNICA.....	45
8.2	RESULTADOS.....	45
8.2.1	Designação de endereços IPv6 na região.....	46
8.2.2	Implementação do IPv6 na região e nos países.....	46
8.2.3	ISP que implementaram IPv6 aos clientes finais.....	47
8.2.4	ISP que não implementaram IPv6 nativo. Motivos pelos que não consideraram implementar IPv6.....	48
8.2.5	ISP que não implementaram IPv6 nativo. Prazo em que consideram começar a implementar IPv6.....	48
8.2.6	ISP que iniciaram a implementação do IPv6. Técnicas usadas.....	49
8.2.7	ISP que iniciaram a implementação do IPv6. Motivos para iniciar a implementação.....	50
8.2.8	ISP que iniciaram a implementação do IPv6. Principais dificuldades encontradas.....	50
8.2.9	ISP que iniciaram a implementação do IPv6. Resultado da operação IPv6.....	51

8.2.10	Não ISP que não iniciou a implementação do IPv6. Motivos.....	51
8.2.11	Não ISP que não iniciou a implementação do IPv6. Prazo em que considera começar a ... implementação.....	52
8.2.12	Não ISP que está implementando IPv6. Motivos para a implementação.....	52
8.2.13	Não ISP que está implementando IPv6. Resultado para a instituição.....	52
8.2.14	Conclusões.....	53
<b>9.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE SITUAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO IPV6 NA REGIÃO DE LACNIC. TRABALHO DE CAMPO.....</b>	<b>54</b>
<b>10.</b>	<b>ANÁLISE DE CASOS DE SUCESSO NA REGIÃO DE LACNIC.....</b>	<b>56</b>
10.1	PRINCIPAIS IMPLEMENTAÇÕES EM MASSA NA REGIÃO.....	56
10.2	OPERADOR IMPORTANTE. PREPARAÇÃO BEM-SUCEDIDA PARA A TRANSIÇÃO.....	57
10.3	CASO DE SUCESSO. COOPERATIVA DAS TELECOMUNICAÇÕES COCHABAMBA LTDA. .... (COMTECO).....	58
10.4	CASO DESUCESSO. CORPORAÇÃO NACIONAL DAS TELECOMUNICAÇÕES E.P. (CNT)....	58
10.5	CASO DESUCESSO. TELEFÔNICA DO PERU S.A.....	59
<b>11.</b>	<b>EXPERIÊNCIAS BEM-SUCEDIDAS EXTRA REGIÃO LACNIC.....</b>	<b>62</b>
11.1	FRANCE TELECOM – ORANGE.....	62
11.2	DEUTSCHE TELEKOM.....	63
11.3	TELEFÔNICA.....	63
11.3.1	Metodologia da transição para o IPv6.....	63
11.3.2	Estratégia da transição para o IPv6.....	63
11.4	CONCLUSÕES.....	64
<b>12.</b>	<b>IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DA IMPLEMENTAÇÃO DO IPV6.....</b>	<b>65</b>
12.1	IMPACTO PRINCIPAL ATUAL DA ADOÇÃO DO IPV6 NA PRODUTIVIDADE NOS SETORES ... PÚBLICO E PRIVADO.....	65
12.2	IMPACTO COM VISÃO PROSPECTIVA DA ADOÇÃO DO IPV6 NA PRODUTIVIDADE NOS ... SETORES PÚBLICO E PRIVADO.....	65
12.3	GANHOS DE EFICIÊNCIAS TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DO IPV6.....	66
<b>13.</b>	<b>RECOMENDAÇÕES E GUIAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO, ALCANCE, INSTRUTIVOS E ..... CAPACITAÇÃO.....</b>	<b>68</b>
13.1	PRINCIPAIS PROBLEMAS NA TRANSIÇÃO NOS PAÍSES DA REGIÃO. DESAFIOS DA ..... REGIÃO.....	68
13.2	AJUSTES DOS MARCOS REGULATÓRIOS E POLÍTICAS PARA FACILITAR A ..... IMPLEMENTAÇÃO DO IPV6.....	69
13.2.1	Quadro regulamentar das telecomunicações.....	69
13.2.2	Autoridades que regem às TIC.....	70
13.2.3	Quadro regulamentar das compras públicas.....	70

13.3	REDES ACADÊMICAS E UNIVERSIDADES.....	71
13.4	EMPRESAS.....	72
13.5	ISP.....	72
13.6	FOLHA DE ROTA PARA FAVORECER A TRANSIÇÃO OPORTUNA PARA O IPV6 NA REGIÃO. PLANO DE CAPACITAÇÃO.....	73
	<b>ANEXO I. TRABALHO DE CAMPO.....</b>	<b>75</b>
<b>1.</b>	<b>ARGENTINA.....</b>	<b>76</b>
1.1	ASOCIAÇÃO DE REDES DE INTERCONEXÃO UNIVERSITÁRIA.....	76
1.2	ISP GRANDES QUE PRESTAM SERVIÇOS EM MASSA PARA O CLIENTE FINAL.....	76
1.2.1	Caso 1.....	76
1.2.2	Caso 2.....	77
1.2.3	Caso 3.....	77
1.3	OUTROS ISP QUE NÃO PRESTAM SERVIÇOS EM MASSA.....	78
1.4	NIC.AR.....	78
1.5	CONCLUSÕES.....	78
<b>2.</b>	<b>BOLÍVIA.....</b>	<b>78</b>
2.1	CASO DE SUCESSO. COOPERATIVA DAS TELECOMUNICAÇÕES COCHABAMBA LTDA. .... (COMTECO).....	79
2.2	COOPERATIVA PRINCIPAL QUE FORNECEMÚLTIPLOS SERVIÇOS.....	79
2.3	TERCEIRA COOPERATIVA DO EIXO LA PAZ, COCHABAMBA E SANTA CRUZ.....	79
2.4	OPERADOR IMPORTANTE A NÍVEL NACIONAL, INCLUINDO MÓVEIS.....	79
2.5	OPERADOR MÓVEL QUE TAMBÉM PRESTA SERVIÇOS FIXOS.....	80
2.6	OPERADOR MÓVEL PARTICIPADO POR UMA COOPERATIVA.....	80
2.7	OPERADOR MULTISSERVIÇOS, INCLUINDO ATACADISTA.....	80
2.8	REUNIÃO COM O VICE-MINISTRO DAS TELECOMUNICAÇÕES E A ATT.....	80
2.9	CONCLUSÕES.....	80
<b>3.</b>	<b>COLÔMBIA.....</b>	<b>81</b>
3.1	OPERADOR MULTISSERVIÇOS.....	81
3.2	OPERADOR GRANDE MULTINACIONAL.....	81
3.3	OPERADOR MULTINACIONAL CORPORATIVO.....	81
3.4	RENATA.....	82
3.5	OPERADOR IMPORTANTE REGIONAL.....	82
3.6	MINTIC.....	82
3.7	OPERADOR MULTISSERVIÇOS MULTINACIONAL.....	83
3.8	OPERADOR CORPORATIVO.....	83
3.9	OPERADOR GRANDE MULTINACIONAL CORPORATIVO.....	84
3.10	OPERADOR PEQUENO CORPORATIVO.....	84
3.11	CONCLUSÕES.....	84



<b>4.</b>	<b>CHILE</b> .....	<b>84</b>
4.1	SUBSECRETARIA DAS TELECOMUNICAÇÕES.....	84
4.2	REUNIÃO COM VÁRIOS ISP NA SUBTEL.....	84
4.3	REUNA.....	85
4.4	CONCLUSÕES.....	85
<b>5.</b>	<b>EQUADOR</b> .....	<b>86</b>
5.1	CASO DE SUCESSO. CORPORACIÓN NACIONAL DAS TELECOMUNICAÇÕES E.P. (CNT)...	87
5.2	CONSÓRCIO EQUATORIANO PARA O DESENVOLVIMENTO DA INTERNET AVANÇADA (CEDIA).....	87
5.3	OPERADOR MÉDIO RESIDENCIAL E CORPORATIVO.....	87
5.4	APROVI.....	87
5.5	CONCLUSÕES.....	87
<b>6.</b>	<b>PANAMÁ</b> .....	<b>88</b>
6.1	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA NACIONAL.....	88
6.2	AGÊNCIA NACIONAL DA INOVAÇÃO GOVERNAMENTAL (AIG).....	88
6.3	AUTORIDADE NACIONAL DOS SERVIÇOS PÚBLICOS (ASEP).....	88
6.4	OPERADOR MULTISSERVIÇOS.....	88
6.5	OPERADOR ENTRANTE.....	89
6.6	OPERADOR ENTRANTE.....	89
6.7	OPERADOR MULTISSERVIÇO COM REDE HFC.....	89
6.8	OPERADOR ATACADISTA.....	89
6.9	CONCLUSÕES.....	89
<b>7.</b>	<b>PERU</b> .....	<b>90</b>
7.1	CASO DE SUCESSO. TELEFÔNICA DO PERU S.A.....	90
7.2	NAP PERU.....	92
7.3	OPERADOR EXCLUSSIVAMENTE CORPORATIVO E ATACADISTA IMPORTANTE.....	92
7.4	ESCRITÓRIO NACIONAL DO GOVERNOELETTRÔNICO E INFORMÁTICA (ONGEI).....	92
7.5	OPERADOR MÓVEL ENTRANTE.....	93
7.6	OPERADOR DE SERVIÇOS CORPORATIVOS.....	93
7.7	INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA E CAPACITAÇÃO DAS TELECOMUNICAÇÕES DO PERU (INICTEL).....	93
7.8	OPERADOR ENTRANTE DE SERVIÇOS MÓVEIS.....	93
7.9	CONCLUSÕES.....	93
<b>8.</b>	<b>REPÚBLICA DOMINICANA</b> .....	<b>93</b>
8.1	OPERADOR MAIOR.....	93
8.2	OPERADOR MENOR.....	84
8.3	OPTIC.....	94

8.4	INDOTEL.....	95
8.5	NAP DO CARIBE.....	96
8.6	CONCLUSÕES.....	96
<b>9.</b>	<b>TRINIDAD E TOBAGO.....</b>	<b>96</b>
9.1	OPERADOR PRINCIPAL.....	96
9.2	OPERADOR DE ACESSOS SEM FIO RESIDENCIAIS E CORPORATIVOS.....	97
9.3	OPERADOR MÓVEL E DE FTTH.....	97
9.4	OPERADOR HFC.....	97
9.5	OPERADOR PURO DE SERVIÇOS CORPORATIVOS.....	97
9.6	TTIX.....	97
9.7	TATT.....	97
9.8	MINISTÉRIO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA (EX MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA).....	97
9.9	UNIVERSITY OF WEST INDIES.....	97
9.10	TRINIDAD AND TOBAGO RESEARCH AND EDUCATION NETWORK (TTRENT).....	98
9.11	UNIVERSITY OF TRINIDAD AND TOBAGO.....	98
9.12	CONCLUSÕES.....	98
<b>10.</b>	<b>VENEZUELA.....</b>	<b>98</b>
10.1	CNTI.....	98
10.2	CONATEL.....	98
10.3	OPERADOR IMPORTANTE MULTISSERVIÇOS QUE É ISP FIXO E MÓVEL.....	99
10.4	OPERADOR DE TELEFONIA MÓVEL E DE SERVIÇOS CORPORATIVOS. CASO 1.....	99
10.5	OPERADOR DE TELEFONIA MÓVEL E SERVIÇOS CORPORATIVOS. CASO 2.....	99
10.6	CONCLUSÕES.....	99
11.	AKAMAI.....	99
12.	GOOGLE.....	100
	<b>ANEXO II. MELHORES PRÁTICAS PARA A TRANSIÇÃO PARA UMA REDE IPV6 .....</b>	<b>101</b>
1.	ASPECTOS GERAIS.....	102
2.	BREVE DESCRIÇÃO DAS TÉCNICAS DE TRANSIÇÃO PARA O IPV6.....	102
2.1	NAT64/DNS64.....	102
2.2	464XLAT.....	103
2.3	DS-LITE.....	104
2.4	MAP.....	104
2.5	DUPLA PILHA (DUAL STACK).....	106
2.6	6PE/6VPE.....	106
	<b>ANEXO III. ANÁLISE DETALHADA DAS INFORMAÇÕES QUANTITATIVAS RELEVANTES .....</b>	<b>107</b>
	<b>RELATIVAS À TRANSIÇÃO PARA UMA REDE IPV6.....</b>	<b>107</b>
1.	INFORMAÇÕES SOBRE A EVOLUÇÃO HISTÓRICA PUBLICADA POR LACNIC.....	108
2.	INFORMAÇÕES SOBRE A EVOLUÇÃO HISTÓRICA PUBLICADA POR RIPE.....	108
3.	INFORMAÇÕES PUBLICADAS PELO GOOGLE.....	108
4.	INFORMAÇÕES PUBLICADAS POR AKAMAI.....	109

5.	INFORMAÇÕES PUBLICADAS POR CISCO.....	110
5.1	PLANEJAMENTO. ATRIBUIÇÃO E ROTEAMENTO.....	110
5.2	NÚCLEO DA REDE. CORE. SISTEMAS AUTÔNOMOS (AS) QUE OFERECEM TRÁFEGO IPV6.....	111
5.3	CONTEÚDO. SITES.....	112
5.4	USUÁRIOS.....	113
5.5	MÉTRICAS COMPOSTAS DE CISCO.....	113
6.	INDICADORES PROPOSTOS PELA OECD.....	114
6.1	INDICADORES USANDO OS SISTEMAS DE ROTEAMENTO.....	114
6.2	INDICADOR USANDO O DNS.....	115
6.3	INDICADOR USANDO O TRÁFEGO DA INTERNET.....	116
6.4	CAPACIDADES DO CLIENTE FINAL.....	116
6.5	CONCLUSÕES SOBRE A OECD.....	116

## 1. RESUMO EXECUTIVO

Este trabalho pretende proporcionar o mais amplo conhecimento sobre todos os aspectos que incidem na transição para o IPv6 na região de LACNIC.

Em primeira instância foi estudada a extensa documentação de instituições relevantes em todo o mundo sobre os problemas que provoca o esgotamento dos endereços IPv4 e as vantagens e metodologia da implementação do IPv6, o comportamento dos diferentes agentes, os assuntos econômicos e a modelagem das alternativas, as melhores práticas e casos de sucesso, entre outros. Isso foi combinado com uma análise profunda da situação na região a partir de três ângulos complementares. Finalmente foram desenvolvidas recomendações e guias para a implementação, alcance, instrutivos e capacitação.

Como base da análise da situação na região de LACNIC foram usadas três fontes principais de informações, cada uma das quais proporciona uma perspectiva diferente.

1. Indicadores primários e secundários da situação atual da transição, gerados em múltiplas fontes.
2. Resultados da pesquisa que apresenta os motivos sobre o porquê da situação atual e as tendências.
3. Resultados das entrevistas realizadas em 10 países, que fornecem informações consolidadas sobre a situação, tendências e motivos das partes interessadas sobre as suas ações em relação à transição para o IPv6.

Nos 10 países em que foram realizadas reuniões presenciais foi obtida uma fonte de informação complementar sobre o estado atual, o comportamento dos membros de LACNIC e as tendências. Os resultados das outras duas fontes, indicadores e pesquisa, são apresentados para todos os países da região.

A partilha de endereços IPv4 é a primeira medida adotada pelos ISP enfrentados ao esgotamento dos endereços IPv4, usando os chamados CGNAT (Carrier Grade Network Address Translation), ou tradutores de endereços de rede a nível de carrier. Esta solução apresenta vários problemas se usada isoladamente já que existem aplicativos que não trabalham atrás dos CGNAT (PS3, Peer-to-Peer, Netflix em alguns casos, etc.) e aplicativos que são muito consumidores de portas (Google Earth, iTunes, etc.), que portanto trabalham mal e lentamente quando é realizada uma partilha intensa de endereços e produzem um aumento da demora de cerca de 15% a 40% de acordo com as fontes e a circunstância. Por demais esta solução não

é escalável totalmente, não é a mais eficiente, significa investimentos permanentes em uma técnica que deveria ser temporária, e está sujeita à migração inevitável para o IPv6 quando aparecerem aplicativos e conteúdos só IPv6, como já preveem os operadores importantes.

Outra alternativa é a implementação simultânea do IPv6 e de CGNAT a nível dos acessos é uma solução eficiente que proporciona uma qualidade de serviço superior; aproveita que 50% do conteúdo pode ser acessado em IPv6 reduzindo assim o uso dos CGNAT como é calculado no modelo, e portanto, minimizando os investimentos nestes ativos, inclui investimentos duradouros, evita os problemas com os aplicativos que não funcionam bem atrás do CGNAT já que passam a usar IPv6, reduz as demoras que provocam os CGNAT, permite o uso progressivo da Internet das Coisas, entre outras questões favoráveis à implementação.

De acordo com as melhores práticas, o processo de transição para o IPv6 consiste em várias etapas que começam com um inventário do estado da rede, os sistemas e os serviços auxiliares (DNS, Firewall, etc.) e a conectividade, e termina com o início da implementação propriamente dita. O desenvolvimento das diferentes etapas é diferente segundo o caso de cada ISP, instituição, empresa e outros usuários, da mesma forma que as dificuldades e os procedimentos a seguir em cada caso. Essas diferenças são observadas tanto na investigação de antecedentes internacionais quanto nos resultados das reuniões mantidas nos diferentes países, na pesquisa, e nos resultados dos indicadores principais da cadeia de valor e do indicador LACNIC IPv6. Mas de tudo isso se concluem duas questões principais:

1. As dificuldades e os tempos para solucioná-las, na maioria dos casos, têm um elevado grau de incerteza.
2. Quanto mais cedo for iniciado o processo de planejamento e transição gradativa, maiores benefícios econômicos serão obtidos por implementação na medida em que são substituídos equipamentos e sistemas, e além disso, chega-se em forma não-traumática e sem incertezas ou surpresas à hora do início inevitável da transição em si.

Para poder apresentar o contexto em que esta transição é desenvolvida, são analisados os múltiplos atores que intervêm na mesma, incluindo provedores de infraestrutura, fabricantes de computadores e outros dispositivos eletrônicos, provedores de acesso ou ISP, provedores de conteúdo, empresas, usuários, autoridades governamentais, universidades e redes acadêmicas. De cada um deles é analisado

seu comportamento e motivações, o impacto que têm sobre a implementação, as ações recomendadas para alguns deles como ser as autoridades governamentais, o alcance que podem ter as regulamentações, entre outros.

Destaca-se o papel importante que têm as políticas e as diretrizes para as compras públicas e a segurança, o desenvolvimento do governo eletrônico e dos conteúdos educacionais, e as ações dispostas pelas universidades e redes acadêmicas tanto desde o ponto de vista de sua própria implementação e o impacto sobre os ISP e provedores de equipamentos, quanto pelo papel de destaque que têm na divulgação do conhecimento sobre o IPv6.

Na transição existem drivers que são estudados como componentes adicionais que influenciam na implementação, como são a escassez de endereços IPv4, os efeitos da rede, as ações dos grandes ISP, a melhoria da experiência do usuário e as ações governamentais.

Foi elaborado um modelo econômico de comparação de três alternativas para enfrentar o esgotamento dos endereços IPv4: realizar a transição para o IPv6 usando a técnica de Dual Stack com CGNAT, continuar usando somente o CGNAT ou comprar endereços IPv4.

Alternativas	Valor Presente Líquido
Alternativa 1, de transição com Dual Stack e CGNAT inc. CPE	\$4.910.952,82
Alternativa 1, de transição com Dual Stack e CGNAT não inc. CPE	\$2.312.338,22
Alternativa 2, de uso de CGNAT sem implementar IPv6	\$6.192.207,28
Alternativa 3, de compra de endereços IPv4 sem NAT nem IPv6	\$4.077.689,49

Esta última alternativa pode ser considerada no caso de taxas muito baixas de crescimento de clientes. A alternativa dos endereços IPv4 compartilhados através do CGNAT apresenta problemas com aplicativos e não surge claramente do modelo econômico que esta seja a melhor alternativa desde este ponto de vista, muito pelo contrário. Do outro lado, em qualquer uma das duas alternativas, a migração para o IPv6 é inevitável, em particular pela prevista aparição de aplicativos e sites que operam só no IPv6, tal como já foi estimado por alguns ISP.

Deste modelo econômico resulta também que a alternativa de implementar Dual Stack é muito eficiente no uso de recursos em relação as outras duas. Em particular é observado claramente no fluxo de investimentos no CGNAT: na medida em que é implementado o IPv6 há um momento em que não é

necessário investir mais no CGNAT devido a que a redução no uso de sessões compensa largamente as sessões necessárias para suportar o crescimento dos clientes. O quadro a seguir é um exemplo dos resultados do modelo que calcula o Valor Presente Líquido de cada alternativa, para certos casos, considerando os custos, despesas e investimentos incrementais, a fim de levar em conta o efeito do tempo e da taxa de oportunidade do capital.

Os resultados da pesquisa e das reuniões realizadas mostram situações diferentes entre os países e entre os ISP, universidades, redes acadêmicas e autoridades de governo.

Em geral existe um grau de capacitação dos ISP bem variável na região, bem como diferentes prazos para começar a implementação em massa. A este respeito, é observado que cerca de 30% dos entrevistados planejam começar a implementação nos acessos em 2016. Nas reuniões realizadas nos países, a quase totalidade dos ISP com serviços de massa considera começar essa implementação em 2016. Não é possível agir externamente sobre os ISP, pelo que as recomendações dadas têm relação com ações indiretas como as compras públicas, entre outras.

No que refere às universidades, a disparidade entre os países é semelhante, pelo que devido a sua importância na implementação do IPv6, as causas das carências existentes deveriam ser objeto de especial atenção.

Foram observados apenas quatro países com percentagens de usuários potencialmente habilitados para trabalhar no IPv6 maiores a 1%: Bolívia, Brasil, Equador e Peru. Os outros países têm este indicador bem abaixo de 1%. Nos casos da Bolívia, Equador e Peru existe apenas um ISP em cada um deles que é o responsável por esses valores altos se comparados com a região.

São analisados os casos desses operadores que foram identificados como casos de sucesso, conjuntamente com outros casos fora da região. O objetivo é apresentar o procedimento que eles desenvolveram para que sirva como referência. Em geral pode se dizer que nesses casos a implementação é desenvolvida a partir da escassez própria de endereços IPv4 e não antes, e depois de ter iniciado o processo de implementação gradativamente. Um dos casos de sucesso fora da região é o do operador que trabalha na África, onde ainda não há escassez de endereços IPv4, e que, no entanto, já iniciou o processo para a implementação prevendo que podem começar a ser desenvolvidos sites e aplicativos só IPv6.

A região, em média, mostra um valor do indicador LACNIC/CAF ICAv6 elaborado para a região, sensivelmente menor que o correspondente aos países selecionados para a comparação internacional. Na tabela a seguir, são observados os valores desse indicador e dos quatro indicadores parciais:

Indicador	Região LACNIC	Países referenciais	Países referenciais / região LACNIC
LACNIC/CAF ICAv6	21,39%	39,59%	1,85
Planejamento	18,08%	28,89%	1,60
AS de tráfego	55,30%	79,23%	1,43
Conteúdo	50,77%	49,96%	0,98
Usuários	1,31%	15,08%	11,51

O indicador LACNIC/CAF ICAv6 é orientado a países no processo inicial de implementação do IPv6, dando-lhe um peso de 30% no que diz respeito ao planejamento, e aos primeiros passos da implementação como dispor de tráfego IPv6 nos sistemas autônomos. Nestes dois indicadores os países da região estão bastante abaixo dos países selecionados, mas os avanços neles são conseguidos com pequenos esforços em relação ao esforço total de implementação. Nesse sentido as ações de LACNIC em aprofundar o conhecimento é a ferramenta mais eficaz por si só ou em conjunto com outras partes interessadas, tais como universidades, redes acadêmicas e governos.

Em relação ao conteúdo, observa-se que a percentagem de conteúdo acessível com IPv6 é semelhante no mundo todo, além de que não existem ações eficientes para melhorar esta situação, exceto pelo governo eletrônico e os conteúdos pedagógicos.

Finalmente o indicador de Usuários, que representa a percentagem de usuários que está potencialmente em condições de operar no IPv6, é muito baixo na região. Afinal, é o principal indicador que mantém o fosso com os países mais avançados e é o maior desafio a ser superado.

**A partir de todas as análises realizadas são apresentadas recomendações e guias para alcançar a implementação oportuna do IPv6, classificadas da seguinte forma:**

1. Principais problemas na transição nos países da região. Desafios da região.
2. Ajustes dos marcos regulatórios e políticas para facilitar a implementação do IPv6.
  - a. Quadro regulamentar das telecomunicações.
  - b. Autoridades que regem às TIC.
  - c. Quadro regulamentar das compras públicas.

3. Redes acadêmicas e universidades.
4. Empresas.
5. ISP.

Tudo isso é resumido em um roteiro para favorecer a transição oportuna para o IPv6 na região, associado a um plano de capacitação. Nesse roteiro são imprescindíveis as ações que LACNIC vêm implementado, tanto nos trabalhos de divulgação do conhecimento atual da situação quanto na elaboração de um banco de benchmarking através do seu site. Neste sentido, é muito importante divulgar ainda mais o conhecimento extra tecnológico, como o contido neste documento, que é onde são observadas as maiores carências na grande maioria das partes interessadas de diferentes países.

No que refere ao impacto sobre a produtividade nas condições atuais, a concorrência entre os ISP leva a adotar uma série de medidas, tanto no mercado de massa quanto no corporativo, que eliminam ou diminuem em forma importante os possíveis impactos negativos sobre a produtividade durante o período de transição para o IPv6.

Desde um olhar prospectivo desta transição, observa-se que o uso de CGNAT impõe novos atrasos que limitam alguns aplicativos que dependem dele, como o controle de veículos ou as tele-cirurgias, apresenta incertezas para o desenvolvimento de aplicativos restringindo o empreendedorismo, etc.

Quando o avanço da Internet das Coisas (IoT) acelerar, e para maximizar seus benefícios, será necessário poder identificar inequivocamente cada dispositivo independentemente da tecnologia, se é fixo ou móvel ou ainda se mudar de ISP, deverá ser possível a mobilidade e o "multihoming"; deverá ser possível gerenciar o tráfego que vai crescer de maneira muito importante, prover rotas robustas, garantir a confidencialidade, permitir a auto-configuração dos dispositivos e permitir a priorização seletiva do tráfego. Todas essas condições, que exigem o desenvolvimento da IoT, serão um forte incentivo para a implementação e prestação de serviços em IPv6, porque somente estes cumprem com as mencionadas condições, além de que permitem estender à Internet para os dispositivos do usuário, para os sistemas e para praticamente qualquer coisa que se beneficie da conectividade à Internet.

## 2. PROBLEMAS QUE APRESENTA O USO DO IPV4 EM FACE DO SEU ESGOTAMENTO.

### 2.1 Uso de NAT.

A primeira reação dos provedores perante o esgotamento dos endereços IPv4 foi procurar a partilha de um mesmo endereço entre vários usuários. Essa técnica, chamada NAT, foi usada a nível de usuário para compartilhar entre vários equipamentos o endereço público IP designado pelo provedor. É chamada NAT44 já que traduz endereços IPv4 públicos em IPv4 dos blocos de endereços privados.

A nível de rede do provedor as vezes é usada a técnica NAT444 que envolve um duplo NAT44 stateful na rede não requerendo o uso de endereços IPv6. Esta técnica é chamada CGNAT ou NAT a nível de operador (Carrier Grade NAT), ou também LSNAT ou NAT a grande escala (Large Scale NAT). As técnicas de transição descritas no Anexo incluem NAT na rede do provedor, exceto a MAP, em suas duas versões, pelo que também podem ser consideradas do tipo CGNAT (Carrier Grade NAT), mas exigem o uso do IPv6 e são recomendáveis durante a transição.

Ainda há situações nas que manter a operativa em IPv4 é uma alternativa não usando NAT. Isto pode dar-se em operadores com baixas taxas de crescimento, que têm blocos de IPv4 para o crescimento esperado e que adicionalmente ainda podem comprar blocos no mercado secundário, o que também é mais provável no caso de operadores pequenos.

**O uso dos NAT, em geral, tem os seguintes inconvenientes:**

1. São alterados os seguintes princípios básicos da rede Internet: conectividade ponto-to-ponto, rede de transporte simples e sem equipamento complexo, traslado da inteligência para os extremos. Assim, torna-se mais complexa a gestão da rede, está mais sujeita a falhas e resulta em desvantagens no seu uso, como mostrado abaixo.

2. As Listas de Controle de Acesso (ACL), usadas para bloquear acessos através do endereço IP, têm efeitos secundários em usuários que operam corretamente. O bloqueio é realizado a nível do endereço IP, que é compartilhado por vários usuários independentes, os que irão sofrer em conjunto as medidas que forem aplicadas devido ao uso errado por parte de um dos usuários.

3. Em algumas legislações deve ser registrado no servidor tanto o endereço IP quanto a porta para

identificar quem acessou um serviço. Todas as sessões TCP devem ser registradas. Caso contrário, não é possível responder às exigências das autoridades perante os crimes cometidos utilizando um endereço IP público. Isso significa um custo importante de armazenamento dos logs e complicações operacionais. Existem casos na região em que esses dados devem ser guardados até por 5 anos.

4. Alguns aplicativos não funcionam atrás de um NAT, ou mais particularmente quando é usado CGNAT. Foram detectados problemas no funcionamento correto de aplicativos de streaming de vídeo, jogos on-line entre participantes e partilha peer-to-peer de arquivos, enquanto que aplicativos mais simples como navegação web ou correio eletrônico não têm dificuldades.

5. O problema principal dos NAT é que não são escaláveis para grandes quantidades de usuários, principalmente pelas limitações das portas abertas pelos usuários. Um endereço IP permite abrir um total teórico de 64K portas.

a. Um estudo de Shin Miyakawa<sup>1</sup> mostra que uma imagem de Google Maps vai se deteriorando de uma situação correta, com 30 a 60 sessões simultâneas de portas permitidas, até outra em que o mapa não pode ser visto com 5 sessões simultâneas abertas. Para isso, foi interposto entre o PC e a Internet um dispositivo que reduz progressivamente as sessões habilitadas, e observaram a degradação do desempenho do aplicativo.

b. Isto acontece porque é usado AJAX (Asynchronous Java Script + XML) para fornecer uma boa qualidade de operação. O AJAX usa várias sessões TCP simultâneas para acelerar a recepção das informações.

c. Esse mesmo estudo determinou a quantidade mínima de sessões reduzindo as sessões até observar a degradação do serviço, e foram obtidos os seguintes resultados:

- i. Yahoo página principal: 10 a 20.
- ii. Google na pesquisa de imagens: 30 a 60.
- iii. iTunes: 230 a 270.
- iv. Amazon ou YouTube: 90.
- v. Página web sem operação: 5 a 10.

d. Por razões de segurança, entre outras, só podem ser usados os 32K endereços superiores, o que reduz

1- "From IPv4 only To v4/v6 Dual Stack-IETF IAB Technical Plenary". NTT Communications Corporation.

ainda mais a capacidade de um único endereço IP para abrir vários aplicativos simultaneamente, se for compartilhado entre vários usuários.

e. Por isso devem ser designadas entre 1.000 e 3.000 portas para cada usuário, deixando um limite seguro de partilha máxima de 10 usuários por endereço IPv4.

f. Mas deve ser levado em conta que os clientes por sua vez, usam um NAT44 para conectar vários equipamentos internos. Portanto, se tomarmos como exemplo que um total de 3 máquinas estão operando simultaneamente na instalação do cliente, pode-se observar que, se um mesmo endereço IP for fornecido para 10 clientes, cada usuário estará no limite inferior de 1.000 portas, o que poderia começar a deteriorar os aplicativos. Como é um fenômeno estocástico, quando for usada a comparação dinâmica e não estática, o número mínimo pode variar segundo o horário e outros fatores.

g. Obviamente, para os clientes corporativos não é possível compartilhar os endereços no CGNAT.

6. Adicionalmente, estudos recentes de setembro de 2015, como os do Facebook ou Verizon mostram que as conexões IPv6 são cerca de 15% mais rápidas que as que usam o IPv4 com NAT.

7. As dificuldades que podem ocorrer com certos aplicativos nas redes com CGNAT têm efeitos econômicos devido aos custos adicionais de transação nos aplicativos que utilizam a Internet. Enquanto a Internet seja uma plataforma sem problemas com os aplicativos, ao reduzir os custos de transação é estimulada a criação de novos serviços através do empreendedorismo. Com a introdução da incerteza em quanto a se um aplicativo irá operar em ambientes diferentes, por exemplo, em ambientes de usuários que estão em redes com CGNAT, os custos de transação são aumentados. As grandes empresas que desenvolvem serviços na Internet não têm problemas maiores, portanto é gerada uma barreira para as pequenas empresas e o empreendedorismo é desencorajado.

8. As dificuldades decorrentes dos CGNAT podem afetar também às empresas que prestam serviços, obrigando a atualizar seus serviços nas camadas superiores para solucionar problemas gerados nas camadas inferiores. Um caso típico foi o da Microsoft que teve de atualizar seu Xbox em 2011 para permitir alguns jogos on-line entre participantes.

## 2.2 Transferências de blocos no mercado secundário.

Comprar blocos envolve uma despesa adicional para a operação que, além disso, tem uma vida útil curta

se quem comprar tem um crescimento moderado. Somente pode justificar-se essa operação nos casos de crescimento muito baixo no número de usuários, junto aos NAT, por um período de tempo até que seja imprescindível migrar para o IPv6. Posteriormente, é analisado um modelo econômico de uso de blocos re-designados. Já existem no mundo, operadores (Orange) que entendem que devem migrar inevitavelmente já que está previsto que começarão a ter sites apenas IPv6.

No fundo, essa re-designação é realizada movimentando o recurso escasso de endereços IPv4 dos usuários (provedores) que lhe designam menos valor para aqueles que designam mais valor. É um processo semelhante ao que acontece nos países em que está autorizado o mercado secundário do espectro pelo regulamentador das telecomunicações. Os blocos de espectro (bandas) podem ser vendidos, arrendados, etc., às vezes com intervenção do regulamentador e outras vezes apenas registrando a transação.

Uma consequência não desejada dessas transações é a fragmentação dos blocos, o que já é observado nas tabelas de roteamento do IPv4, pelo que os RIR costumam pôr limites mínimos de blocos /24.

Devido a motivos históricos relacionados com a facilidade de obter blocos de endereços IP antes que surgiram os RIR, alguns prestadores, universidades e instituições governamentais chegaram a dispor de importantes blocos sem uso, pelo que puderam transferi-los. Adicionalmente existem usuários de endereços que hoje têm endereços IPv4 que estão dispostos a transferi-los na medida em que melhoram as condições para realizar as transferências.

Estas transferências estão provocando problemas em aqueles aplicativos que dependem do contexto em que o usuário se movimenta, entregando informações não desejadas (por exemplo, oferecendo um restaurante em Nova Iorque para um usuário que mora em Los Angeles), ou obrigando a mudanças e complicações importantes. Algo semelhante acontece com os CGNAT a nível local.

Em LACNIC as condições para as transferências se encontram no Manual de Políticas, Seção 2 Endereços IPv4<sup>2</sup>. Estas transferências ainda não estão ativadas. Em geral, as transferências operariam sob regras de boas práticas que devem cumprir as partes envolvidas na transação:

“2.3.2.17. Uniões, aquisições ou vendas entre ISP ou Usuários Finais.

As políticas do LACNIC não reconhecem a venda ou transferência não autorizada de espaço de endereços

2- Manual de Políticas [v2.3 – 16/07/2015]. <http://www.lacnic.net/web/lacnic/manual-2>



IPv4 e considerará tais transferências inválidas, exceto para transferências sujeitas à seção 2.3.2.18.

Se um ISP ou usuário final mudar de dono devido a uma união, venda ou aquisição, então a nova entidade deverá registrar essas mudanças perante o LACNIC. Se a companhia mudar de nome, deverá proporcionar documentação legal que respalde essa mudança de nome.

Entre as informações que podem ser solicitadas estão: Uma cópia do documento legal que respalda as transferências de ativos.

Um inventário detalhado de todos os ativos usados pelo solicitante com o qual permanecerá em uso o espaço de endereços IPv4.

Uma lista dos clientes da parte solicitante que usa partes do espaço alocado.

2.3.2.18.-Transferências de blocos IPv4 dentro da região LACNIC

**NOTA:** Esta seção entrará em vigor quando o LACNIC ou qualquer um de seus NIR for incapaz, pela primeira vez, de cobrir uma alocação ou designação de blocos IPv4 por falta de recursos.

Serão permitidas as transferências de blocos IPv4 entre LIR e/ ou usuários finais dentro da região LACNIC, doravante entidades, sob as condições enumeradas na presente seção.

2.3.2.18.1.- O tamanho mínimo de bloco permitido para ser transferido é de /24.

2.3.2.18.2.- Para que uma entidade possa ser o destinatário de uma transferência, deve primeiro passar pelo processo de justificação de necessidades de recursos IPv4 ante o LACNIC. Isto é, a entidade deve justificar ante o LACNIC a alocação/ designação inicial/ adicional, segundo o caso, de acordo às políticas em vigor.

2.3.2.18.3.- Ante uma solicitação de transferência de um bloco IPv4, o LACNIC deverá verificar que a entidade fonte seja efetivamente a titular desse bloco segundo conste nos registros do LACNIC. O solicitante aprovado e a entidade transferidora deverão apresentar ao LACNIC uma cópia do documento legal que respalde a transferência.

2.3.2.18.4.- O LACNIC manterá um registro de transferências de acesso público, de todas as

transferências de blocos IPv4 registradas perante ele. Esse registro deverá conter a data da operação, a entidade fonte da transferência, a entidade destino e o bloco transferido.

2.3.2.18.5.- A entidade fonte da transferência ficará automaticamente inelegível para receber alocações e/ ou designações de recursos IPv4 por parte do LACNIC durante um ano, a partir da data de operação assentada no registro de transferências.

2.3.2.18.6.- Um bloco previamente transferido não poderá ser subsequentemente transferido durante um período de um ano a partir da data de operação assentada no registro de transferências. O mesmo é aplicável para seus sub-blocos, isto é, blocos que agrupem um subconjunto dos endereços IPv4 contidos no bloco.

2.3.2.18.7.- Uma vez finalizada a transferência, LACNIC modificará a informação sobre o recurso transferido para revelar a troca de titular.

2.3.2.18.8.- A entidade destino deverá cumprir com todas as políticas em vigor do LACNIC.

2.3.2.18.9.- Os blocos e seus sub-blocos, provenientes de alocações ou designações de LACNIC, iniciais ou adicionais, não poderão ser transferidos durante um período de um ano a partir da data da alocação ou designação.

2.3.2.18.10.- Os recursos legados transferidos vão deixar de ser considerados como tais.

2.3.2.19.- Inclusão do ASN originador no WHOIS quando estiver disponível.

LACNIC deverá incluir na informação do WHOIS, o ASN originador de todos os prefixos que tenham sido designados diretamente por LACNIC, sempre que essa informação estiver disponível.

O ASN originador do bloco em custódia poderá ser ingressado através do sistema de administração de recursos de LACNIC. Os membros terão a responsabilidade de prover essa informação.

Nas situações em que a informação do ASN originador de um bloco não estiver especificada, a resposta do WHOIS deverá indicar esse fato.”

Um trabalho<sup>3</sup> de 2012 apresenta resultados interessantes acerca das transferências de endereços a nível mundial. Esse mercado começou publicamente em abril de 2011 quando a Microsoft comprou os

3- "Dimensioning the Elephant: An Empirical Analysis of the IPv4 Number Market", Milton Mueller e Brenden Kuerbis da Syracuse University School of Information Studies e Hadi Asghari da Technology University of Delft, School of Technology, Policy and Management. <http://internetgovernance.org/pdf/IPv4marketTPRC20122.pdf>

endereços de Nortel em um processo de falência, endereços que havia obtido antes da existência de ARIN (1991), e também as obtidas de outras empresas. Com o tempo os RIR foram adotando diferentes políticas. RIPE foi o primeiro registro em ter aprovado a transferência comercial de endereços em 2008. A Europa também é pioneira na criação de mercados secundários de espectro. APNIC foi o primeiro em propor a abertura desse mercado secundário, mas os debates a esse

respeito fizeram com que o regulamento fosse aprovado apenas em 2010.

Os autores desse trabalho estimavam que em 2012 cada endereço IPv4 custaria \$10.

A situação a nível mundial mostrava um crescimento rápido, pelo menos até o primeiro semestre de 2012 (1S12):

	2009	2010	2011	2012
Número de transações	3	2	27	52
Número de blocos transferidos	8	3	109	84
Número de endereços IP	11.264	10.240	1.013.246	4.999.936

ARIN foi a região mais envolvida nas transferências. No quadro abaixo são apresentados os dados das transações e distribuições por ano entre 2009 e o primeiro semestre de 2012, o que mostra o crescimento das transferências para o total designado pelo ARIN:

	2009	2010	2011	2012
Endereços designados	41.317.376	45.266.688	22-471.424	16.077.056
Endereços transferidos através do Mercado de ARIN	11.264	8.192	1.150.976	4.221.184
% distribuído pelo mercado	0,03%	0,02%	5,12%	26,26%

Mais adiante, na seção de análise econômica será analisada mais detalhadamente esta questão.

### 3. ASPECTOS TÉCNICOS E BENEFÍCIOS DO PROTOCOLO IPV6.

#### 3.1 Introdução técnica sobre o IPv6.

Quanto aos aspectos puramente técnicos, a razão principal para o desenvolvimento do protocolo IPv6 tem sido a necessidade de aumentar o número de endereços IP, em face ao esgotamento dos endereços IPv4. O cabeçalho dos datagramas IPv6 tem a estrutura que se mostra, e pode ser observado que, além de ser mais simples do que o IPv4, usa endereços de 128 bits, contra os endereços de 32 bits do IPv4. Esse é o principal aspecto que impulsiona sua implementação como é analisado neste trabalho.

Versão	Tipo de tráfego	Etiqueta de fluxo	
	Longitude de carga	Seguinte cabeçalho	Limites de saltos
	Endereço de origem (128 bits)		
	Endereço de destino (128 bits)		
	Dados		

Além do uso tradicional da Internet, em que cada usuário costuma ter mais de um dispositivo conectado (Notebook, telefone, etc.) em que cada um precisa um endereço IP, usos em massa como os que resultam da Internet das Coisas fazem com que cada usuário requeira múltiplos endereços IP simultaneamente. Essa questão será analisada mais adiante.

Com o protocolo IPv4, em média, cada habitante do planeta dispõe de 0,58 endereços até agosto de 2015, o que resulta claramente insuficiente devido aos múltiplos dispositivos e ao futuro desenvolvimento da Internet das Coisas, mesmo quando a penetração da Internet a nível mundial seja de 43% até 2015, segundo a UIT. Por isso, a passagem para o IPv6 é inevitável para todas as partes interessadas já que permite dispor de uma quantia bruta de 4,65 10 28 endereços IP por habitante.

#### 3.2 Últimos resultados sobre o IPv6.

Na conferência @ Scale do Facebook o engenheiro Paul Saab desta empresa revelou várias questões importantes.

Em relação aos terminais indicou que o novo iOS9 lançado em 16 de setembro de 2015, igualará ambos protocolos, pelo que o IPv6 vai ser muito mais usado sobre esses terminais que até agora davam preferência ao IPv4. Estimou que, enquanto com iOS8 apenas cerca de 50% das conexões eram feitas no IPv6 para aqueles usuários potencialmente habilitados para isso, com o novo OS a percentagem aumentará a 99%.

Verizon Wireless estima que para setembro de 2016, devido ao impacto da implementação do iOS9, o tráfego sobre IPv6 passará de 50% a 70%. O impacto da decisão da Apple pode impulsionar também o uso do IPv6 em Comcast, segundo seu arquiteto chefe do IPv6, aumentando o uso atual de 25% para 50% em um ano.

Na conferência @Scale os operadores e Facebook apontaram que o uso de NAT atrasa o tráfego. Testes limitados realizados pelo Facebook a inícios de 2015 mostram que o uso do IPv6 acelera as conexões cerca de 40%, e testes mais extensos realizados recentemente mostram que as acelera cerca de 15%. Verizon também tem observado melhorias semelhantes nas velocidades de conexão com o IPv6.

Por sua vez, o VP de agregação e transporte IP da Deutsche Telekom apontou o impacto que irá ter o novo protocolo sobre as redes móveis, principalmente através dos aplicativos de automatização dos lares e a Internet das Coisas, tudo o que não poderia ser suportado pelo IPv4.

Por sua vez, o Gerente de Projetos de tecnologias emergentes da SK Telecom apontou que aplicativos sensíveis aos atrasos, como os controles veiculares, não seriam possíveis com o IPv4.

Entende-se que a exigência imposta pela Apple Store de que serão aceites os aplicativos que forem compatíveis com IPv6 a partir de 2016, poderia impulsionar o uso de "IPv6 only" eliminando progressivamente a necessidade do IPv4, e até mesmo dispensar totalmente o IPv4.

## 4. AGENTES-CHAVE NO PROCESSO DA TRANSIÇÃO. INTERAÇÃO DOS SETORES PÚBLICO E PRIVADO.

Nesta seção, serão analisadas a participação, situação atual e impacto das ações dos principais agentes chave em relação à implementação do IPv6. Essa análise, mas referida aos Governos através de suas diferentes agências (reguladoras e reitoras das telecomunicações e das TIC, responsáveis de compras públicas, entre outras), das redes acadêmicas e universidades e das empresas, para uma melhor apresentação do trabalho, será desenvolvida na seção de “Recomendações e guias para a implementação, alcance, instrutivos e capacitação”.

Os diferentes agentes atuam de alguma forma acelerando ou retardando a implementação do IPv6. Alguns têm importância direta sobre os estímulos, como no caso dos usuários e provedores de equipamentos, conteúdos e aplicativos; e outros, como os provedores de acesso, comportam-se de acordo com as decisões econômicas influenciadas pelos drivers analisados na seção “Drivers da transição”.

Uma questão recorrente nesses estudos é a dificuldade de obter dados certos sobre os benefícios e despesas da implementação do IPv6 por parte dos diferentes agentes, bem como a variabilidade do comportamento dos agentes, o que dificulta quantificar os resultados para cada um deles. Por esta razão, em primeiro lugar se faz referência aos fatores que influenciam sobre os benefícios e custos para a implementação segundo os diferentes agentes. Posteriormente, é desenvolvido um modelo de avaliação econômica para ISP.

A OECD publicou<sup>4</sup> em 2014 um documento relevante sobre os fatores qualitativos específicos que influenciam nas decisões sobre a migração por parte dos diferentes grupos de agentes que será usado como referência nesta seção.

### 4.1 Provedores de infraestrutura.

#### 4.1.1 Equipamento de rede.

Este aspecto está totalmente coberto com fornecimento de equipamento testado no uso do protocolo IPv6 tanto para roteadores corporativos quanto para equipamentos de núcleo de rede. Essa afirmação pode ser verificada através dos altos valores dos indicadores de AS com tráfego no IPv6 (indicador do desenvolvimento no núcleo de rede) que são analisados para determinar o indicador LACNIC/CAF ICAv6.

Não acontece o mesmo com os equipamentos menores dos usuários.

Quanto aos equipamentos de usuário para redes com fio, ou CPE, geralmente não existe ainda compatibilidade total com qualquer rede do provedor, o que traz problemas em países como os EUA, em que os usuários podem comprar seu próprio CPE. Dessa forma os CPE podem realmente não suportar IPv6 ou não são compatíveis. Em qualquer caso não podem operar no IPv6 embora o provedor esteja preparado para isso.

Ainda mais, há pesquisas que mostram que o CPE, que em teoria são IPv6 ready, vêm com o IPv6 desabilitado por defeito, requerendo trabalho para sua habilitação. Um motivo para isso pode ser que não são 100% compatíveis com as especificações das RFC e chegam ao mercado como IPv6, mas o fabricante prefere que não esteja habilitado.

Por exemplo, no acesso à Internet usando as redes híbridas dos operadores de TV a cabo (redes HFC) existem padrões que suportam o IPv6, mas em alguns casos manifestaram dificuldades na região do LACNIC. Essas parecem estar relacionadas principalmente com o número de equipamentos que não são totalmente compatíveis com o IPv6, tanto por upgrade do padrão DOCSIS 2.0 a “DOCSIS 2.0 + IPv6” quanto diretamente pelos equipamentos DOCSIS 3.0 – 3.1.

Este fator desempenha um papel na implementação de desincentivo já que o provedor se encontra na situação de implementar a rede, mas não pode usá-la totalmente, ou de incorrer em gastos para permitir que os usuários com problemas possam usar o IPv6. Por isso, esse assunto tem sido indicado repetidamente como um alto consumidor de recursos humanos e materiais para viabilizar a implementação do CPE IPv6 compatíveis.

Mesmo que nos EUA existam um par de instituições<sup>5</sup> que realizam testes de compatibilidade dos equipamentos em IPv6, as informações sobre incompatibilidades é fraca e não permite conhecer em profundidade a real situação para os CPE, os roteadores e os hosts para o uso não corporativo.

#### 4.1.2 Computadores de uso geral.

Os sistemas operacionais modernos suportam IPv6 embora, as vezes, devam ser realizadas determinadas

4- OECD (2014), “The Economics of Transition to Internet Protocol version 6 (IPv6)”, OECD Digital Economy Papers, No. 244, OECD Publishing.  
5- University of New Hampshire’s Interoperability Laboratory e National Institute of Standards and Technology.

configurações. Em relação aos navegadores, há tempo que suportam o IPv6. O problema que pode surgir é quando no caso de uso de acesso dupla pilha IPv6 e IPv4, se primeiro for estabelecida a conexão em IPv6 e esta for cortada em algum momento, é preciso esperar um período de alguns segundos antes de tentar estabelecer a conexão em IPv4. Essa situação gera uma experiência ruim no usuário.

Assim surge o algoritmo chamado “Happy Eyeballs” orientado essencialmente para os humanos e daí o seu nome. Esse algoritmo descrito na RFC 6555, seleciona qual protocolo provê melhor serviço provando ambos ao mesmo tempo, e com preferência o IPv6. Vários navegadores suportam esse algoritmo. Porém, sua implementação não tem sido uniformemente bem-sucedida entre diferentes navegadores, observando-se casos em que o navegador prefere o IPv4 quando poderia usar IPv6.

É importante que os problemas como os mencionados acima sejam reduzidos através de implementações que permitam aos usuários finais aproveitar ao máximo as redes que fornecem acesso IPv6. De outro modo, apesar dos esforços para impulsionar a migração, estes ficam frustrados por um descrédito injustificado do IPv6. Adicionalmente, se os usuários usarem IPv4 quando já podem usar IPv6 são enviados sinais errados sobre a baixa adoção a nível de usuários, o que tem múltiplos efeitos negativos para o desenvolvimento do IPv6. Entre eles, aqueles que observam a evolução do uso do IPv6 a nível de usuários, tenderão a adotar uma posição de expectativa, em vez de promover o desenvolvimento do IPv6. Os indicadores sobre Usuários, incluídos neste trabalho na seção de indicadores, contornam esse problema já que optam por medições que procuram se um usuário está potencialmente em condições de usar o IPv6, e não apenas se usa o IPv6.

#### 4.1.3 Dispositivos eletrônicos de consumo.

Em relação a esses dispositivos em geral, não existem informações sistemáticas sobre compatibilidade IPv6, embora se observa que existem problemas de incompatibilidade IPv6 em dispositivos em que por exemplo uma mesma marca tem televisores compatíveis e equipamentos de jogos não compatíveis. Essa questão é de difícil percepção por parte dos usuários, pelo que não existe um incentivo nesse sentido para que os fabricantes dediquem esforços em seu desenvolvimento. Somente quando o número de usuários de IPv6 aumentar e forem percebidas as vantagens, ou quando aparecerem sites só IPv6, esse driver poderá agir para impulsionar o desenvolvimento de dispositivos IPv6. Uma maneira de perceber as vantagens do IPv6 é quando há aplicativos que suportam apenas no IPv6,

principalmente pela exigência da conectividade ponto-a-ponto para poder operar.

Como uma exceção pode-se observar que os fabricantes dos novos televisores conectados (Smart TV) movimentam-se para plataformas robustas que estariam garantindo boa conectividade IPv6.

O surgimento de dispositivos gerais IPv6, ou que requeiram IPv6 para operar, por sua vez será um driver para os provedores de acesso vejam o quão importante é a implementação de redes IPv6.

#### 4.2 Provedores de acesso com fio.

Nesta seção são analisados os custos e benefícios da implementação IPv6 desde o ponto de vista dos operadores de redes com fio. Neste trabalho é analisada a importante diversidade de situações entre os diferentes países no que refere à preparação das redes para que os usuários tenham pesquisa potencial no IPv6, desde o ponto de vista das metodologias do Google e de APNIC. Essa variabilidade também pode ser vista entre operadores do mesmo país. Basta observar, por exemplo, a diversidade dentro dos EUA no final de 2013: o Google Fiber com 60,7%, AT&T com 13,6% e Time Warner Cable com 3,3%. Essa situação também se dá na região de LACNIC, até 19 de novembro de 2015, com operadores com alto nível de implementação IPv6 como a Telefônica do Peru (22,3%), CNT do Equador (14,8%), COMTECO da Bolívia (19,40%) e CVT do Brasil (14,76%), entre outros.

Entende-se que essa variabilidade está motivada principalmente pelas percepções diferentes dos provedores de acesso no que refere à relação custo-benefício na hora de implementar o IPv6, além da incidência do esgotamento do IPv4. De um lado, os custos da implementação variam de acordo com a demanda dos usuários, a arquitetura da rede, a preparação dos recursos humanos e sua percepção do IPv6, a geração tecnológica dos equipamentos de rede, entre outros; e, do outro lado, os benefícios podem variar dependendo do provedor. Aqueles ISP que iniciaram precocemente a migração não estiveram submetidos a altos custos devido a que foram atualizando sua rede para o IPv6 em simultâneo com a atualização por obsolescência.

Como mencionado na seção “Drivers da transição”, os diferentes drivers da implementação atuam na análise econômica podendo levar a conclusões diferentes sobre a profundidade e oportunidade da implementação.

A decisão final da implementação depende dos aspectos econômicos, e esses, por sua vez, do caminho de migração adotado, para o que não existe uma melhor prática de

detalhe aconselhada. Em princípio são observados na região três caminhos não excludentes, que podem ser combinados para aperfeiçoar a transição: CGNAT, compra de blocos IPv4 ou implementação do IPv6. Estas alternativas acrescentam variabilidade à decisão de cada provedor. Igualmente já é observada na região uma tendência muito forte para o Dual Stack com ou sem CGNAT, mas principalmente com CGNAT devido à falta de endereços IPv4. No modelo econômico também são observadas as vantagens econômicas desta alternativa de transição para o IPv6.

Quanto aos CGNAT, existem estimativas de custos realizadas por Lee Howard que são analisadas abaixo na seção: “Custos estimados nas diferentes alternativas.” Por exemplo, Lee Howard estima um investimento de \$ 90.000 por cada 10.000 usuários, mais custos de Operação e Manutenção de \$10.000 por ano. A estes custos, para efeitos das decisões, devem ser adicionados os efeitos negativos do uso dos NAT como descritos na seção “Uso dos NAT”. Esses efeitos negativos podem impactar na equação econômica através de uma redução da base de clientes, gerando um benefício negativo a ser considerado, sempre que outros provedores da mesma área geográfica tenham começado a implementação do IPv6.

Na análise realizada pelo consultor em relação aos valores estimados fornecidos pelos operadores consultados na região, os custos são calculados principalmente por milhões de sessões simultâneas. Esses custos são apresentados no momento da análise do modelo de avaliação econômica de alternativas.

A compra de blocos de endereços IP é uma possível alternativa quando a taxa de crescimento no número de usuários é baixa. Em 2012 seu custo era estimado em \$10 por endereço, algo equivalente aos CGNAT em uma avaliação bem preliminar.

A implementação do IPv6 igualmente precisa de endereços IPv4, a menos que seja “greenfield” usando alguma técnica que permita o acesso a sites IPv4, bem como equipamento de transição, pelo que os resultados positivos vêm principalmente dos fluxos futuros mais do que da avaliação no instante inicial. Isto é, que também nesse caso devem ser feitos investimentos, mas como serão feitos na tecnologia definitiva, vão gerar benefícios futuros que justificam sua implementação.

A decisão é fundamentalmente de oportunidade, e o momento de início da implementação é quando o resultado de sua implementação nesse momento for maior que se for feita em outro momento.

Há evidência de que os custos de implementação de rede IPv6 não são altos. No entanto, os benefícios econômicos, segundo já foi comentado, não são imediatos, embora os efeitos de, por exemplo, a melhoria na Experiência do Usuário, sim possam sê-lo. Por isso, as decisões acerca do investimento devem ser detalhadas, e devem considerar os fluxos futuros, os múltiplos impactos positivos que provocará, assim como os impactos negativos que irá evitar. Também devem ser considerados outros fatores como a curva de aprendizado, as quedas futuras de custos e outros fatores relacionados com o prazo da implementação.

O modelo desenvolvido deste trabalho usa o Valor Presente Líquido aos efeitos de incluir os efeitos futuros das decisões presentes, e considera diversas condições e futuras mudanças.

É importante notar aqui que quando são usados antigos roteadores que suportam IPv6, às vezes acontecem quedas significativas no desempenho. Isso pode acontecer devido a que com IPv4 roteiam usando tabelas que carregam em firmware, entanto que não podem fazer a mesma coisa com roteamento IPv6. O comportamento pode cair, por exemplo, de 5.000 pkts/s a 500 pkts/seg.

#### 4.3 Provedores de acesso sem fio.

Quando se fala nesses provedores, se faz referência principalmente aos provedores de serviços móveis.

Nesse caso o crescimento da base de usuários de banda larga móvel ocorre com altas taxas anuais, pelo que esta primeira diferença com os operadores com fio, mostra que as alternativas de apenas CGNAT ou de transferências de endereços para manter-se operativo no IPv4 não são viáveis. Igualmente a maioria dos operadores já está usando CGNAT.

Do outro lado, no caso dos operadores móveis são produzidas maiores mudanças nas redes devido ao crescimento do tráfego e da cobertura, e inclusive nas tecnologias (por exemplo LTE e VoLTE) e serviços. Isso gera uma mudança de visão respeito aos provedores com fio, em que a mudança e adição de equipamento por crescimento ou obsolescência é vista com naturalidade. A implementação do IPv6 quando está sendo incorporado equipamento por outros motivos, faz com que o custo marginal do investimento em IPv6 seja muito baixo, embora não nulo, devido a que essas incorporações são realizadas em um ambiente de rede IPv4 em que as rotas IPv6 podem não ser as melhores, que os provedores de tráfego possam não suportar os aumentos de tráfego IPv6, etc., ou seja que não é um “greenfield” puro.

As implementações LTE são praticamente todas Dual Stack. Alguns operadores como SK Telecom<sup>6</sup> optaram por só IPv6 na rede móvel com técnica de transição para o IPv4, dispondo de Dual Stack no backbone e de técnicas de transição na rede fixa para acessar os sites que ainda são só IPv4.

Uma questão a ser considerada é a disponibilidade de terminais IPv6, que mesmo que sejam anunciadas como compatíveis em uma percentagem muito alta dentro das ofertas do mercado, depois podem acarretar problemas de compatibilidade com a rede do operador. Por esse motivo os operadores fazem esforços para garantir essa compatibilidade e poder explorar suas redes IPv6, incluindo a obrigação imposta aos fabricantes para que produzam equipamentos compatíveis que possam ser conectados a suas redes. Adicionalmente, ao contrário do que acontece com os CPE em redes com fio, os terminais móveis são regularmente renovados em prazos curtos por razões de progresso tecnológico, pelo que problemas de estagnação em equipamentos obsoletos para IPv6 não acontecem nestas redes. Até novembro de 2015, os principais provedores sobre sistemas operacionais Android 4.4 e Windows Phone 8.1 suportam NAT64 CLAT segundo a RFC 6877. Também no WWDC 2015 da Apple, desenvolvido em junho, foi anunciado que o iOS 9 suportará serviços de redes "IPv6 only" DNS64/NAT64.

Outro aspecto favorável para a implementação nos operadores móveis é que eles podem desenvolver uma rede só IPv6 usando a técnica 464XLAT, como descrito no Anexo II deste trabalho, permitindo-lhes que os aplicativos que só funcionam no IPv4 sejam usados pelos usuários, que por sua vez, mantém a qualidade de ser IPv6 nativos. Esse tipo de aplicativos ainda são relevantes nas redes móveis.

O uso de NAT64/DNS64 não é adequado já que alguns aplicativos estão codificados para usar endereços IPv4 em vez do nome de domínio, ou o móvel não consulta ao DNS64. Por isso a Apple está anunciando simultaneamente que todos os aplicativos que sejam subidos a Apple Store devem suportar o IPv6.

#### 4.4 Provedores de conteúdo.

Dos 500 principais provedores de conteúdo que são acessados por cada país da região do LACNIC, cerca de 50% (média ponderada por país considerando [usuários únicos] \* [páginas visitadas] dos sites) são acessíveis no IPv6. No entanto, se o que for observado é a preparação dos sites para o IPv6, independentemente do número de usuários que os visitam, de modo que um site muito popular pesa o mesmo que aquele que não é, pode se

observar que não há crescimento significativo. Os sites acessíveis com IPv6 são cerca de 7 vezes menos que os não acessíveis, até agosto de 2015.

Neste caso, os custos de implementação (equipamentos, pessoal capacitado, etc.) impactam mais fortemente nos sites menores por causa dos custos fixos. Do outro lado, devido ao acesso em massa desde diferentes redes no mundo, a implementação é complexa e significa que dá lugar a problemas próprios que devem ser resolvidos com a operação em andamento durante bastante tempo. Os grandes provedores têm seu próprio pessoal qualificado para trabalhar nesses problemas, mas os pequenos não, e não podem encontrá-los no mercado devido à falta de experiência que há pelo momento. Adicionalmente se acrescentam problemas que podem surgir das próprias redes ou usuários, dando lugar a uma imagem de resposta pobre quando na realidade o problema está em outro lado.

Esse tipo de dificuldades pode exercer um poder dissuasivo para a implementação do IPv6.

#### 4.5 Redes internas das empresas.

Essas redes já estão preparadas e acostumadas ao uso de NAT. Em princípio, uma evolução para o IPv6 implica para as empresas um investimento em equipamento que pode não ser necessário por outras razões neste momento, e, além disso, a mudança de protocolo pode trazer problemas de compatibilidade que afetem toda sua rede e seus aplicativos para adaptar o novo protocolo à infraestrutura existente. Principalmente no caso dos aplicativos, os problemas e os custos podem ser elevados.

Os problemas de segurança também podem aumentar se realizarmos essas mudanças de protocolo a nível de rede.

Observa-se que com o desenvolvimento da Internet das Coisas e os aplicativos na nuvem, o IPv6 vai se tornar necessário no mundo dos negócios já que não seria mais sustentável fazer crescer o número de endereços privados para acompanhar esta forte demanda, nem que a empresa suporte a criação de sub-redes, etc. Isto representa complicações operacionais que podem estimular a migração para o IPv6, de modo que seria evitada essa fragmentação de rede que originaria o IPv4.

#### 4.6 Usuários finais não empresariais.

O comportamento dos usuários finais em termos de estímulos para a implementação do IPv6 está

6- "Applying IPv6 to LTE Networks". 6 de maio de 2015. SK Telekom.

intimamente ligado ao que foi analisado em termos de infraestrutura de usuário. O usuário só está interessado na obtenção de um serviço de qualidade independentemente da tecnologia, e aqui entra em jogo a infraestrutura: CPE, computadores, software, navegadores, dispositivos, etc., pelo que o cuidado desses aspectos é fundamental na procura de IPv6 dos usuários.

Um problema importante é o das redes que se suportam somente em CGNAT, porque há aplicativos que não trabalham atrás deles, de modo que os usuários podem solicitar IPv6 para usá-las, impulsionando ao provedor a fornecer acesso IPv6. Em alguns casos os ISP fornecem um endereço global para os clientes que se queixam repetidamente. Em outros casos, quando a partilha aumenta, começam a surgir problemas de desaceleração devido a que cada usuário não dispõe do número de sessões simultâneas requeridas para ter uma boa qualidade de resposta. Ultimamente, o Facebook e Verizon estão manifestando que o uso do CGNAT aumenta a desaceleração cerca de 15% ou mais (Facebook registrou até 40%). Essas questões estão começando a ser visíveis para os usuários, visibilidade que se estima aumentará com o passar do tempo, o que poderia resultar em que os usuários comecem a perceber, ou encontrar diferenças de qualidade, o que motivaria aos ISP a iniciar e impulsionar a transição quando os endereços IPv4 forem escassos.

Finalmente, a Internet das Coisas vai trazer requerimentos especiais que, com certeza, não poderão ser solucionados mediante o uso do CGNAT. A exploração eficiente e eficaz da Internet das Coisas depende do uso do IPv6.

#### 4.7 Conclusões por grupo de agentes.

Aqui são resumidas as principais considerações ou requerimentos em relação à visão da implementação do IPv6 desde diferentes olhares, e alguns aspectos-chave para favorecer a implementação.

##### 1. Provedores de infraestrutura.

- a. Quanto aos equipamentos para as corporações e para o núcleo de rede dos provedores não há dificuldades.
- b. Melhorar a compatibilidade dos CPE para redes fixas.
- c. Garantir a implementação de “HappyEyeballs” nos navegadores de modo que quando exista a possibilidade, a conexão seja estabelecida com sucesso e acima de tudo sobre o VPPv6.
- d. Em geral, procurar que nas redes que permitam o acesso IPv6, isso seja alcançado e com qualidade.

e. Melhorar a compatibilidade dos dispositivos eletrônicos de consumo, o que não é observado de forma generalizada. Os usuários ainda não percebem totalmente as vantagens do IPv6, pelo menos até que comece a ser generalizado, portanto não pressionam aos fabricantes para que seus dispositivos sejam compatíveis com o IPv6. Já começaram a publicar resultados que mostram que o uso do CGNAT aumenta o retardo de 15% a 40%.

f. O surgimento de dispositivos IPv6, ou que apenas operem com o IPv6 (por exemplo por conexão ponto-a-ponto), irão impulsionar também aos provedores de acesso a implementarem o IPv6.

g. Essa não parece ser a situação para os televisores em que já é observada uma tendência forte para a compatibilidade.

##### 2. Provedores de acesso com fio.

a. A situação é bem variada. Sua decisão sobre qual caminho seguir e com que intensidade depende do resultado econômico decorrente dos custos e do lucro, influenciado este pelos drivers analisados na seção “Drivers para a transição”.

b. As análises para as decisões sobre o investimento devem ser detalhadas, e devem considerar os fluxos futuros, os múltiplos impactos positivos que provocará, bem como os impactos negativos que irá evitar. Também devem considerar outros fatores como a curva de aprendizado, as quedas futuras de custos, e outros fatores relacionados com o prazo da implementação.

c. A seção sobre os Drivers permite visualizar alguns caminhos de ações a serem desenvolvidas para favorecer a implementação.

d. Em qualquer um dos casos, observa-se uma predominância da técnica Dual Stack com CGNAT.

3. Provedores móveis de acesso. Estes operadores têm as melhores condições para a implementação do IPv6, altas taxas de crescimento de usuários de banda larga, atualização de terminais por seus próprios usuários e com alta frequência, redução dos custos marginais por expansão e mudança de tecnologias nas redes, disponibilidade de terminais móveis que suportam 4G/LTE ou Dual Stack, entre outras. Também nesse caso observou-se uma predominância na região da técnica Dual Stack com CGNAT.

4. Provedores de conteúdo. Estes operadores apresentam um perfil de estagnação na implementação quanto ao número de sites acessíveis no IPv6. Os principais provedores em termos da média ponderada



por país (considerando [usuários únicos] \* [páginas visitadas]) dos sites, avançaram devido a sua capacidade de suportar os custos da implementação, o que não acontece para os pequenos e médios. De qualquer forma, o impacto sobre a região ainda não é muito importante, em comparação com outros aspectos, por causa de que cerca de 50% dos sites, como média ponderada por país, são acessíveis no IPv6 da mesma forma que no resto do mundo.

5. Redes internas das empresas. Em princípio, a migração para o IPv6 não opera a favor dos resultados das empresas e sem benefícios perceptíveis por causa da sua habitação ao uso do NAT. Entende-se que os incentivos não surgiriam até que a Internet das Coisas, talvez combinada com aplicativos na nuvem, atue requerendo uma enorme quantidade de endereços que não seria suportada por endereços IPv4 privados, nem uma única rede.

6. Usuários finais não empresariais. Esses usuários agem sobre a implementação através de duas vias independentes: de um lado podem questionar o serviço de acesso devido a que é implementado o IPv6, mas a infraestrutura do usuário não é a adequada, e, do outro lado, se o ISP não implementar o IPv6 não teriam acesso a determinados aplicativos, ou a qualidade do serviço seria empobrecida pela desaceleração e outros problemas, o que está começando a ganhar visibilidade.

#### 4.8 Conclusões finais da análise.

O setor encontra-se em uma etapa de transição na qual existem incentivos para melhorar os serviços através do IPv6, e ao mesmo tempo dificuldades, incertezas e falta de coordenação involuntária entre os agentes.

1. A implementação do protocolo IPv6 é uma situação final e inevitável para as redes da Internet no mundo todo.

2. Por seu próprio caráter descentralizado não é possível atingir uma coordenação de requerimentos e respostas, porque eles se encontram, em geral, em diferentes grupos de agentes.

3. Cada parte interessada, pertencente a diferentes grupos, faz as suas próprias estimativas econômicas, as que incluem múltiplos inputs (queda de custos dos equipamentos, melhoria da curva de aprendizagem, etc.), com especial impacto no futuro.

4. Os drivers da transição que são analisados na próxima seção atuam sobre a análise econômica dos provedores de acesso.

5. A incerteza gera riscos que se incorporam nas análises prévias a tomar a decisão da implementação.

6. Entre os inputs das análises devem ser incluídos também a interação entre os diferentes grupos de agentes. Por exemplo, as facilidades para a implementação das redes móveis IPv6 poderiam influenciar direta (infraestrutura compartilhada) ou indiretamente (percepções dos usuários de melhor serviço na banda larga móvel) na aceleração da implementação de redes IPv6 com fio.

7. A infraestrutura dos usuários tem um papel importante no desestímulo (ou estímulo) da implementação por parte dos provedores de acesso.

8. Não são observados possíveis estímulos sobre a implementação dos provedores de conteúdo, nem das redes internas das empresas, os que seguirão um caminho muito mais lento e dependente de múltiplos fatores como o desenvolvimento da Internet das Coisas, as operações na nuvem, os requerimentos dos usuários, etc.

9. A capacitação é um fator fundamental em todos esses aspectos.

## 5. ASSUNTOS ECONÔMICOS DA TRANSIÇÃO.

LA característica principal da plataforma da Internet no IPv6, e que afeta a sua adoção, é que é incompatível com a plataforma IPv4, de modo que a difusão do IPv6 requer essencialmente resolver o problema da transição de gerar compatibilidade ou interoperabilidade enquanto a infraestrutura IPv6 é desenvolvida.

É razoável então começar por identificar os drivers da implementação e avaliar seu poder ou exigências de esforços. Esses drivers são múltiplos, e afetam de diferente forma os diferentes agentes, dependendo também de se suportam altas ou baixas taxas de crescimento no uso de endereços.

Desde o ponto de vista econômico, os agentes responsáveis pela implementação do IPv6 vão realizá-la quando verificarem que vão obter um resultado econômico positivo, e que este resultado é maior se for realizado nesse momento determinado e não em outro. Tudo isto levando em consideração que a migração final para o IPv6 é inevitável. Os riscos quantificados e derivados da incerteza existente nessa tomada de decisões, e de seus resultados, devem ser considerados na análise e podem jogar a favor de “sentar-se e esperar” ou de começar a implementação. O modelo econômico de avaliação de alternativas desenvolvido neste trabalho está direcionado a facilitar essas decisões.

Destaca-se que esta análise econômica é altamente afetada pelo prazo previsto para a implementação, ou a cadência da implementação. Se o prazo for longo, há vários fatores que jogam a favor de implementar o IPv6, como observado depois através do modelo econômico:

1. Em primeiro lugar os custos dos equipamentos tendem a diminuir com o aumento da escala de produção, a que irá aumentar ao longo do tempo, considerando os volumes pendentes de implementação. Adicionalmente há uma tendência à queda de custos dos equipamentos eletrônicos em geral.
2. Os equipamentos existentes estão chegando ao fim da vida útil, portanto quando são substituídos já é feito por equipamentos IPv6, sem incorrer em substituições avançadas.
3. O provedor avança na curva de aprendizado conseguindo reduzir custos ao aperfeiçoar os processos e minimizar os erros de desenho, instalação, operação, manutenção e outros. O aprendizado será aplicado em um maior número de equipamento e de clientes, sendo maior o impacto.
4. Por isso, também é importante o início precoce do processo de transição cuja primeira fase é o levantamento da situação atual para a implementação do IPv6.

No processo da análise do resultado econômico existem considerações importantes a serem levadas em conta para a tomada de decisões. Essas considerações são apresentadas nos drivers da transição que podem atuar direta ou indiretamente sobre as considerações econômicas mencionadas.

### 5.1 Drivers da transição.

Segue a descrição de alguns dos mais conhecidos drivers e seu impacto na implementação do IPv6.

#### 5.1.1 Falta de endereços IP

O principal driver para transitar de uma plataforma IPv4 para uma IPv6 é a crescente escassez de endereços IPv4 requeridos pelos avanços nos serviços, o número de usuários e o uso em aplicativos em massa como a Internet das Coisas, entre outras. Embora existam técnicas para reduzir a pressão da necessidade de endereços IPv4, a maioria destas técnicas estão baseadas principalmente na partilha de endereços entre vários usuários. Além de que esta linha evolutiva também tem uma vida finita, empobrece a qualidade da Internet desde múltiplos pontos de vista como já foi visto.

Esses problemas relativos à pura partilha de endereços levaram ao início da necessária implementação do IPv6, embora submetido principalmente a que embora os custos de sua implementação não sejam muito elevados, os benefícios econômicos quantificáveis têm certa incerteza e serão produzidos no futuro, promovendo em alguns setores uma atitude de “sentar-se e esperar”, inclusive sabendo que o futuro passa por redes IPv6 completas.

#### 5.1.2 Efeitos de rede.

Os efeitos de rede são manifestados através do valor que traz cada novo usuário de uma rede para o resto dos usuários, e, que em conjunto, promovam o desenvolvimento de redes à medida que aumentam

os seus aderentes. Um exemplo típico e atual é o produzido nas redes móveis quando em determinadas circunstâncias econômicas as redes maiores tendem a serem maiores ainda, constituindo o chamado “efeito clube”. Os usuários do serviço móvel percebem o valor fornecido pelos outros usuários conectados a uma rede e isso os leva a fazer o mesmo. Esta abordagem para observar os drivers para o desenvolvimento das redes IPv6, não produz resultados positivos como incentivo para sua adoção, uma vez que não se manifesta nitidamente nas redes IPv6. A principal razão é que é uma rede descentralizada em que cada uma das etapas principais da cadeia de valor (núcleo de rede, rede de acesso e servidores de conteúdo e aplicativos) não tem efeitos fortes sobre as outras, e dentro de cada etapa praticamente não existem efeitos de rede.

Através da rede da Internet é gerado um mercado multilateral, e principalmente bilateral entre usuários e provedores de conteúdo. Este mercado é desenvolvido claramente quando os CDN (Content Delivery Networks) se aproximam dos usuários finais, e os provedores estão em condições de cobrar aos dois grupos de usuários adotando políticas de trabalho em mercados multilaterais. Os mercados multilaterais envolvem pelo menos dois grupos de agentes que interagem entre si através de intermediários, chamados “plataformas”, neste caso os provedores, de modo que o benefício de um dos grupos para se juntar à plataforma depende do tamanho dos outros grupos que a integram. Dessa forma aparecem os efeitos indiretos de rede pelo surgimento dos CDN que são requeridos pelos usuários.

A disparidade de valores dos principais indicadores da implementação do IPv6 que foram analisados no processo de desenvolvimento de um indicador conglobado LACNIC/CAF ICAv6, parece estar mostrando que pode haver avanços significativos na implementação nos servidores de conteúdos e aplicativos, ou no núcleo da rede, mas não nas redes de acesso. De fato, na região de LACNIC enquanto que no indicador de Usuários (rede de acesso) são observados, menos em quatro países, valores menores a 1%, nos indicadores de Conteúdo (servidores de conteúdo e aplicativos) e de Tráfego (núcleo de rede) são observados valores médios na ordem de 50%.

Por isso, conclui-se, então, que os efeitos de rede, tanto diretos quanto indiretos, são baixos ou nulos.

### 5.1.3 Ações de grandes jogadores no IPv6.

Outro mecanismo para o desenvolvimento tecnológico em geral é que os grandes jogadores da indústria adotem uma tecnologia determinada. Um fenômeno desse tipo na indústria das telecomunicações aconteceu quando começava a implementação de 4G. Até 2008 existia a

possibilidade de desenvolver as redes móveis de banda larga seguindo dois grupos de padrões que gerenciavam as organizações 3GPP (GSM, EDGE, UMTS, HSPA, LTE) e 3GPP2 (CDMA2000 1x RTT, CDMA2000 1xEV-DO, CDMA2000 1xEV-DV, UMB), aparte do WiMax com menos possibilidades. Todas elas sendo consideradas pela UIT. Nessa data a notícia inesperada da Verizon Wireless nos EUA de abandonar a linha 3GPP2 em quanto a implementar a LTE em lugar da UMB em 2009, nas novas bandas que comprou em 700 MHz, definiu o predomínio da tecnologia LTE em relação à UMB do 3GPP2 e um aceleração da implementação mundial da LTE quando ainda era considerada a possibilidade de que não haveria terminais até 2010. Hoje a LTE é o padrão de fato para as tecnologias 4G e a base da evolução para a 5G.

Na implementação do IPv6, foram os grandes jogadores de conteúdos como o Google, Akamai, Facebook e outros destacados que fizeram. Não obstante, não alcançou para propiciar a implementação nas redes de acesso devido à escassez de percepção por parte dos usuários, e a falta de uso publicitário por parte dos poucos ISP que implementaram o IPv6.

Entende-se que se os grandes provedores de cada país começarem a implementação do IPv6 em suas redes de acesso, devido às vantagens inerentes a essa tecnologia, irão gerar um efeito positivo para a implementação dos outros provedores. Esse é um efeito a nível de cada país. Por isto é importante que os operadores líderes em cada país comecem a implementar o IPv6, que além de melhorar a qualidade do serviço de acesso à Internet, melhora a equação econômica em termos de alto crescimento, para gerar o estímulo para a difusão do IPv6. Os governos poderiam favorecer essas ações com estímulos fiscais por prazos ou montantes predefinidos, por exemplo, através da isenção de impostos para a importação de equipamentos compatíveis com o IPv6 durante um período de vários anos, ou da dedução fiscal para investimentos realizados em equipamentos IPv6.

Também os usuários governamentais, como parte de uma política de implementação do IPv6 a nível nacional, podem impulsionar a divulgação exigindo a condição da compatibilidade IPv6 em suas compras de equipamentos e sistemas, e inclusive que os provedores de acesso permitam operar no IPv6 em forma nativa. A este respeito, os governos desempenham um papel importante na difusão.

Igualmente as ações de capacitação continuam sendo tão importantes quanto as ações sobre as instituições governamentais.

### 5.1.4 Melhorias na experiência do usuário.

Manter uma rede usando o protocolo IPv4, que ainda

é uma opção tecnicamente operativa, implica uma adição progressiva de inconvenientes para os usuários, entre eles a incapacidade de abrir todos os aplicativos simultâneos desejados por falta de portas com o mesmo endereço, aumentar os atrasos, estar sujeito a maior incidência de erros, não dispor de endereços públicos para a rede interna que permita aplicativos e que favoreça o desenvolvimento da Internet das Coisas, etc.

### 5.1.5 Ações governamentais.

Na situação de múltiplos agentes interagindo com estímulos às vezes contraditórios a respeito de quando implementar o IPv6, as ações governamentais desempenham um forte papel na definição, principalmente influenciando no momento adequado para a implementação.

**Em princípio, são observadas as seguintes ações governamentais:**

1. Implementar IPv6 nas instituições governamentais, educacionais públicas, de pesquisa e outras, procurando uma maior uniformidade. Por seu tamanho, essas instituições podem funcionar como importantes estímulos para a implementação por parte dos provedores.
2. Isentar de impostos ou oferecer outro tipo de incentivos fiscais limitados no tempo para todos os investimentos que envolvam caminhos de migração para o IPv6.
3. Coordenar com os provedores de acesso e de equipamento as ações de homologação de equipamento compatível IPv6 a nível dos usuários.

### 5.1.6 Resumo dos drivers.

- 1.↑↑ Crescente escassez de endereços IPv4 e desvantagens com as técnicas iniciais de partilha de endereços.
- 2.↓ Os benefícios de migrar para o IPv6 são verdadeiros, mas incertos no tempo. Não há uma equação clara para a urgência.
- 3.↑↓ Baixos ou nulos efeitos de rede diretos e indiretos.
- 4.↑↑ Implementação do IPv6 nas redes de acesso dos principais provedores de cada país. Impulso através de isenções fiscais limitadas no tempo ou no montante.

5.↑↑ Implementação do IPv6 nas redes dos usuários governamentais através de lineamentos e políticas nas compras públicas.

6.↑↑ Melhorias na experiência do usuário quando usa IPv6 nativo.

7.↑↑ Homologação de equipamentos a nível de usuários.

### 5.2 Comentários gerais sobre os aspectos econômicos.

São analisados neste trabalho os diferentes aspectos sobre a transição para o IPv6, tecnologias, visão dos agentes, drivers, interação entre os agentes, estado da evolução nas diferentes etapas da cadeia de valor, vantagens e desvantagens, fatores envolvidos nas decisões, indicadores-chave de desenvolvimento e o indicador conglobado LACNIC/CAF ICAv6.

Nesta seção serão apresentados mais detalhes acerca dos aspectos econômicos envolvidos.

Como qualquer nova tecnologia nos estágios iniciais de sua implementação, é difícil ter informações certas, detalhadas e de várias fontes confiáveis sobre os custos e benefícios envolvidos. Um estudo detalhado significa conhecer não apenas o investimento inicial fixo e variável com o número de usuários e os custos de operação e manutenção, mas também os custos relativos à capacitação, contratação de serviços especiais, avanços na curva de aprendizado, impacto positivo e negativo sobre a procura, entre outros. Esses custos costumam ser importantes principalmente nas etapas iniciais porque dependem do tipo de organização, sua etapa de desenvolvimento, a existência ou não de pessoal capacitado e conhecimento na instituição e no mercado, suporte dos provedores, etc. Adicionalmente, muitos desses custos podem variar de acordo com as ações tomadas por outros agentes na cadeia de valor.

Esta situação, incluindo os procedimentos a seguir para tentar avaliar os aspectos econômicos, é reconhecida também em recentes documentos com o relatório aprovado pelo Comitê de Políticas da Economia Digital da OECD<sup>7</sup> em outubro de 2014. Este documento refere também, em várias ocasiões, às estimativas de custos realizadas por Lee Howard, Diretor de Tecnologias de Rede de Time Warner Cable dos EUA, quem também deixa constância expressa das dificuldades em estimar custos nas implementações do CGNAT e IPv6.

7- OECD (2014), "The Economics of Transition to Internet Protocol version 6 (IPv6)", OECD Digital Economy Papers, No. 244, OECD Publishing.

Neste documento, como descrito mais adiante, o consultor avança neste trabalho de avaliação econômica de alternativas elaborando um modelo que inclui os principais custos e os procedimentos de avaliação incluindo uma visão prospectiva e do efeito do tempo através da Taxa de Oportunidade do Capital. Não se procura determinar a rentabilidade devido à forma limitada em que a renda pode mudar. Entende-se que o que importa na hora da decisão sobre a implementação do IPv6 e sua oportunidade, é determinar somente a alternativa que produz menos custos com base no Valor Presente Líquido, dessa forma o modelo opera. Em relação aos custos usados, os mesmos foram parametrizados para que cada usuário do modelo possa ajustá-los a sua situação, que é variável segundo o acima citado. Igualmente os valores incluídos no modelo inicialmente surgem de múltiplas fontes e entrevistas realizadas.

Por exemplo, o documento da OECD afirma o seguinte na sua seção “Visão geral dos benefícios e custos para diferentes agentes dentro da plataforma”:

“Um tema comum desta seção é a dificuldade de obtenção de dados sólidos para cada ator sobre os custos e benefícios da implementação. Ao invés de fornecer essas estimativas, o trabalho tem como objetivo descrever aqui alguns fatores institucionais que influenciam nos custos e benefícios da implementação (e, portanto, através do modelo probit, informar sobre o entendimento das decisões de adoção) para diferentes agentes na plataforma”.

Em relação aos provedores de acesso (ISP), afirma o seguinte:

“A rentabilidade da adoção do IPv6 comparada com outras alternativas foi pesquisada provavelmente mais extensivamente para os operadores de rede que para outros grupos na plataforma (por exemplo, Howard 2013; Chandler 2012, 2013). No entanto, ainda é muito difícil de se obter dados fiáveis. Como é comum em qualquer implementação de tecnologias da informação, a rentabilidade da adoção de novas tecnologias é muito incerta da adoção. Esse é o dado particular do IPv6, em que a rentabilidade depende de maneira muito complicada nas decisões dos outros agentes no ecossistema. ... Ainda mais, tal como indicado acima, há um amplo espectro de abordagens para implementar o IPv6, e os custos e benefícios das diferentes estratégias de implementação dependem muito significativamente dos investimentos em infraestruturas legadas. Portanto, é muito difícil a estimativa ex ante dos custos de implementação em uma situação particular”.

### 5.3 Histórico de avaliação de alternativas.

Nesta seção são apresentados os resultados do trabalho de levantamento de informações de Lee Howard<sup>8</sup>, que mesmo advertindo ele mesmo da falta de

precisão nos dados que lhe foram fornecidos, faz uma avaliação simples de diferentes alternativas em relação ao esgotamento dos endereços IPv4, e inclui os custos dos provedores de conteúdo.

De qualquer forma é um importante precedente que significa uma primeira tentativa de quantificar os custos das alternativas em face à escassez de endereços IPv4, e fixar a atenção sobre os principais fatores a serem considerados na hora da tomada de decisões.

Mesmo que os resultados apresentados não sejam precisos, dão uma ideia inicial do impacto dos custos particulares sobre os custos totais. Claro que um custeio com a finalidade de tomar decisões deve considerar muitos outros fatores já analisados, bem como o efeito do tempo e do custo de oportunidade do capital.

Na descrição do modelo desenvolvido pelo consultor são validados alguns custos importantes como os do CGNAT ou os CPE, a partir das reuniões mantidas com os ISP, e avança-se com um modelo que leva em conta o valor presente das ações futuras.

#### 5.3.1 Implementação do CGNAT.

O uso dos CGNAT aparece como necessário em várias situações de transição para o IPv6, ou quando o operador resolver manter sua rede operando no IPv4. Uma alternativa é comprar endereços IPv4, o que resulta adequado em algumas situações, inclusive em conjunto com a implementação do CGNAT.

Esta seção apresenta essa análise simples<sup>9</sup> mas adequada às dificuldades da extração de informações de casos reais, que podem servir de referência para avaliar a decisão a ser tomada, em termos de conhecer o custo de implementar o CGNAT e comprar endereços IPv4. A ideia dessa análise é dar uma primeira aproximação ao estudo econômico da migração através do CGNAT.

8- <https://www.youtube.com/watch?v=iHIQ55cR-w> no LACNIC 21. Maio de 2014

9- Lee Howard. Internet Access Pricing in a Post-IPv4 Runout World. Time Warner Cable

A análise está baseada em um módulo de 10.000 usuários iniciais que são estudados para conhecer os custos.

Em primeiro lugar analisa os efeitos indesejáveis da introdução do CGNAT em termos de falhas e reclamações relativos a aplicativos. Considera quatro grupos principais que no momento de fazer o estudo apresentavam problemas nos bancos de testes do CGNAT. Em relação ao PS3, este apresenta problemas com o CGNAT, e inclusive estão sendo reportados problemas de usar PS4 com muitos jogos multijogadores se não puder ser acessado através do IPv4 público. Em relação ao P2P como uma regra básica é comum que aconteça que os “downloaders (leeches)” sejam ao mesmo tempo “Uploaders (seeders)”, pelo menos em uma relação aceitável, se o equipamento do cliente estiver atrás de um NAT, não é visível desde a Internet e vai ter problemas com o funcionamento do P2P. Com Netflix, quando vários clientes que usam o mesmo

IPv4 baixam vídeos, acontecem alguns problemas. Analisando essa situação se faz uma estimativa das ligações ao centro de atendimento e de clientes que se desconectam por causa desses problemas. Os clientes potenciais cada 10.000 clientes do provedor surgem de estatísticas de vendas de equipamentos e serviços. Os efeitos negativos do CGNAT sobre os custos nos países da região são sensivelmente menores que os analisados neste caso, tanto nas percentagens de incidências quanto nos ARPU, pelo que no modelo desenvolvido pelo consultor foram introduzidos valores iniciais adequados à região resultando em menores custos da alternativa do CGNAT.

A seguir, um resumo da % de falhas de qualidade dos aplicativos por causa dos CGNAT, chamadas para o centro de atendimento e desconexões para as premissas realizadas.

Uso	Número de usuários potenciais sem vendas	Porcentagem afetado	Número de afetados	% de reclamações à Central de Atendimento	Número de chamadas à Central de Atendimento	% que cancela o serviço	Número de usuários perdidos
PS3	1100	50%	550	25%	137	25%	137,5
P2P	1500	80%	1200	25%	300	25%	300
Netflix	1200	5%	60	25%	15	25%	15
Misc.	800	100%	800	25%	200	25%	200
	4.600		2.610		652		652,5

Em relação ao custo do CGNAT por cada 10.000 clientes, os custos das ligações e a perda de clientes do provedor estimam-se em:

<b>Custo do CGNAT.</b>	<b>\$70.000</b>
<b>Custo dos sistemas de registro</b>	<b>\$10.000</b>
<b>Desenvolvimento de software</b>	<b>\$10.000</b>
<b>CAPEX total do CGNAT.</b>	<b>\$90.000</b>
<b>OPEX anual: espaço, potência, acondicionamento, pessoal, etc.</b>	<b>\$10.000</b>
<b>OPEX por única vez por 652 ligações a \$20 cada uma</b>	<b>\$13.040</b>
<b>Ingressos perdidos para um ARPU anual de \$400 e 652 clientes pedidos</b>	<b>\$ 260.800</b>

A tabela a seguir resume os principais itens de custos sem considerar o efeito do tempo nem o custo do capital.

Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	
\$18.000	\$18.000	\$18.000	\$18.000	\$18.000	CAPEX (depreciação)
\$10.000	\$10.000	\$10.000	\$10.000	\$10.000	OPEX
\$13.040	0	0	0	0	Suporte ao cliente
\$261.000	\$261.000	\$261.000	\$261.000	\$261.000	Perda de renda
\$302.040	\$289.000	\$289.000	\$289.000	\$289.000	Totais anuais
				TOTAL	\$1.458.040

Portanto o custo da implementação do CGNAT por cliente e por ano, para 10.000 clientes é \$29.

### 5.3.2 Custo estimativo do Dual Stack.

Para a análise dos custos de implementar o IPv6 e estabelecer uma rede Dual Stack, bem como dos custos operacionais, Lee Howard consultou um importante número de especialistas, alguns editores de documentos de IETF, executivos de empresas, etc., acerca do custo de implementar o IPv6. Realizou as estimativas para três grupos: provedores de conteúdo, provedores de acesso (ISP) e eletrônica de consumo.

Entende-se que esses custos são máximos (assim foram estimados) para Dual Stack, e também podem ser reduzidos: 1. começando a implementação do IPv6 rapidamente para diluir no tempo os custos da implementação inicial, e 2. ir eliminando o IPv4 tão rápido quanto possível, e que sejam suportados pelos clientes, para reduzir o custo de suportar dois protocolos.

#### Custo da implementação do Dual Stack

A respeito dos provedores de conteúdo, centro de dados e hosting, Lee Howard não obteve informações precisas mas sim % das receitas, ou valores semelhantes. A partir daí, ele realizou estimativas da receita anual média por usuário (\$ 40) e obteve os valores observados na tabela a seguir para os custos de implementação (\$1 + \$6). Encontram-se separados os custos por usuário para o desenvolvimento dos aplicativos e para os sistemas de monitoramento e segurança.

Quanto aos ISP o custo maior é o dos CPE, uma vez que envolve ir à casa do cliente, além de fornecer o equipamento. Em suas consultas com ISP obteve valores de \$30 a \$90, pelo que pressupõe um custo de \$50 por CPE substituído. Além disso, supõe que, devido a que os CPE, em uma grande proporção, foram recentemente

fabricados, apenas 50% deveria ser substituído. Refere-se neste caso aos provedores de acesso fixos no HFC.

Deve-se notar que na região de LACNIC isso não acontece, de modo que a % de substituição será sensivelmente maior e, em geral cerca de 100%. Além disso, é diferente a situação dos provedores de acesso fixos dos móveis e dos que usam redes híbridas de fibra e cabo (HFC). Quanto aos móveis, já foram vistas as alternativas e a situação particular em relação à forma de realizar a transição, em um ambiente em que o cliente é quem acaba comprando o terminal. No que respeita aos HFC, a situação é mais complexa, uma vez que certamente devem substituir o modem a cabo, o sistema central de modems CMTS e o sistema de gestão. Quanto aos custos dos CPE foram determinados valores menores durante as entrevistas, aos que foi feita a média e incluídos como valores iniciais no modelo desenvolvido neste trabalho.

Adicionalmente a esse custo, é preciso por uma única vez adicionar o custo da capacitação com uma taxa de \$150 (2 - 3 horas) por pessoa de suporte do NOC, para dar suporte a 1.000 clientes. Quer dizer \$ 0,15 por cliente.

Finalmente, em relação aos custos de implementar o IPv6 nos equipamentos de consumo, sua estimativa de número de pessoas - ano para que por exemplo 1.000.000 de telefones suportem IPv6, dá um custo de \$0,30 por equipe.

O custo inicial da implementação é o seguinte:

Operadores de conteúdo, hosting e centro de dados	Sistemas de supervisão e segurança	\$1 por usuário
	Desenvolvimento de aplicativos	\$6 por usuário
ISP	Capacitação no NOC	\$0,15 por cliente
	CPE	\$25 por cliente
Eletrônica de consumo.	Trabalho de desenvolvimento	\$0,30 por dispositivo

#### Custo recorrente da operação do Dual Stack.

Analisando os casos dos provedores de conteúdo, hosting e centros de dados conclui-se o seguinte:

Para a implementação o custo do desenvolvimento de aplicativos é de \$6 já que é uma percentagem de 10 - 30% do custo de R&D das empresas segundo as informações disponíveis. Para o custo recorrente de Desenvolvimento admite as mesmas percentagens e valores atingindo \$6 por ano e por usuário (PAPU). Para o caso particular do hosting esse valor é muito menor devido a que esses operadores não requerem desenvolvimento de aplicativos, mas apenas o necessário para que o hosting funcione corretamente. Respeito ao custo de Operação assume que o IPv6 aumenta somente entre 1 e 5% a parte do custo de Operação e Manutenção que pode ser afetada pelo IPv6, que por sua vez estima que é 20% do OPEX total, o que é lógico se considerarmos apenas os custos marginais, pelo que o PAPU atinge \$0,08.

Em relação aos provedores de acesso entende que tem os seguintes custos anuais:

1. Custos de engenharia de rede, incluindo testes de roteadores e outros equipamentos a serem implementados. Estima um custo extra de 10% de esforço de teste relacionado com o IPv6 nos equipamentos antes de sua implementação. Além disso, estima um aumento de 5% no OPEX devido à Engenharia de Rede. O total seria de \$6,40 PAPU.
2. Os custos de operação são muito baixos e estão relacionados ao suporte através de ligações e outras opções. Estima \$0,25 - \$1,27 PAPU.

Custos totais da implementação do Dual Stack.

O resumo dos custos anteriores é o seguinte:

	Custos de implementação	Custos operacionais recorrentes
Provedores de conteúdo, hosting e centro de dados	\$7 por usuário	\$ 6,08 por ano e por usuário
Provedores de acesso (ISP)	\$ 25,15 por cliente	\$ 7,50 por ano e por cliente
Eletrônica de consumo.	\$0,30 por dispositivo	\$0 por dispositivo



### 5.3.3 Custo dos endereços IPv4.

Uma alternativa, também não definitiva, é comprar endereços IPv4 para ir suportando o crescimento de clientes. Nesta seção é analisado o custo que isso implica.

A tabela a seguir resume os custos para cada endereço IPv4, classificados pelo tipo. Os valores mais precisos são os dos Tipos 0 e 1. O tipo vai depender de como o endereço é usado antes de sua venda.

Tipos	Características do endereço	Custo por endereço	Disponibilidade até maio de 2014
Tipo 0	Espaço disponível nos RIR	\$0,03 - \$4	74.000.000 (LACNIC, ARIN e AFRINIC)
Tipo 1	Não usados. Blocos grandes apenas usados ou blocos nunca usados.	\$9 - \$12	480.000.000
Tipo 2	Subutilizadas. Implica redesignação interna agrupando endereços.	\$10 - \$16	520.000.000
Tipo 3	Substituíveis	> \$ 100	Todos os endereços

De acordo com a procura esperada se atinge esta situação.

	2015	2016	2017
Procura estimada.	310 M	330 M	350 M
Oferta. Não usados.	100 M	0	0
Oferta. Subutilizadas	520 M	290 M	0
Custo	\$9 - \$16	\$16 - \$20	\$ ¿?

### 5.4 Resumo dos custos<sup>10</sup>.

1. CGNAT: \$ 29 por cliente e por ano.

2. Dual Stack:

a. ISP: \$ 12,50 por cliente e por ano (\$ 25 em 5 anos e \$ 7,50 de operação por ano).

b. Provedores de conteúdo: \$ 7,48 por usuário e por ano (\$ 7 em 5 anos e \$ 6,08 de operação).

3. Compra de endereços IPv4: Pelo menos \$ 9 – 20 por cada novo cliente, pelo menos até 2017. Depois, os custos por endereço poderiam continuar aumentando.

10- Foram realizados ajustes para incluir todos os custos.

## 6. MODELO ECONÔMICO DE COMPARAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE TRANSIÇÃO.

Nesta sessão é apresentado o modelo econômico de alternativas, desenhado principal, mas não exclusivamente para ISP fixos, que permite avaliar os custos incrementais de três soluções básicas para enfrentar a escassez de endereços IPv4. O objetivo é fornecer uma quantificação dos custos incorridos quando se opta por cada alternativa avaliada, levando em conta todos os fatores incrementais e o efeito do tempo e da taxa de oportunidade do capital.

Não inclui a análise de receitas e custos, despesas e investimentos que não sejam incrementais com a implementação do protocolo IPv6 ou as soluções para suportar a escassez de endereços IPv4.

É possível usar o modelo para um ISP móvel, ou de uma rede fixa HFC, ajustando os custos principais de acordo com a sua rede e a técnica utilizada.

O modelo está altamente parametrizado de modo de permitir sua adaptação a diferentes situações. Por exemplo, permite mudar o número de clientes, as taxas de crescimento, a estratégia de implementação do CPE, variações futuras de preços, entre outros.

O mecanismo básico de comparação de alternativas é através do cálculo do Valor Presente Líquido (VPN) do fluxo de custos, despesas, perda de receitas e investimentos com uma Taxa de Oportunidade do Capital parametrizada. Desta forma pode ser comparado de forma simples o impacto econômico futuro da tomada de decisões de cada alternativa a ser adotada.

### 6.1 Alternativas.

Foram adotadas as três alternativas seguintes que são entendidas como básicas para a tomada de decisão desde o ponto de vista econômico, e para considerar sua aplicação a partir do momento em que os endereços IPv4 do ISP estejam esgotados.

Enquanto o ISP tiver endereços IPv4 suficientes para o seu crescimento pode optar por não iniciar qualquer uma dessas ações até que não se lhe esgotem. Em qualquer caso as melhores práticas apontam a que é conveniente não apenas preparar-se com antecedência para o esgotamento, mas também iniciar a transição no core, a alocação e outras áreas nas que a diferença de custos entre a substituição de equipamentos ou software por só IPv4 ou por Dual Stack não é importante. Análises mais detalhadas sobre as ações dos ISP e as melhores práticas são observadas em outras sessões do presente documento.

Além disso, há operadores que já estão começando a se preocupar pelo fato de que comecem a aparecer sites que sejam só IPv6.

**1. Alternativa 1.** Implementar uma técnica de transição para o IPv6, procurando ao mesmo tempo a compatibilidade com aplicativos e servidores que só suportam o IPv4. Usa-se a técnica de Dual Stack com CGNAT, que é a mais usada na região, embora o modelo sirva para outras técnicas. Dessa forma a rede opera no IPv6 em todos os conteúdos e aplicativos que suportam esse protocolo, e o IPv4 é usado onde for necessário. Essa alternativa não requer um aumento no número de endereços IPv4, e a partilha opera da mesma forma que para a alternativa de usar somente CGNAT44. No entanto, não tem os mesmos efeitos negativos que a técnica baseada somente no CGNAT44 já que um menor número de aplicativos dos usuários vai usar endereços compartilhados. Como já vimos neste trabalho, todos os aplicativos que podem ser executados no IPv6 e aqueles que não operam atrás do CGNAT, irão pela rota IPv6 nativa, e por outro lado haverá menos uso de portas por usuário e endereço compartilhado, pelo que também não é reduzido o efeito sobre os aplicativos por causa das limitações no número de portas abertas simultaneamente.

**2. Alternativa 2.** Implementar a técnica de CGNAT44, ou continuar implementando-a, e compartilhar endereços IPv4 a nível do prestador de serviços. Neste caso não é implementado o IPv6 na rede. Tanto a rede do provedor quanto os clientes são mantidos com equipamento só IPv4. Nesta alternativa aparecem custos e perdas derivadas dos problemas de operação atrás do CGNAT e da limitação no número de portas permitidas por endereços IPv4.

**3. Alternativa 3.** Comprar endereços IPv4 para suportar o crescimento do número de clientes sem partilhar endereços. Essa pode ser uma alternativa válida para os casos em que exista um baixo crescimento e representa a posição de “sentar-se e esperar”. Como já foi indicado, também existe o inconveniente de que, como na alternativa anterior, comecem a ser implementados serviços prestados sobre a Internet que sejam só IPv6, com o que as duas alternativas poderiam gerar futuros problemas sem solução.

### 6.2 Descrição do modelo.

Esse modelo econômico necessário para a tomada de decisões é simples e direto em sua estrutura conceitual. As dificuldades determinantes do número

de resultados decorrentes do modelo dependem, como sempre, da solidez dos dados de base e da análise técnica e comercial dos drivers e outros fatores que tenham incidência nele. O modelo apresentado já tem os elementos básicos da análise completa e detalhada.

Descrevem-se os principais aspectos gerais e de cada alternativa.

### 6.2.1 Aspectos gerais.

São considerados os seguintes parâmetros e pressupostos gerais:

1. O período de avaliação é de 5 anos, o que é considerado suficiente já que a evolução da implementação do IPv6 pode produzir grandes mudanças em poucos anos. É muito provável que nesse prazo, por exemplo, comecem a aparecer sites que sejam só IPv6.

2. Para os efeitos da substituição dos CPE, o modelo apresenta duas facilidades:

a. Para a migração dos CPE para o CPE Dual Stack, que é a alternativa 1, o modelo considera o investimento necessário na substituição por obsolescência do CPE só IPv4 pelo Dual Stack, bem como o investimento correspondente ao atendimento dos novos clientes com o CPE Dual Stack. Para a substituição dos CPE IPv4 o modelo permite estabelecer livremente os anos durante os quais se quer fazer a substituição desde o primeiro ano. Aceita anos inteiros ou frações.

b. Para a substituição dos CPE IPv4 por outros IPv4, que é a alternativa 2 de só CGNAT, a vida útil pode ser alterada de 5 anos em diante.

3. Para os custos dos CPE o modelo permite carregar os valores dos CPE IPv4 e dos Dual Stack no ano 1, e também permite estabelecer a queda estimada anual dos preços dos CPE, bem como a queda da diferença de preços entre os dois tipos de CPE até 20% (cinco anos para a equiparação de preços).

4. A saída principal é o VPN (Valor Presente Líquido) do fluxo de investimentos e custos e despesas e perdas incrementais para cada alternativa.

5. Para as alternativas 2 e 3 pode haver investimentos já realizados com capacidade residual para atender ao crescimento dos clientes. Estas são consideradas no modelo na linha "Idem, mas já atendidas com endereços IPv4, e CGNAT com a quantidade de sessões de desenho".

6. Não estão incluídos no modelo os investimentos no core e na rede de distribuição porque eles são praticamente iguais para só IPv4 que para Dual Stack,

e o modelo determina apenas os custos incrementais que são os que permitem definir qual alternativa seguir. Ou seja, que incluir esses investimentos no modelo não altera a posição relativa das alternativas em relação ao VPN que calcula o modelo.

7. Não são considerados os investimentos já realizados no CPE Dual Stack devido a que nesse caso a decisão de migrar para o IPv6 já teria sido tomada e, portanto, o uso do modelo seria irrelevante.

8. As folhas II e III de dados básicos e dados de custos permitem modificar e adicionar ou desagregar conceitos para depois levá-los em conta no cálculo final.

9. Chamam-se clientes aquelas pessoas conectadas diretamente (CPE) à rede do provedor.

10. Chamam-se usuários aquelas pessoas conectadas ao provedor através dos CPE.

11. Ao considerar o número total de clientes atendidos com CGNAT no instante inicial são considerados os casos das alternativas 1 e 2, já que se entende que é avaliado se seguir só com o CGNAT ou se começar a implementar o IPv6 mantendo o uso do CGNAT. Em ambos os casos, se já existe capacidade de CGNAT é deduzida dos requisitos de crescimento do NAT.

12. Considera-se que a % de redução do uso de sessões nos CGNAT, quando for usado simultaneamente o IPv6, é igual ao complemento do indicador CONT (% de sites acessíveis no IPv6). Até 18 de novembro a média da região LACNIC do indicador CONT é 50,77%, pelo que se considera que o uso do IPv6 reduz o requisito mínimo de sessões para 49,23% das necessárias se é usado só CGNAT. Este valor é um parâmetro que pode ser modificado no modelo.

13. A redução de sessões dos CGNAT, ao introduzir IPv6, aplica-se apenas aos clientes que têm IPv6. Portanto, o número de sessões que é necessário ter disponível a cada ano é igual à soma do número de sessões (reduzidas pelo tráfego que vá pelo IPv6) para os clientes Dual Stack e o número de sessões de aqueles que ainda são só IPv4 com CGNAT, quer dizer, o número total de clientes menos os que já têm Dual Stack. No "Mínimo número total incremental de sessões de desenho do CGNAT" do modelo, é subtraído do número de sessões de cada ano, aquelas que estavam instaladas para atender os clientes que usavam CGNAT no instante 0, aos efeitos de calcular depois diretamente os investimentos incrementais necessários.

14. Observa-se que em certas condições dos parâmetros de entrada em um ano podem ser necessárias menos sessões que no ano anterior, pelo que não se precisam

fazer mais investimentos no CGNAT. Nesse caso na Folha de “Fluxos de Ativos e Despesas” o investimento incremental no CGNAT será 0.

**15.** De acordo com o analisado na seção “Uso de NAT” sobre o efeito de reduzir as sessões sobre a qualidade do serviço, no painel de controle é realizado um pressuposto de um número mínimo de 1.000 sessões por usuário. Ao mesmo tempo, assume-se que 30% estão ativos na hora de ponta e que há uma média de 3 usuários por CPE. Esses valores estão parametrizados no modelo.

**16.** Quanto ao custo do CGNAT, foi carregado no modelo o pressuposto de custos que derivam de pelo menos quatro fontes independentes, com as que foram realizadas as entrevistas. Os custos do CGNAT são carregados no modelo em proporção ao número de sessões requeridas. Na realidade as compras são modulares, portanto, para obter valores mais exatos é necessário usar na carga de custos a modalidade que corresponder com cada caso. Usa-se uma capacidade referencial de 10.000.000 sessões somente para normalizar o custo por sessão. O custo total para 10.000.000 surge de diferentes configurações para diferentes capacidades que foram analisadas durante as entrevistas.

**17.** Quanto à substituição dos CPE pelo Dual Stack considera-se que cada ano substitui por obsolescência um fluxo estável igual ao número total de CPE no ano 1 dividido pela vida útil, ou pelo prazo que o ISP estabelecer para a substituição total em anos e fração. Ao mesmo tempo é adicionado o número de CPE Dual Stack igual ao número de clientes novos do ano.

**18.** No custo do equipamento está incluído o planejamento, desenho de rede, instalação e outros custos incorridos.

**19.** Em casos de desconexão e reclamações como resultado de problemas nos aplicativos devido ao CGNAT44, considera-se que as causas de reclamação e desconexão são disjuntas. Quer dizer que não há clientes que estejam desconformes com mais de um aplicativo simultaneamente. Também não é incluído o efeito que resulta quando os ISP fornecem um endereço público fora do CGNAT para clientes desconformes pelos efeitos do estar usando endereços compartilhados. O usuário do modelo sempre pode mudar os parâmetros de incidência do CGNAT sobre os aplicativos levando em conta estas ações na Tabela “I.3 Aplicativos e impacto de partilha de endereços na alternativa CGNAT sem transição para o IPv6.”

**20.** A percentagem do número de ligações de reclamação é aplicada somente sobre os clientes novos de cada ano.

**21.** A percentagem das perdas de clientes devidas à desconexões por qualidade de serviço é aplicada sobre o “Total de conexões potenciais líquidas acumuladas de clientes novos só CGNAT” uma vez que se assume que a perda do ARPU se espalha ao longo do tempo para aqueles que se desconectaram.

**22.** Não é incluído o “churn” porque se pretende quantificar apenas o efeito do esgotamento de endereços IPv4 e das alternativas utilizadas.

**23.** Quando é implementado o IPv6 não é considerado o efeito negativo do CGNAT sobre os aplicativos, dando origem a custos adicionais por duas razões:

a. Se um cliente tiver problemas porque ainda tem um endereço IPv4 privado, o ISP pode instalar um CPE Dual Stack com o qual os aplicativos que sofrem os efeitos negativos vão para de usar o CGNAT. Supõe-se aqui que o ISP tem a sua rede de distribuição Dual Stack na área do cliente e, portanto, pode instalar esse CPE.

b. Quando o cliente tem Dual Stack o uso do CGNAT é para aplicativos que não apresentam problemas com essa técnica, de modo que o efeito sobre o serviço é insignificante.

**24.** As despesas operativas da rede CGNAT44 presumem-se constantes até o ano 5, dada a natureza centralizada. Para redes muito grandes é conveniente avaliar este pressuposto.

**25.** O ARPU dos clientes presume-se constante no tempo.

**26.** Supõe-se que para a Alternativa 3 o prestador não deve comprar endereços no instante 0 porque já tem, mas somente nos anos seguintes. Supõe-se também que não gera estoque, mas que compra para atender a sua demanda.

**27.** São adotadas taxas de crescimento de preços dos endereços IPv4 supostas para os anos 3 a 5. A variação real pode ser maior ou menor da estimada, dependendo do aumento da escassez ou da saída ao mercado de endereços devido à transição para o IPv6.

**28.** Não é considerado no modelo a renda pela venda de endereços IPv4 na medida em que aumenta o uso do IPv6 no caso da Alternativa 1.

## 6.2.2 Alternativa 1.

Esta seção considera o caso de um provedor que toma a decisão de começar a implementação da transição sobre a base de Dual Stack. Como é um modelo para a tomada de decisões sobre alternativas, considera que não existe nenhuma implementação no momento. Se já houver implementação, o modelo não é de interesse porque já foi tomada a decisão. Por esta razão, o modelo leva em conta todos os clientes atuais e as taxas de crescimento esperadas.

## 6.2.3 Alternativa 2.

Nesta alternativa são consideradas as duas opções no modelo: que o provedor já implementou o CGNAT e vai continuar implementando, com ou sem capacidade residual de CGNAT, e que está tomando a decisão de iniciar a implementação, na falta de estoque de endereços IPv4.

### Painel de Controle

#### I.1 VPN dos custos das alternativas

	Valor Presente Líquido
Alternativa 1, de transição com Dual Stack e CGNAT inc. CPE	\$4.910.952,82
Alternativa 1, de transição com Dual Stack e CGNAT não inc. CPE	\$2.312.338,22
Alternativa 2, de uso de CGNAT sem implementar IPv6	\$6.192.207,28
Alternativa 3, de compra de endereços IPv4 sem NAT nem IPv6	\$4.077.689,49

#### I.2 Parâmetros Principais

Taxa de Oportunidade do Capital	12%
Vida útil dos CPE Dual Stack ou prazo para a substituição do CPE IPv4 por Dual Stack	5,0
Vida útil dos CPE só IPv4. Alternativa 2.	5,0
Número total de clientes residenciais atuais	100.000
Idem mas já atendidos no IPv4 (CGNAT ou endereços IPv4 individuais)	50.000
Taxa anual de crescimento de clientes	15%
Capacidade operacional do CGNAT – sessões simultâneas – módulo de cálculo	10.000.000
Numero máximo médio de sessões por usuário sem Dual Stack	1.000
Número mínimo de sessões de desenho do CGNAT por usuário sem Dual Stack, por qualidade	1.000
% de sessões no IPv4 para usuarios com Dual Stack (Indicador CONT)	4,92%
Número mínimo de sessões de desenho do CGNAT por usuário com Dual Stack, por qualidade	492
% de usuários conectados simultaneamente	30%
Média de usuários por cliente	3
Queda anual de preços do CPE só IPv4	10%
Queda anual na diferença de preços do CPE Dual Stack contra só IPv4 - 0 em 5 anos	20%
ARPU anual por cliente suposto constante	\$240,00

## 6.2.4 Alternativa 3.

Neste caso considera-se que o provedor compra os endereços IPv4 na medida em que vai precisando por seu crescimento. Não é considerada a alternativa de que tenha endereços em estoque.

## 6.2.5 Conclusões.

O modelo apresenta o quadro final no Painel de Controle, que inclui também o quadro dos principais parâmetros físicos. Os dois quadros são mostrados na figura abaixo.

Os parâmetros, investimentos, despesas e custos podem ser modificados no modelo. Mesmo que os resultados para as diferentes alternativas variam de acordo com os dados de entrada escolhidos, pode se observar que em geral a alternativa de implementar IPv6 com CGNAT, inclusive quando o ISP assumir todo o investimento no CPE, é uma boa opção desde o ponto de vista econômico.

Se, além disso, acrescenta-se que é a única em que os investimentos irão sobreviver quando o uso do IPv4 tenda a desaparecer, acaba por ser, de acordo com o consultor, a melhor alternativa a ser desenvolvida.

## 7. DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE SITUAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO IPV6 NA REGIÃO DE LACNIC. INDICADORES QUANTITATIVOS.

### 7.1 Indicadores-chave do Desempenho da implementação IPv6 (KPI).

Depois de ter analisado o comportamento da implementação do IPv6 nas diferentes etapas da cadeia de valor, bem como as informações publicadas pelos diferentes atores principais, observa-se que devido ao caráter desconcentrado da Internet não é possível obter uma métrica única altamente correlacionada com a implementação. Assim, para quantificar a implementação do IPv6, a posição adotada neste caso é através de métricas que quantificam a implementação em várias etapas da cadeia de valor.

Além de usar essas métricas individuais para focar em cada etapa, é desenvolvido um Indicador-chave do Desempenho para o IPv6 que permite fazer uma comparação rápida entre países.

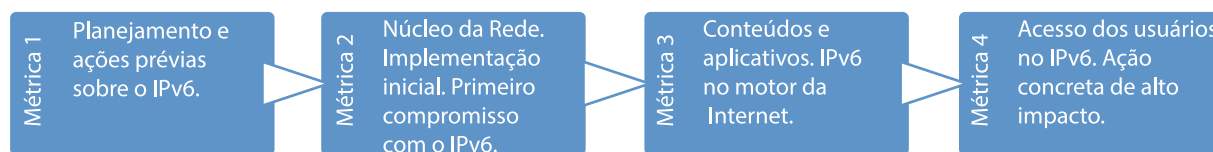
do IPv6, e portanto deve ser especialmente considerado nos países da região LACNIC.

Adicionalmente são apresentados os indicadores parciais de cada etapa da cadeia de valor para poder apreciar os diferentes avanços.

#### 7.1.1 Indicador-chave do Desempenho para o IPv6 de LACNIC (LACNIC/CAF ICAv6) e indicadores para cada etapa da cadeia de valor.

A fórmula adotada para o Indicador-chave do Desempenho para uma rede só IPv6 é a seguinte.

$$\frac{LACNIC}{CAF} ICAv6 \% = 0,3 * (0,1 * PACTO + 0,9 * ASTRAN) + 0,7 * \sqrt{CONT * USUARIOS}$$



Nesse sentido, mesmo que existam métricas publicadas em diversas fontes, a Cisco apresenta um conjunto completo de indicadores nestas quatro etapas, com uma extensa explicação dos procedimentos de cálculo de cada um deles. Estes indicadores foram analisados de forma exaustiva e são considerados, de acordo com o consultor, os mais aproximados pelo momento, e devidamente justificados, para representar a evolução da implementação em cada etapa da cadeia de valor. Por isso são aceitos como fontes secundárias dos indicadores do desenvolvimento destas etapas principais nos países da região.

#### Para a região LACNIC

É desenvolvido um Indicador-chave do Desempenho para o IPv6 que reflete uma melhor ponderação da situação atual, estando a maioria dos países principalmente na etapa de planejamento. Para este indicador LACNIC (LACNIC/CAF ICAv6), são usados indicadores parciais que dão peso ao planejamento e às ações iniciais no processo de implementação do IPv6.

Quanto às ações prévias, o peso é dado aos AS de tráfego que têm prefixo IPv6, tomando-o como indicador de que está no caminho do desenvolvimento

Os indicadores compostos utilizados nesta fórmula são listados a seguir. São também os indicadores que serão usados na comparação entre países por fases da cadeia de valor.

PACTO: % de prefixos IPv6 atribuídos com tráfego observado, em relação ao total atribuído. É um indicador de que no país não apenas foram solicitados e atribuídos prefixos IPv6, mas também que alguns deles já têm tráfego observável. Ele tem pouco peso considerando que é dependente da eficiência com que tenha sido trabalhado o pedido de prefixos: pode ter sido pedido muito espaço IPv6 e usado pouco, mas, ao mesmo tempo, pode ser usado o mesmo e ter pedido menos. Embora em ambos os casos o uso seja o mesmo em termos de implementação, no primeiro caso o indicador é menor.

ASTRAN: AS com tráfego observado. A fim de levar em consideração os AS que fornecem tráfego IPv4 e que têm prefixo IPv6, além dos AS que fornecem tráfego IPv6, já que os primeiros mostram um caminho no andamento futuro do tráfego IPv6, a média usada como indicador de tráfego é a seguinte:

$$ASTRAN = 0,5 * (\% AS Tránsito IPv6 + \% AS Tránsito IPv4 con prefijo IPv6)$$

Sendo % AS Tráfego IPv6 = % ponderada do número de AS que são tráfego no IPv6 em relação ao número de AS que são tráfego no IPv4, e % AS Tráfego IPv4 com prefixo IPv6 = % ponderada de AS de tráfego no IPv4 que tem prefixo IPv6, em relação ao número de AS que são tráfego IPv4.

**CONT:** Para o indicador de conteúdo é usada a soma da % ponderada de sites acessíveis no IPv6 mais a % ponderada de domínios de teste no IPv6 (“embriões IPv6” segundo LACNIC). É um mecanismo para dar valor aos chamados “embriões IPv6” por LACNIC, que estão começando o caminho para a prestação de serviços no IPv6, muito útil para a região LACNIC.

**USUÁRIOS:** Para este indicador é usada a média da % de usuários potencialmente em condições de acessar no IPv6, entre os valores calculados pelo Google e os calculados por APNIC. São duas fontes que usam metodologias semelhantes, mas sobre universos não coincidentes.

#### Quanto aos ponderadores:

1. Os ponderadores 0,3 e 0,7 são usados para dar maior peso aos indicadores CONT e USUÁRIOS que em definitiva são os que mostram o resultado final do uso do IPv6. É usado o produto de  $CONT * USUÁRIOS$  já que é um valor fortemente correlacionado com o tráfego IPv6 potencial do país. É usada a média quadrática para conservar as dimensões no indicador.

2. Para o primeiro termo são usados os ponderadores 0,10 e 0,90 para dar certo peso ao uso dos prefixos IPv6 atribuídos. O baixo ponderador é devido a que a percentagem de prefixos atribuídos que mostram tráfego não é um forte indicador de implementação, embora tenha certo valor a considerar.

3. Para ASTRAN é dado o mesmo peso, usando a média, tanto aos AS que já fazem tráfego IPv6 quanto aos que estão no caminho de dar esse tráfego, desde que estes últimos já são AS de tráfego e têm prefixos IPv6.

4. Para CONT são somadas as duas % aos efeitos de colocar em condições de igualdade aos sites que fornecem serviços no IPv6 que àqueles que já estão fazendo testes para fornecê-los (“embriões IPv6”).

5. Finalmente para os USUÁRIOS é usada a média das duas fontes: o Google e APNIC, para levar em conta os dois universos nos que trabalha cada metodologia e eliminar possíveis vieses.

## 7.1.2 Indicadores parciais das etapas da cadeia de valor da implementação do IPv6.

Os indicadores principais a serem considerados em termos de implementação do IPv6 para cada etapa da cadeia de valor são aqueles decorrentes de considerações técnicas e operacionais, que sejam possíveis de ser revelados e que ajustem o máximo possível sua métrica ao desenvolvimento na etapa a que refere. Foi observado neste trabalho que todas as fontes de informação identificadas apresentam indicadores atendem de uma forma ou outra estas etapas. Entre elas encontra-se o conjunto de indicadores publicados pela Cisco, que embora para muitos deles seja uma fonte secundária, é o melhor conjunto de indicadores para observar os diferentes pontos de vista para cada etapa da cadeia de valor.

A seguir, um resumo desses indicadores das etapas, cujas metodologias de cálculo encontram-se no “Anexo III. Análise detalhada das informações quantitativas relevantes relativas à transição para uma rede IPv6”.

Embora sejam descritos todos os indicadores, para a comparação entre países são adotados os indicadores compostos usados na determinação do Indicador-chave de Desempenho IPv6.

### 7.1.2.1 Planejamento. Atribuição e Roteamento.

1. Percentagem de prefixos IPv6 atribuídos que são roteados em relação ao número total de prefixos IPv6 atribuídos. Essas percentagens são publicadas em valores e com diferentes cores no mapa mundial da Cisco<sup>11</sup>.

2. Percentagens de prefixos IPv6 atribuídos em relação aos prefixos IPv4 atribuídos. Esse valor, que é fornecido pelos RIR, é publicado para cada país.

3. Percentagens dos prefixos IPv6 atribuídos desde os que foi observado tráfego em relação ao total de prefixos IPv6 atribuídos. Este valor também é publicado para cada país.

### 7.1.2.2 Núcleo da rede. Core. AS de tráfego.

1. % ponderada do número de AS que são tráfego no IPv6 em relação ao número de AS que são tráfego no IPv4. (AS de tráfego IPv6). Um AS de tráfego IPv6 é aquele que fornece tráfego nas duas redes IPv4 e IPv6.

2. % ponderada de AS de tráfego no IPv4 que tem prefixo IPv6 em relação ao número de AS que são tráfego no IPv4. (AS de tráfego que tem prefixo IPv6).

11- <http://6lab.cisco.com/stats/index.php?option=prefixes>

Um AS de tráfego que tem prefixo IPv6 é aquele que é tráfego na rede IPv4 e tem um prefixo IPv6 mas que não necessariamente é um AS de tráfego no IPv6.

### 7.1.2.3 Conteúdo. Sites.

1. % ponderada de sites acessíveis no IPv6 (considera o número de páginas visitadas – usuários únicos). Também é mostrado o número de sites habilitados sobre o total de 500 por país.

2. Em teste: nome de domínio de teste no IPv6. % ponderada de domínios em teste sobre os 500 sites analisados.

3. Falha: existem os registros AAAA, mas a página web não está operativa no IPv6. % de domínios que apresentaram falhas de acesso IPv6 sobre os 500.

4. Outros: sites não habilitados para o IPv6. % sobre 500 sites.

### 7.1.2.4 Usuários.

1. Google. % de usuários com pesquisa nos servidores selecionados com acesso potencial no IPv6, de um total de pesquisas.

2. APNIC. Idem.

### 7.1.3 Valores finais dos indicadores selecionados até 18 de novembro de 2015.

Países LACNIC	LACNIC (18/11/2015)					CISCO (18/11/2015)	
	LACNIC/CAF/ICAVE	Planejamento (PACTO)	AS de tráfego (ASTRAN)	Conteúdo (CONT)	Usuários (USUÁRIOS)	% englobada de implementação	Indicador Relativo (IR) de um país em relação ao mundo, Valores de 1 a 10.
Argentina	19,09%	5,58%	66,75%	46,95%	0,04%	16,56%	1,9
Aruba	N/D	50,00%	50,00%	N/D	0,00%	5,00%	0,5
Belize	21,41%	10,00%	34,74%	N/D	0,04%	7,88%	0,8
Bolívia	N/D	10,00%	43,00%	49,74%	3,70%	12,92%	2,5
Bonaire	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Brazil	29,52%	11,91%	55,72%	60,39%	6,74%	26,98%	4,7
Chile	20,43%	15,74%	70,83%	47,38%	0,03%	17,91%	2
Colombia	26,24%	16,54%	93,04%	52,53%	0,02%	24,00%	2,6
Costa Rica	17,61%	11,59%	62,87%	49,12%	0,01%	15,31	1,7
Cuba	29,67%	16,67%	100,00%	52,03%	0,19%	28,24%	3,4
Curacao	N/D	5,88%	0,00%	N/D	0,16%	0,00%	0
Ecuador	41,57%	72,55%	96,96%	47,79%	7,46%	37,79%	5,8
El Salvador	2,76%	5,56%	7,78%	49,52%	0,01%	1,30%	0,2
Guatemala	23,22%	9,09%	78,91%	52,67%	0,11%	20,92%	2,4
Guyana	29,61%	50,00%	100,00%	50,07%	0,05%	26,47%	3
French Guiana	N/D	0,00%	N/D	N/D	0,02%	0,00%	0
Haiti	N/D	0,00%	0,00%	N/D	0,01%	0,00%	0
Honduras	10,89%	7,89%	33,61%	53,68%	0,10%	5,37%	0,7%
Falkland Islands	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Mexico	15,57%	25,25%	51,07%	53,39%	0,04%	12,57%	1,5
Nicaragua	21,70%	6,25%	79,66%	50,76%	0,00%	18,78%	2
Panama	10,64%	3,77%	37,72%	49,64%	0,01%	8,55%	0,9
Paraguay	17,59%	3,45%	63,47%	49,17%	0,01%	13,71%	1,4
Peru	37,05%	28,21%	57,55%	52,67%	16,54%	26,55%	5,6
Dominican Republic	7,09%	10,34%	22,17%	51,76%	0,03%	5,54%	0,6
Saba	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Saint Eustace	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Saint Martin	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
South Georgia and The	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Suriname	N/D	66,67%	0,00%	N/D	0,01%	0,00%	0
Trinidad and Tobago	21,81%	16,67%	71,57%	50,41%	0,16%	16,57%	2
Uruguay	23,22%	12,00%	81,82%	48,19%	0,03%	20,77%	2,3
Venezuela	22,33%	16,67%	78,65%	48,26	0,02%	19,40%	2,1
<b>Países Referenciais</b>							
Germany	46,86%	22,92%	86,34%	43,36%	24,51%	42,45%	7,3
Australia	27,14%	18,84%	69,93%	49,00%	2,47%	23,45%	3,4
Belgium	56,50%	34,47%	82,44%	50,63%	44,45%	53,47%	10
France	34,57%	19,27%	77,49%	51,47%	6,78%	31,55%	5,1
Greece	41,76%	22,22%	71,85%	51,82%	18,55%	39,12%	7
Hong Kong	24,56%	16,46%	71,98%	53,64%	0,82%	19,41%	2,4
India	24,67%	27,63%	73,41%	54,20%	0,61%	21,74%	2,8
Japan	37,39%	30,97%	87,47%	26,18%	12,86%	32,49%	4,9
Luxembourg	43,49%	28,13%	79,64%	54,20%	16,84%	39,39%	6,9
Malaysia	36,42%	22,07%	73,38%	54,53%	9,51%	32,69%	5,5
Norway	40,47%	26,07%	89,55%	54,48%	9,01%	37,22%	5,9
Portugal	47,59%	21,88%	88,63%	53,56%	20,17%	45,66%	8
Singapore	40,18%	92,28%	86,65%	52,53%	7,63%	34,74%	5,4
Switzerland	49,17%	17,78%	83,92%	51,56%	26,72%	47,06%	8,5
USA	43,16%	32,45%	65,74%	48,28%	25,24%	39,55%	7,3



## 7.2 Conclusões e indicadores parciais e LACNIC/CAF ICAv6 até 18 de novembro de 2015.

A partir dos desenvolvimentos de indicadores realizados chega-se às seguintes conclusões.<sup>12</sup>

### 7.2.1 Indicador-chave do Desempenho IPv6, LACNIC/CAF ICAv6.

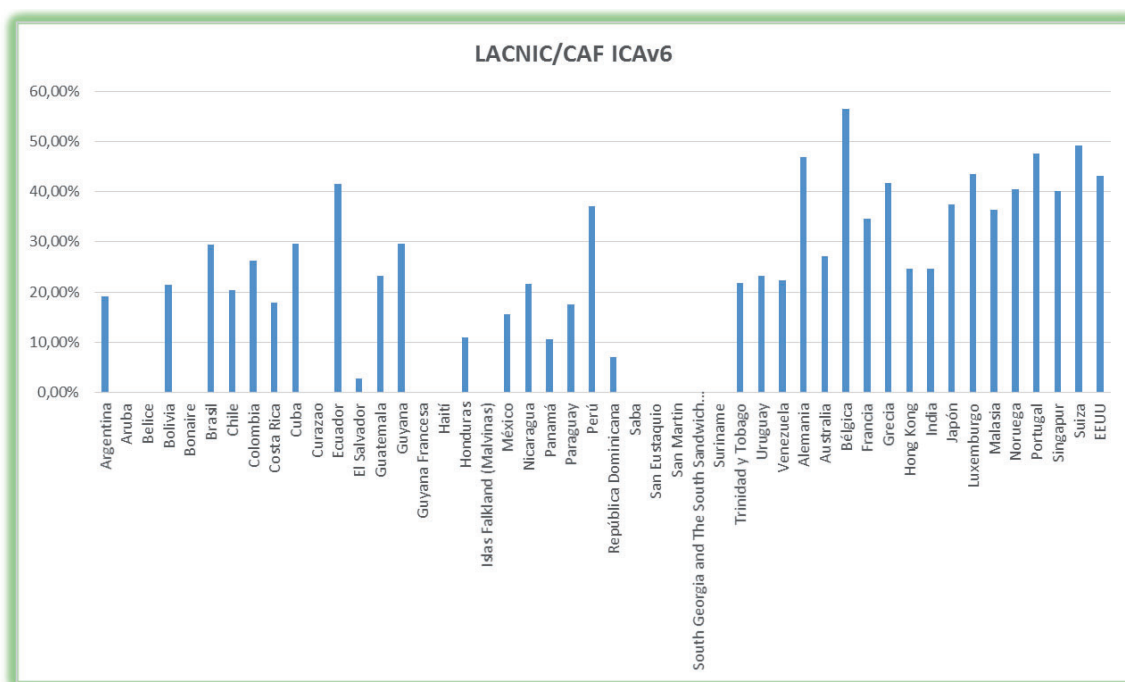
Os resultados deste indicador global para os países de LACNIC e para os países referenciais são observados no seguinte gráfico. Em geral os países da região estão em uma etapa menos desenvolvida. De qualquer forma, os avanços no mundo são lentos, observando-se que a Bélgica, que está primeira no mundo, atinge um valor de 56,5%.

Neste sentido, são distinguidos os seguintes países que ultrapassam um valor referencial de 20% para este indicador: a Bolívia (21,41% e com interessante valor do indicador Usuários), Brasil (29,52% e com interessante valor do indicador Usuários), Chile (20,43%), Colômbia (26,24%), Cuba (29,67%), Equador (41,57% e com

interessante valor do indicador Usuários), Guatemala (23,22%), Guiana (29,61%), Nicarágua (21,70%), Peru (37,05% e com interessante valor do indicador Usuários), Trinidad e Tobago (21,81%), Uruguai (23,22%) e Venezuela (22,33%).

O indicador LACNIC/CAF ICAv6 tem a virtude de ter uma visão conglobada da implementação do IPv6 desde as quatro ópticas principais: uso de prefixos IPv6, Core, Conteúdo e Usuários. Portanto, um valor superior a 20% pode ser atingido com uma atividade de planejamento e implementação inicial, uma questão apreciada na região, ou com uma combinação de planejamento e implementação inicial, junto com o IPv6 nos acessos. Valores superiores a 30% são atingidos somente se tiver também uma implementação de IPv6 nos acessos de massa. Até 18 de novembro apenas a Bolívia, Brasil, Equador e Peru apresentam valores interessantes em termos do número de usuários que operam no IPv6.

Mais adiante vamos ver como cada etapa da cadeia de valor mostra posições diferentes dos países da região.



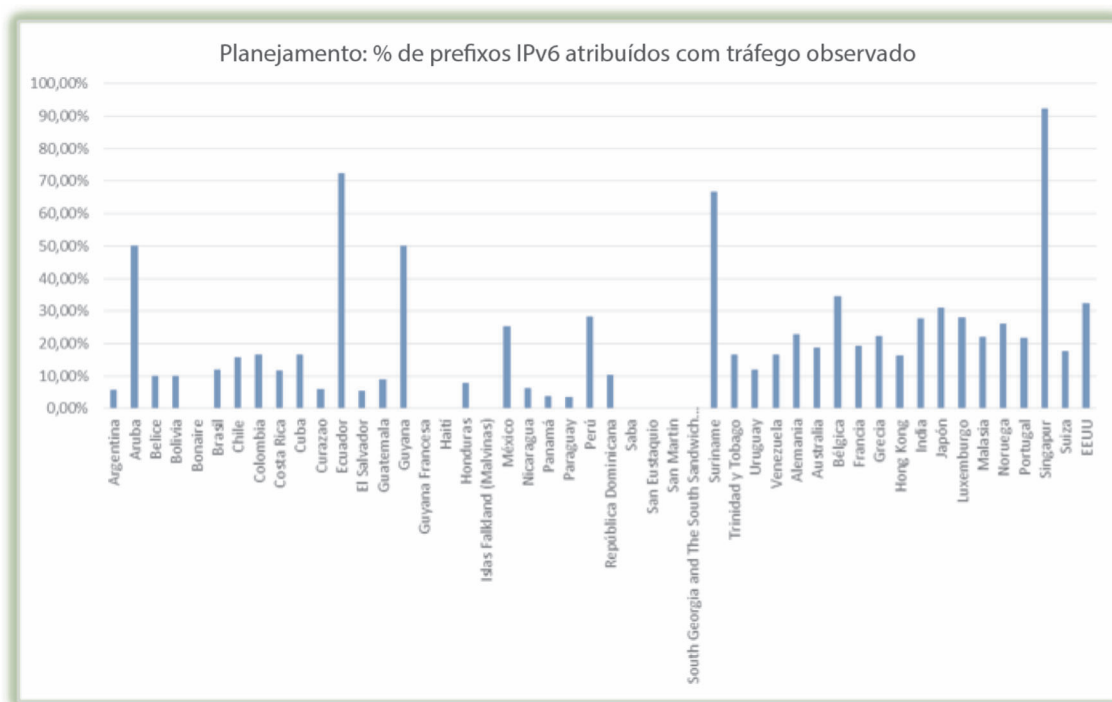
### 7.2.2 Fase de Planejamento.

Os valores do indicador para esta fase refletem duas questões: em primeiro lugar as etapas prévias do planejamento para a implementação do IPv6, e em segundo lugar a eficiência no uso real dos prefixos atribuídos. É um indicador parcial ao que a fórmula de

LACNIC/CAF ICAv6 dá pouco peso precisamente por esse motivo.

Está previsto que na medida em que a rede de acesso IPv6 seja desenvolvida este indicador aumente junto com o indicador de Usuários.

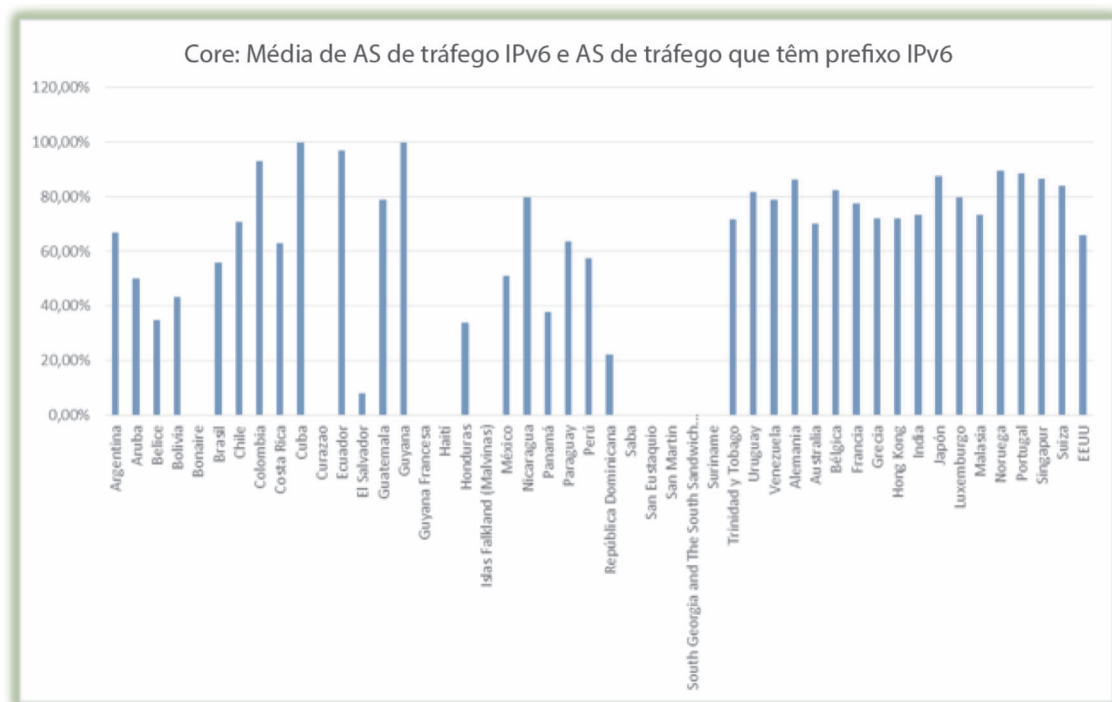
12- Nos gráficos, os valores que não estão disponíveis nas tabelas (N/D) são representados com o 0.



### 7.2.3 Fase de Core.

Nesta fase representada por indicadores da % de AS que fornecem tráfego IPv6 ou estão em uma etapa prévia a fornecer tráfego e dispor de prefixos IPv6, os países da região estão em uma etapa de desenvolvimento menor que os países de referência, mas com valores próximos em geral. Portanto, não são observadas dificuldades maiores no desenvolvimento nesta fase da cadeia de valor.

Também é importante salientar que nos países pequenos, com muito poucos AS, a decisão de algum deles de fornecer tráfego IPv6 faz com que a % aumente rapidamente. De qualquer forma é um indicador relevante.

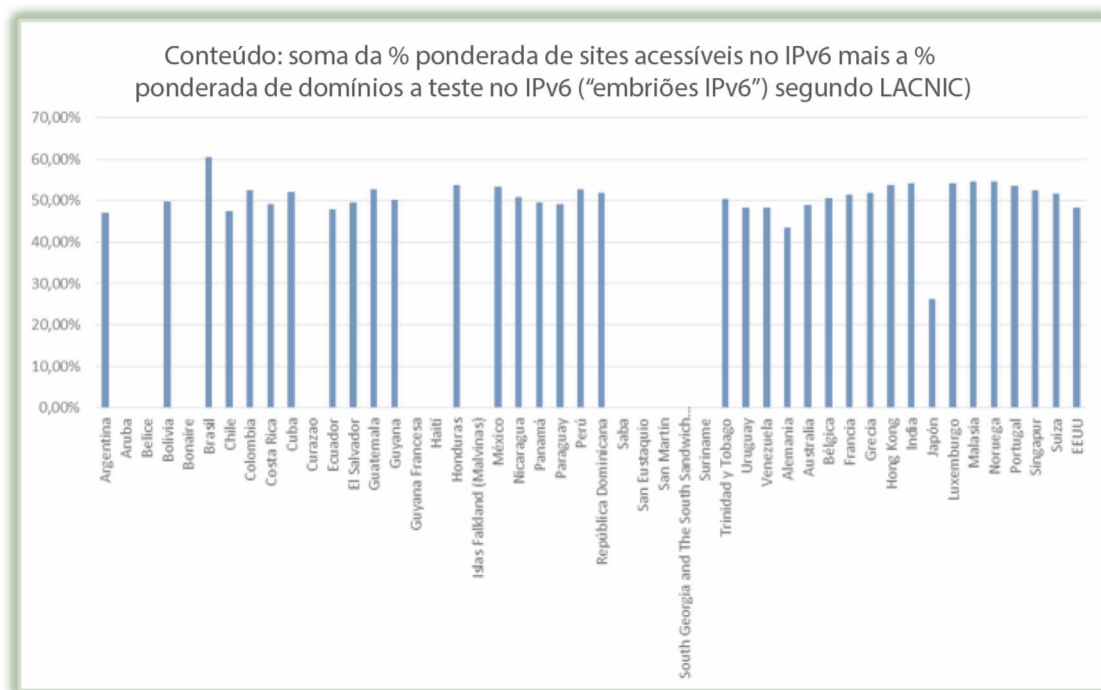


### 7.2.4 Fase de conteúdo.

Nesta fase, todos os países mostram valores semelhantes. Isso ocorre porque os sites de TOP 500 dos diferentes países têm muitos sites comuns. É suficiente com que um deles ofereça serviços no IPv6 para que aumentem as % de todos os países que o

utilizam. Exemplos: Facebook, Google, Youtube, Yahoo ou Amazon. Os sites “locais” em geral são menos pesados do que estes sites principais.

Os valores em 0 incluem àqueles países dos que não há dados disponíveis nas fontes analisadas.

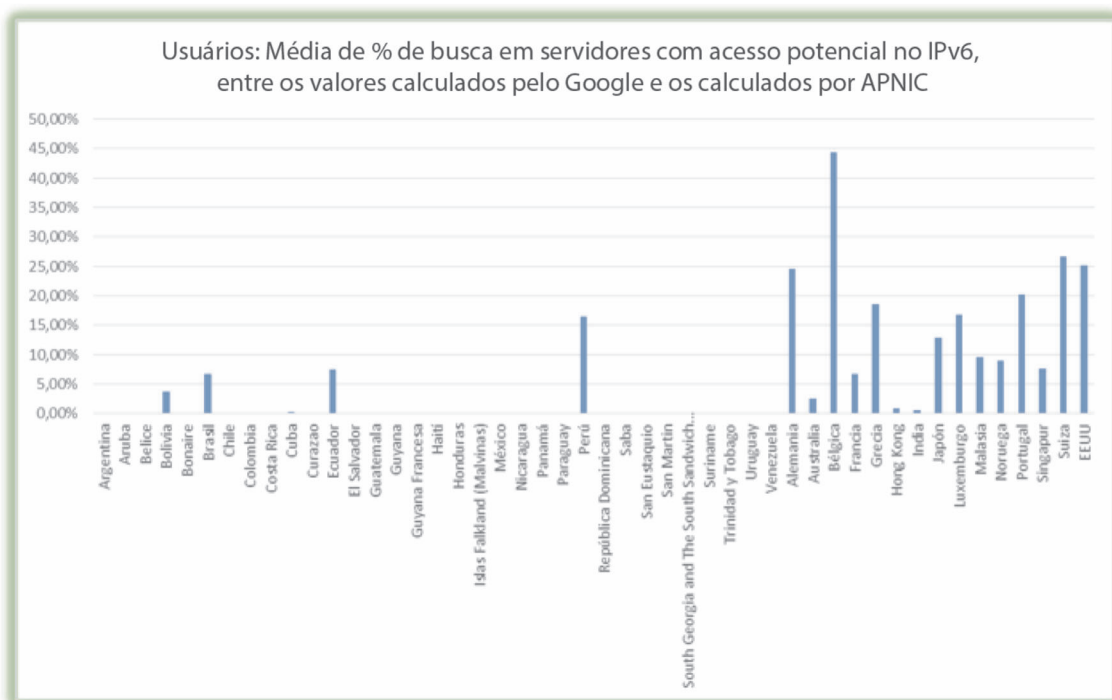


### 7.2.5 Fase de usuários.

Em geral é observado que a adoção do IPv6 tem valores muito diferentes no mundo do ponto de vista dos usuários, embora com valores mais altos ou muito mais altos que na região LACNIC. Nesta região são distinguidos quatro países com valores desse indicador maiores a 1% segundo o Google / APNIC / Akamai: Bolívia (2,72% / 4,68% / 2,9%), Brasil (5,9% / 7,58% / 4,9%), Equador (7,12% / 7,8% / 6,9%) e Peru (15,5% / 17,58% / 18,0%). Para as três fontes são observados

indicadores razoavelmente consistentes considerando os diferentes universos usados em cada caso.

Este indicador é um indicador da transição final para o IPv6, quando os usuários estão em condições de acessar a Internet através do UPv6. Junto com o indicador de conteúdo constituem os indicadores cujo produto é a % de acessos potenciais a sites no IPv6, e um número altamente correlacionado com o tráfego IPv6.



## 7.2.6 Conclusão principal.

As medidas que tendem a aumentar o indicador de Usuários, como ser o upgrade da rede de acesso ao IPv6 tanto nos ISP quanto nas grandes instituições governamentais ou universitárias, irão ter um impacto direto, não apenas neste indicador parcial mas também no LACNIC/CAF ICAv6 devido ao ponderador de 70% que afeta justificadamente à média geométrica de Conteúdo e Usuários.

Do outro lado, o aumento deste indicador tem um impacto direto também na percepção dos usuários da Internet.

A implementação do IPv6 na rede de acesso deveria ser portanto o objetivo principal para obter resultados globais de implementação IPv6.

## 8. DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE SITUAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO IPV6 NA REGIÃO DO LACNIC. PESQUISA REALIZADA.

### 8.1 Ficha técnica.

O objetivo principal da pesquisa é complementar as informações obtidas através do levantamento de indicadores quantitativos e das reuniões realizadas no trabalho de campo.

Desta forma há três fontes principais de informações sobre a situação na região de LACNIC:

1. Indicadores primários e secundários da situação atual da transição, gerados em múltiplas fontes.
2. Resultados da pesquisa que apresenta os motivos sobre o porquê da situação atual e as tendências.
3. Resultados das entrevistas realizadas em 10 países que integram a amostra selecionada, que fornecem informações consolidadas sobre a situação, tendências e motivos das partes interessadas em suas ações a respeito da transição para o IPv6.

Foi projetado um modelo de enquete que foi aplicada nas primeiras semanas do projeto, a fim de dispor de informações sobre os países em aspectos sobre a situação atual, razões para implementar ou não implementar o IPv6, dificuldades esperadas ou encontradas, entre outros aspectos de interesse. A enquete foi enviada a todos os membros de LACNIC, assim que se a percentagem de resposta houvesse sido de 100%, teria sido diretamente um censo. Foi decidido que as respostas fossem anônimas para obter maior número de respostas e mais detalhadas, portanto foi sacrificada a possibilidade de associar as respostas às organizações específicas.

A classificação das informações levantadas é a seguinte por grupo de membros:

1. ISP que implementa o IPv6: % de clientes nativos, técnica usada, motivos, dificuldades encontradas e opinião sobre o resultado de sua ação.
2. ISP que não implementou IPv6: motivos para não implementar, prazo para a implementação e dificuldades que pensa encontrar.
3. Não ISP que implementa IPv6: motivos, dificuldades encontradas e se o resultado foi favorável para a organização.

4. Não ISP que não implementou IPv6: motivos, prazo em que considera implementar IPv6 e dificuldades que pensa encontrar.

A resposta tem sido satisfatória, de acordo com o seguinte quadro:

	Grandes	Médias	Pequenas	Total
Espanhol	29	113	250	392
Inglês	5	17	35	57
Português	7	218	458	683
Total	41	348	743	1132
Universo	148	1374	3178	
Taxa de resposta	28%	25%	23%	

Os parâmetros básicos da enquete são os seguintes:

1. Universo: Usuário final dos endereços / Pequenos e médios membros / Grandes membros. O total do universo é de 4.000 membros.
2. Metodologia quantitativa: Pesquisa on-line via e-mail para base de dados fornecida por LACNIC
3. Unidade de análise: responsáveis pelos departamentos que mantêm as relações com LACNIC.
4. Duração máxima do questionário: 5 minutos.
5. Data de campo: julho-agosto de 2015

### 8.2 Resultados.

São apresentados os resultados relevantes para este trabalho.

Em vários dos gráficos<sup>13</sup> os resultados são apresentados segmentados por país junto ao total da região. Nos resultados por países podem existir poucas respostas para cada segmento, devido principalmente ao pequeno número de organizações existente em muitos deles, e a que como já foi mencionado, de todas elas responderam cerca de 25%. Por isso é aconselhável usar esses resultados juntamente com os indicadores para obter uma visão mais detalhada do que acontece em cada

13- A fonte dos gráficos é a MERCOPLUS LatinAmerica, que foi a empresa que fez o trabalho de campo e o processamento da pesquisa.

país. Nos 10 países em que foram realizadas reuniões presenciais foi obtida outra fonte de informação complementar sobre o estado atual, o comportamento dos membros de LACNIC e as tendências.

Para facilitar a interpretação dos resultados, nos gráficos se encontram todos os países e o resultado consolidado por região. Na parte inferior de cada barra do gráfico se observa a base total de membros (“Base”) que tem respondido a enquete, e a que porcentagem dos que responderam a enquete aplica cada pergunta (“Aplica”). Isso é assim porque, por exemplo, de todos os que responderam alguns são ISP e outros não, etc. Quando a pergunta refere aos ISP em “Aplica”, é indicada que porcentagem dos que responderam são ISP.

### 8.2.1 Designação de endereços IPv6 na região.

Observa-se que ainda existem porcentagens de membros que ainda não têm designações, o que é uma questão a ser considerada como o início da transição.

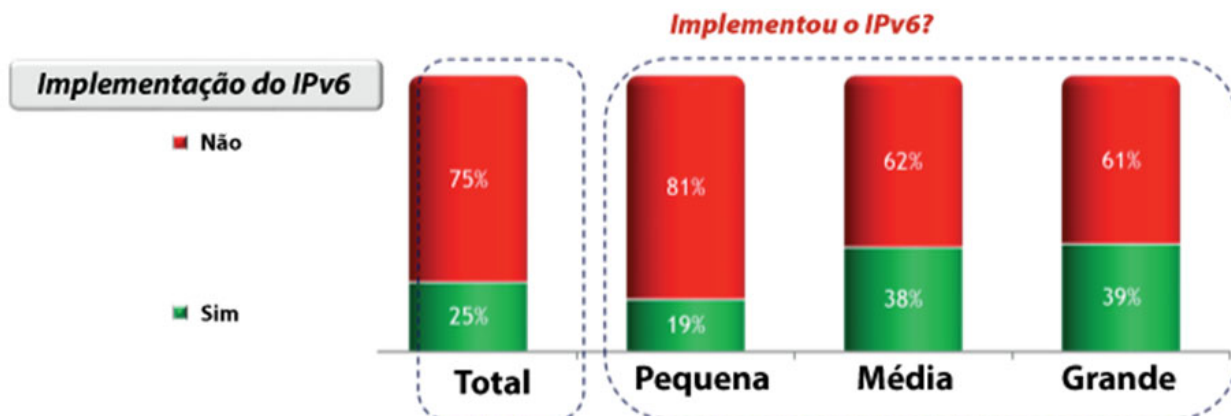
Na maioria dos países ainda existem membros Não Grandes que não têm designações de blocos IPv6. Quanto às entidades universitárias o número de países que estão nessa situação é da ordem de 30%. É interessante observar que emerge da enquete, que dos que não têm designados endereços IPv6, cerca da metade já estão considerando o pedido embora ainda não tenham feito.



### 8.2.2 Implementação do IPv6 na região e nos países.

Observa-se que o nível de implementação na região ainda é bastante baixo, atingindo menos de 25% de entidades pequenas, baixo nível que foi verificado nas reuniões dos países visitados. Nos gráficos a seguir,

primeiro é observada a situação para a região e depois país por país. Quanto à situação país por país, os que fizeram algum tipo de implementação também são ainda uma porcentagem baixa do total de membros.

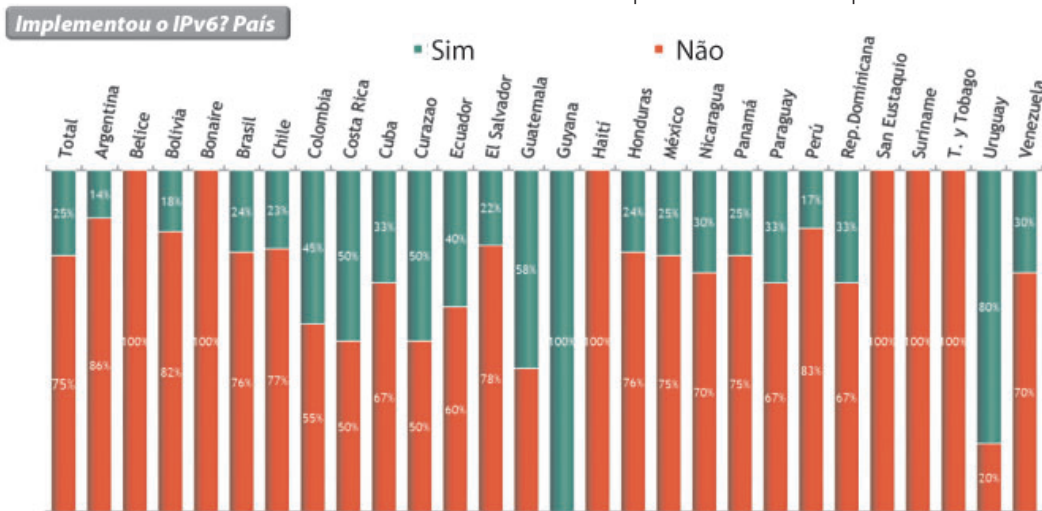


### 8.2.3 ISP que implementaram IPv6 para os clientes finais.

Nos seguintes resultados são apresentadas as percentagens de ISP que indicaram percentagens de clientes aos que designaram endereços IPv6. Deve ser levado em conta que nos ISP estão incluídos todos os tamanhos de operadores, inclusive os que apenas prestam serviços corporativos, geralmente a pequena escala. Do outro lado, na faixa de 0% a 0,5% estão os que não têm implementado IPv6 em nenhum cliente, bem como aqueles que têm ou tiveram clientes em teste, que segundo o observado nas reuniões presenciais são a maioria.

Este gráfico é sensível a quem responderam ou não. Por exemplo, no Equador, a CNT tinha no momento da pesquisa uma implementação de clientes IPv6 superior a 10% e no entanto o Equador aparece com uma % muito baixa, possivelmente porque a CNT não respondeu a esta pergunta<sup>14</sup>.

Os resultados da enquete, com a exceção de que algum operador relevante pode não haver respondido, mostram uma grande variabilidade entre países em relação à % de clientes que têm designado IPv6 nativo, e uma percentagem a nível regional de 32% que têm mais de 0,5% de clientes. Essa percentagem é sobre uma base aplicável de 190 respostas.



**De seus clientes finais, que percentagem tem designado o IPv6 nativo**



14- Deve ser lembrado que a enquete foi anônima pelos motivos já enunciados.

### 8.2.4 ISP que não implementaram IPv6 nativo. Motivos pelos que não consideraram implementar IPv6.

Neste caso, o pesquisado podia indicar mais de um motivo simultaneamente. Os principais motivos exprimidos são: 1. A infraestrutura atual apresenta problemas para a transição para o IPv6, e 2. Prevê dificuldades de implementação e operação. Os dois motivos vão acabar desaparecendo no tempo se considerarmos que os ISP podem não ter uma rede apropriada neste momento, embora tenha sido observado que quase todos os operadores pesquisados estão avançando na adequação de suas redes e sistemas, e também devido às ações que o LACNIC está desenvolvendo e que continuará realizando, no sentido de reduzir ou eliminar os receios das dificuldades a serem encontradas.

O uso do CGNAT, e que isso seja suficiente para a base atual de clientes e seu crescimento, é o motivo menos indicado pelos ISP.

### 8.2.5 ISP que não implementaram IPv6 nativo. Prazo em que consideram começar a implementar IPv6.

Esta informação é relevante para conhecer as tendências da implementação futura do IPv6. Cerca de um terço dos pesquisados consideram começar a implementação em 2016, embora a situação é desigual segundo os países.

Por que motivos não considerou implementar o IPv6?

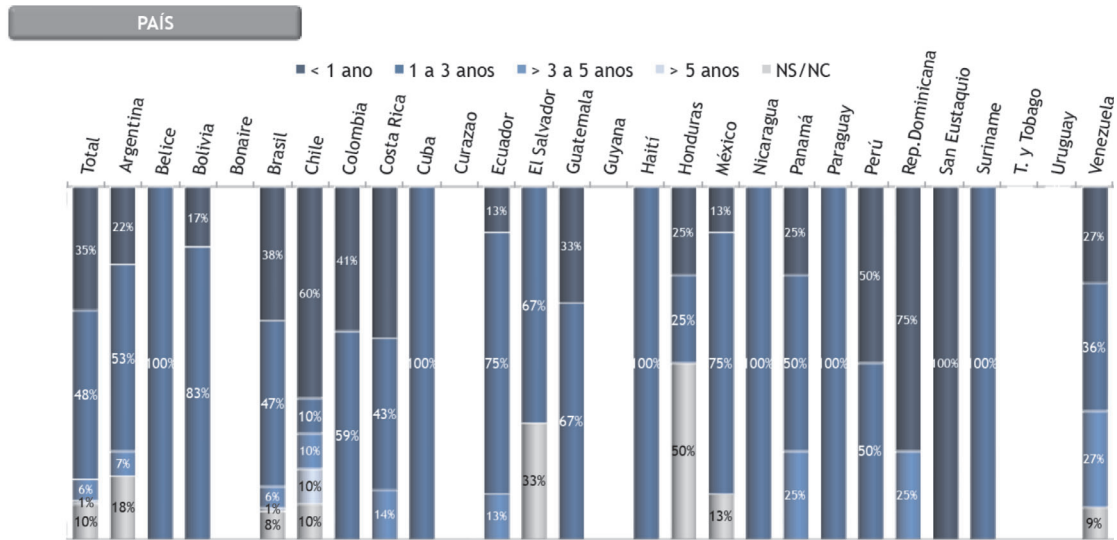
PAÍS	Total	Argentina	Belize	Bolivia	Bonaire	Brasil	Chile	Colombia	Costa Rica	Cuba	Curazao	Ecuador	El Salvador	Guatemala	Guyana	Haiti	Honduras	México	Nicaragua	Panamá	Paraguay	Perú	Rep. Dominicana	San Eustaquio	Suriname	T. y Tobago	Uruguay	Venezuela
infraestrutura atual apresenta problemas para a transição para o IPv6	49%	46%	100%	50%	-	49%	50%	35%	86%	100%	-	50%	-	33%	-	100%	63%	75%	50%	25%	50%	25%	75%	-	-	-	-	45%
Prevê dificuldades de implementação e operação	45%	40%	100%	50%	-	49%	-	35%	43%	100%	-	13%	33%	67%	-	-	13%	25%	-	50%	-	50%	25%	100%	-	-	-	36%
Ainda tem suficientes endereços IPv4 ou pode comprar	22%	24%	-	67%	-	20%	40%	29%	-	-	-	25%	-	-	-	-	25%	25%	-	50%	50%	25%	50%	-	-	-	-	27%
Investimento não justificável pelos requerimentos atuais dos clientes	18%	18%	-	-	-	18%	20%	6%	29%	-	-	13%	33%	-	-	-	63%	13%	-	50%	-	50%	50%	-	100%	-	-	9%
Ainda não tem considerado	9%	13%	-	17%	-	7%	10%	12%	-	-	-	25%	33%	-	-	-	25%	25%	50%	-	-	-	25%	-	100%	-	-	-
Usa CGNAT e é suficiente para sua base de clientes atual e o crescimento estimado	5%	4%	-	17%	-	4%	20%	18%	-	-	-	13%	-	-	-	-	13%	-	-	-	100%	-	-	-	-	-	-	18%
Outros motivos	22%	19%	-	17%	-	22%	20%	41%	14%	-	-	50%	-	33%	-	-	-	25%	50%	-	-	25%	-	-	-	-	-	45%
<b>Base</b>	<b>594</b>	<b>89</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>403</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>11</b>

Base	1135	146	1	11	1	691	26	51	18	3	2	20	9	12	2	1	17	48	10	12	9	6	9	1	2	2	5	20
Aplica	52%	61%	100%	55%	0%	58%	38%	33%	39%	33%	0%	40%	33%	25%	0%	100%	47%	17%	20%	33%	22%	67%	44%	100%	50%	0%	0%	55%
Não Aplica	48%	39%	0%	45%	100%	42%	62%	67%	61%	67%	100%	60%	67%	75%	100%	0%	53%	83%	80%	67%	78%	33%	56%	0%	50%	100%	100%	45%



**Em que prazo considera iniciar a implementação do IPv6?**



Base	1135	146	1	11	1	691	26	51	18	3	2	20	9	12	2	1	17	48	10	12	9	6	9	1	2	2	5	20
Aplica	52%	61%	100%	55%	0%	58%	38%	33%	39%	33%	0%	40%	33%	25%	0%	100%	47%	17%	20%	33%	22%	67%	44%	100%	50%	0%	0%	55%
Não Aplica	48%	39%	0%	45%	100%	42%	62%	67%	61%	67%	100%	60%	67%	75%	100%	0%	53%	83%	80%	67%	78%	33%	56%	0%	50%	100%	100%	45%

**8.2.6 ISP que iniciaram a implementação do IPv6. Técnicas usadas.**

A pesquisa reafirma uma conclusão das reuniões presenciais em que quase a totalidade dos ISP consideram usar Dual Stack como técnica de transição. Durante as entrevistas foram observados casos de Dual

Stack puro e a maioria deles usando ou considerando usar Dual Stack com o CGNAT.

Na pesquisa é observado que quase a totalidade dos pesquisados optaram por Dual Stack.

**Indique que tecnologia ou tecnologias foram usadas na transição**

PAÍS	Total	Argentina	Belize	Bolivia	Bonaire	Brasil	Chile	Colombia	Costa Rica	Cuba	Curazao	Ecuador	El Salvador	Guatemala	Guyana	Haiti	Honduras	México	Nicaragua	Panamá	Paraguay	Perú	Rep. Dominicana	San Eustaquio	Suriname	T. y Tobago	Uruguay	Venezuela
Doble Pila (Dual Stack)	88%	91%	-	100%	-	87%	100%	100%	100%	100%	-	100%	100%	80%	100%	-	100%	57%	67%	100%	100%	-	100%	-	-	-	50%	100%
NAT64/DNS64	12%	-	-	-	-	12%	-	-	20%	-	-	-	-	80%	-	-	-	29%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6PE/6VPE	3%	9%	-	-	-	1%	-	-	20%	-	-	-	-	20%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50%	-
464XLAT	2%	-	-	-	-	1%	-	-	-	-	-	-	-	20%	-	-	-	14%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DS-Lite	1%	-	-	-	-	-	-	17%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outra tecnologias	7%	-	-	-	-	6%	-	-	20%	-	-	-	-	-	-	-	-	43%	33%	-	-	-	-	-	-	-	-	
Base	193	11	-	2	-	133	3	6	5	1	-	3	2	5	1	-	3	7	3	2	1	-	1	-	-	-	2	2
Base	1135	146	1	11	1	691	26	51	18	3	2	20	9	12	2	1	17	48	10	12	9	6	9	1	2	2	5	20
Aplica	17%	8%	0%	18%	0%	19%	12%	12%	28%	33%	0%	15%	22%	42%	50%	0%	18%	15%	30%	17%	11%	0%	11%	0%	0%	0%	40%	10%
Não Aplica	83%	92%	100%	82%	100%	81%	88%	88%	72%	67%	100%	85%	78%	58%	50%	100%	82%	85%	70%	83%	89%	100%	89%	100%	100%	100%	60%	90%

### 8.2.7 ISP que iniciaram a implementação do IPv6. Motivos para iniciar a implementação.

Entre os principais motivos para a implementação encontramos os seguintes:

1. Disponibilidade decrescente e custos crescentes dos endereços IPv4.
2. Imagem corporativa.
3. É melhor solução econômica migrar agora para o IPv6 que crescer no IPv4.
4. Alto crescimento do número de clientes.
5. Oportunidade de negócio.

Todos esses motivos estão na ordem de 32% a 45% das respostas dos ISP que responderam à enquete.

Não foram observados ISP que estejam comprando endereços IPv4 na região, portanto se entende que as respostas relativas ao primeiro motivo são devidas principalmente à disponibilidade decrescente.

Quanto a Oportunidade de negócio, foi observado nas reuniões que em muitos dos casos a implementação começou devido aos requisitos dos clientes corporativos, principalmente das universidades.

Mencione os motivos pelos quais implementa o IPv6

PAÍS	Total	Argentina	Belize	Bolivia	Bonaire	Brasil	Chile	Colombia	Costa Rica	Cuba	Curacao	Ecuador	El Salvador	Guatemala	Guyana	Haiti	Honduras	México	Nicaragua	Panamá	Paraguay	Perú	Rep. Dominicana	San Eustaquio	Suriname	T. y Tobago	Uruguay	Venezuela
Disponibilidade decrescente e custos crescentes de endereços IPv4	45%	55%	-	50%	-	47%	33%	50%	20%	-	-	100%	40%	100%	-	-	29%	-	100%	-	-	100%	-	-	-	-	50%	
Imagem corporativa	45%	36%	-	100%	-	43%	100%	50%	80%	-	67%	-	100%	-	67%	43%	-	100%	100%	-	-	-	-	-	-	100%	-	
É melhor solução econômica migrar logo para o IPv6, e não crescer no IPv4.	37%	18%	-	-	-	46%	-	-	20%	-	33%	50%	20%	-	-	-	29%	-	50%	-	-	-	-	-	-	-	50%	
Grande aumento do número de clientes	32%	27%	-	50%	-	32%	-	33%	40%	-	33%	-	80%	-	-	-	29%	67%	-	-	-	-	-	-	-	-	50%	
Oportunidade de negócio	32%	18%	-	-	-	30%	67%	83%	40%	-	33%	-	40%	-	-	-	43%	33%	50%	100%	-	100%	-	-	-	50%	-	
Requerimentos dos clientes	24%	45%	-	50%	-	17%	67%	50%	40%	-	33%	-	20%	-	-	100%	43%	33%	50%	-	-	-	-	-	-	-	100%	
Uma experiência ruim com NAT444, 6to4 e outras tecnologias não nativas IPv6.	5%	9%	-	-	-	5%	33%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Outras	6%	-	-	-	-	5%	-	17%	20%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50%	-	-	-	-	-	-	50%	
Base	193	11	-	2	-	133	3	6	5	1	-	3	2	5	1	-	3	7	3	2	1	-	1	-	-	2	2	
Base	1135	146	1	11	1	691	26	51	18	3	2	20	9	12	2	1	17	48	10	12	9	6	9	1	2	2	20	
Aplica	17%	8%	0%	18%	0%	19%	12%	12%	28%	33%	0%	15%	22%	42%	50%	0%	18%	15%	30%	17%	11%	0%	11%	0%	0%	0%	40%	10%
não Aplica	83%	92%	100%	82%	100%	81%	88%	88%	72%	67%	100%	85%	78%	58%	50%	100%	82%	85%	70%	83%	89%	100%	89%	100%	100%	100%	60%	90%

### 8.2.8 ISP que iniciaram a implementação do IPv6. Principais dificuldades encontradas.

As principais dificuldades encontradas na implementação do IPv6, superando em geral 50% das respostas, são as seguintes:

1. Equipamento de rede não totalmente compatível com o IPv6,
2. Terminais não totalmente compatíveis com o IPv6,

3. Curva de aprendizado do pessoal.
4. Aplicativos que não suportam endereçamento IPv6.
5. Falta de suporte dos provedores.

**Principais dificuldades encontradas na implementação do IPv6**

PAÍS	Total	Argentina	Belize	Bolivia	Bonaire	Brasil	Chile	Colombia	Costa Rica	Cuba	Curacao	Ecuador	El Salvador	Guatemala	Guyana	Haiti	Honduras	México	Nicaragua	Panamá	Paraguay	Perú	Rep. Dominicana	San Eustaquio	Suriname	T. y Tobago	Uruguay	Venezuela
Equipamento de rede não totalmente compatível IPv6	66%	46%	-	50%	-	74%	67%	67%	60%	100%	-	33%	50%	20%	100%	-	-	43%	33%	50%	-	-	100%	-	-	-	100%	100%
Terminais não totalmente compatível IPv6	65%	36%	-	50%	-	71%	67%	67%	80%	-	-	67%	50%	60%	-	-	-	43%	100%	50%	100%	-	-	-	-	-	100%	50%
Curva de aprendizado do pessoal	63%	73%	-	-	-	64%	33%	67%	60%	-	-	100%	100%	40%	-	-	100%	0%	67%	100%	100%	-	100%	-	-	-	100%	100%
Aplicativos que não suportam endereçamento IPv6	52%	36%	-	50%	-	59%	67%	-	60%	-	-	67%	50%	40%	-	-	-	57%	33%	50%	-	-	-	-	-	-	-	50%
Falta de suporte dos provedores	44%	55%	-	50%	-	48%	33%	17%	20%	100%	-	33%	50%	20%	100%	-	33%	14%	-	100%	-	-	100%	-	-	-	50%	-
Custos maiores aos estimados	22%	9%	-	-	-	26%	67%	33%	-	-	-	33%	50%	-	-	-	-	-	-	50%	-	-	-	-	-	-	-	-
Dificuldades com os sistemas BSS – OSS	20%	27%	-	-	-	23%	-	17%	20%	-	-	-	50%	-	-	-	-	14%	-	50%	-	-	-	-	-	-	-	-
Outra	14%	-	-	-	-	12%	-	33%	20%	-	-	-	-	40%	100%	-	29%	33%	-	-	-	-	100%	-	-	-	-	50%
<b>Base</b>	<b>193</b>	<b>11</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>133</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Base	1135	146	1	11	1	691	26	51	18	3	2	20	9	12	2	1	17	48	10	12	9	6	9	1	2	2	5	20
Aplica	17%	8%	0%	18%	0%	19%	12%	12%	28%	33%	0%	15%	22%	42%	50%	0%	18%	15%	30%	17%	11%	0%	11%	0%	0%	0%	40%	10%
não aplica	83%	92%	100%	82%	100%	81%	88%	88%	72%	67%	100%	85%	78%	58%	50%	100%	82%	85%	70%	83%	89%	100%	89%	100%	100%	100%	60%	90%

**8.2.9 ISP que iniciaram a implementação do IPv6. Resultado da operação IPv6.**

Depois de realizada a implementação, 58% dos que responderam à enquete a nível regional observou que isso foi favorável para o resultado do negócio.

**8.2.10 Não ISP que não iniciou a implementação do IPv6. Motivos.**

No caso dos Não ISP, mesmo que a situação seja diferente segundo os países, em cerca da terceira parte dos casos a nível regional, os motivos foram os seguintes:

1. Tem medo de ter dificuldades operacionais e de implementação.
2. Ainda não tem considerado.
3. A infraestrutura atual apresenta problemas para a transição para o IPv6.

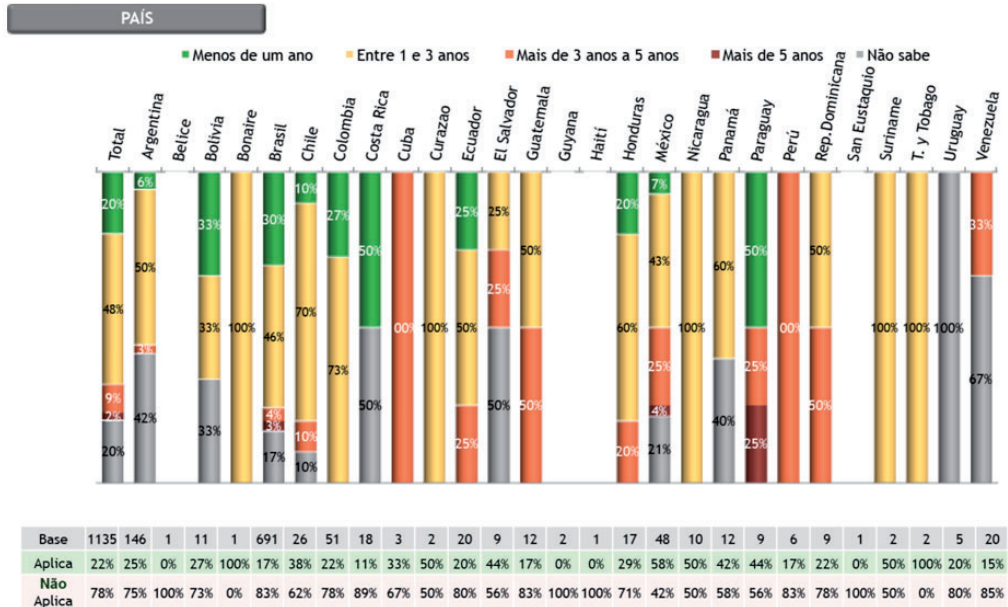
Estas entidades não têm em geral um rápido crescimento no número de usuários pelo que as dificuldades mencionadas são motivos suficientes para adiar a implementação e esperar.

**Por que motivos não considerou implementar o IPv6?**

PAÍS	Total	Argentina	Belize	Bolivia	Bonaire	Brasil	Chile	Colombia	Costa Rica	Cuba	Curacao	Ecuador	El Salvador	Guatemala	Guyana	Haiti	Honduras	México	Nicaragua	Panamá	Paraguay	Perú	Rep. Dominicana	San Eustaquio	Suriname	T. y Tobago	Uruguay	Venezuela
Teme dificuldades na implementação e operação	35%	31%	-	33%	-	39%	10%	27%	100%	-	-	75%	50%	100%	-	-	60%	21%	40%	60%	-	-	-	-	-	-	-	67%
Ainda não tem considerado	34%	36%	-	-	-	31%	40%	27%	-	-	-	25%	50%	-	-	-	40%	50%	20%	60%	50%	-	50%	-	100%	-	100%	33%
A infraestrutura atual apresenta problemas para a transição para o IPv6	29%	19%	-	33%	100%	35%	10%	27%	-	100%	-	50%	25%	50%	-	-	20%	21%	40%	20%	25%	-	-	-	-	50%	-	-
Investimento não justificado pelas necessidades da organização	17%	14%	-	-	-	18%	30%	27%	-	-	-	25%	25%	-	-	-	-	25%	-	-	25%	-	-	-	-	-	-	-
O ISP não suporta IPv6	16%	17%	-	100%	-	11%	40%	9%	-	100%	-	-	50%	-	-	-	20%	4%	20%	40%	25%	100%	50%	-	-	-	-	67%
Outra	20%	28%	-	-	-	16%	30%	55%	50%	-	100%	-	50%	-	-	-	40%	11%	20%	-	25%	-	-	-	-	50%	-	-
<b>Base</b>	<b>252</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>120</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>5</b>	<b>28</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	
Base	1135	146	1	11	1	691	26	51	18	3	2	20	9	12	2	1	17	48	10	12	9	6	9	1	2	2	5	20
Aplica	22%	25%	0%	27%	100%	17%	38%	22%	11%	33%	50%	20%	44%	17%	0%	29%	58%	50%	42%	44%	17%	22%	0%	50%	100%	20%	15%	
Não aplica	78%	75%	100%	73%	0%	83%	62%	78%	89%	67%	50%	80%	56%	83%	100%	100%	71%	42%	50%	58%	56%	83%	78%	100%	50%	0%	80%	85%

**8.2.11 Não ISP que não iniciou a implementação do IPv6. Prazo em que considera começar a implementação.**

Quanto ao prazo, 20% dos Não ISP considera começar a implementação em 2016. A imensa maioria considera começar a implementação entre 1 e 3 anos.



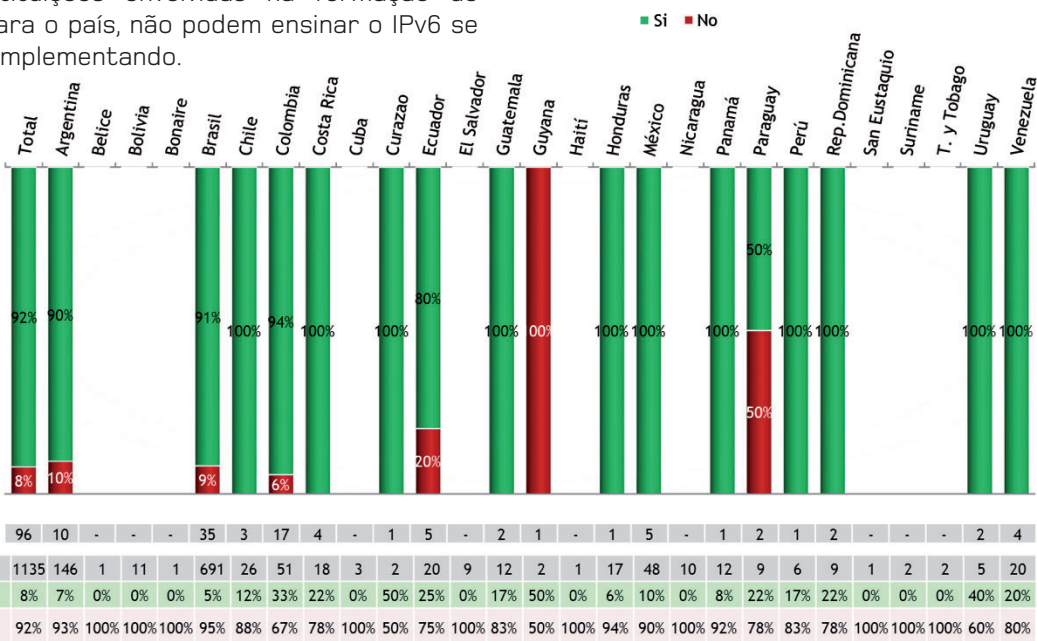
**8.2.12 Não ISP que está implementando o IPv6. Motivos para a implementação.**

O principal motivo pelo qual esses membros de LACNIC iniciaram a implementação do IPv6 é para impulsionar seu desenvolvimento e as instituições acadêmicas são as principais impulsionadoras, manifestando esse motivo em 93% dos casos a nível regional.

Este motivo foi expresso por praticamente todas as instituições acadêmicas entrevistadas, a entendendo que como instituições envolvidas na formação de profissionais para o país, não podem ensinar o IPv6 se não estiverem implementando.

**8.2.13 Não ISP que está implementando o IPv6. Resultado para a instituição.**

A quase totalidade das instituições manifestaram que consideram favorável ter iniciado a implementação do IPv6, atingindo 92% a nível regional. Um motivo possível para isso é que as instituições em geral têm respaldo técnico, principalmente através das redes universitárias ou de departamentos especializados no caso das grandes organizações governamentais.



### 8.2.14 Conclusões.

1. Na maioria dos países ainda existem membros Não Grandes que não têm designações de blocos IPv6. Quanto às entidades universitárias o número de países que estão nessa situação é da ordem de 30%. Cerca da metade já estão considerando o pedido, mas ainda não fizeram.

2. Observa-se que o nível de implementação do Pv6 ainda é bastante baixo, menos de 25% de entidades, o que foi verificado nas reuniões dos países visitados.

3. Com a ressalva de que algum operador relevante pode não ter respondido, observa-se uma grande variabilidade entre países em relação à % de clientes que têm designado IPv6 nativo, e uma percentagem a nível regional de 32% que têm mais de 0,5% de clientes.

4. Entre os ISP que não implementaram o IPv6, os principais motivos invocados são: 1. A infraestrutura atual apresenta problemas para a transição para o IPv6 e 2. Prevê dificuldades de implementação e operação. O uso do CGNAT, e que isso seja suficiente para a base atual de clientes e seu crescimento, é o motivo menos indicado pelos ISP.

5. Os dois motivos vão acabar desaparecendo no tempo se considerarmos que os ISP podem não ter uma rede apropriada neste momento, embora tenha sido observado que quase todos os operadores pesquisados estão avançando na adequação de suas redes e sistemas, e também devido às ações que o LACNIC está desenvolvendo e que continuará realizando, que irão reduzindo ou eliminando os receios às dificuldades a serem encontradas.

6. Cerca de um terço dos pesquisados consideram começar a implementação em 2016, embora a situação seja desigual segundo os países.

7. A quase totalidade dos ISP pesquisados que iniciaram a implementação do IPv6 optaram por Dual Stack com o CGNAT.

8. Entre os principais motivos para a implementação encontramos os seguintes: Disponibilidade decrescente e custos crescentes de endereços IPv4, Imagem corporativa, É melhor solução econômica migrar agora para o IPv6 e não crescer no IPv4, Alto crescimento do número de clientes e Oportunidade de negócio.

9. As principais dificuldades encontradas na implementação do IPv6, superando em geral 50% das respostas, são as seguintes: Equipamento de rede

não totalmente compatível com o IPv6, Terminais não totalmente compatíveis com o IPv6, Curva de aprendizado do pessoal, Aplicativos que não suportam endereçamento IPv6 e Falta de suporte dos provedores.

10. Uma percentagem importante dos que responderam à pesquisa, 58% a nível regional, indicaram que depois da implementação observaram que isso foi favorável para o resultado do negócio.

11. Quanto aos Não ISP que não iniciaram a implementação a nível regional principalmente, apontaram como motivos as dificuldades operacionais e de implementação, sua infraestrutura atual e que ainda não o consideraram.

12. Quanto ao prazo, 20% dos Não ISP consideram começar a implementação em 2016. A imensa maioria considera começar a implementação entre 1 e 3 anos. Este prazo prolongado é principalmente devido ao que eles consideram como motivos para não começar agora.

13. A motivação principal dos Não ISP que iniciaram a implementação do IPv6 é para impulsionar seu desenvolvimento, as instituições acadêmicas são as principais promotoras, manifestando este motivo em 93% dos casos a nível regional.

14. A quase totalidade das instituições Não ISP manifestaram que consideram favorável ter iniciado a implementação do IPv6, atingindo 92% a nível regional.

## 9. DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE SITUAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO IPV6 NA REGIÃO DO LACNIC. TRABALHO DE CAMPO.

Nesta seção é realizado um resumo do diagnóstico obtido através das reuniões durante o trabalho de campo. As opiniões e as informações que a seguir estarão disponíveis para a comunidade são o resultado das entrevistas realizadas, e da colaboração desinteressada e valiosa das múltiplas partes interessadas com as quais temos trabalhado nos diferentes países. Sua publicação neste documento não significa que LACNIC necessariamente valide todas essas opiniões e informações. As informações completas estão contidas no Anexo I. Trabalho de Campo.

1. O crescimento da implementação do IPv6 em massa nos quatro países que ultrapassam 1% de usuários habilitados para o IPv6 é graças a muito poucos operadores. Na Bolívia, Equador e Peru é graças a um operador por país e no Brasil a mais de um operador.

2. Existem ainda membros que foram entrevistados e que não têm designações de endereços IPv6. Alguns deles por desconhecer os procedimentos ou a necessidade de ir avançando através deste primeiro passo. Observou-se principalmente em instituições governamentais ou universitárias que usam blocos de seus provedores.

3. Independentemente de que há países com estoque de endereços IPv4 que não são obrigados a migrar para o IPv6, entende-se que a Internet das Coisas acabará por produzir um aumento significativo de demanda de endereços que irá impulsionar a implementação em massa do IPv6.

4. Autoridades governamentais.

a. A grande maioria das autoridades de governo responsáveis pelas compras públicas e/ ou das TIC não aprovaram lineamentos relacionados às compras públicas compatíveis com o IPv6 em termos de hardware, software e acessos. E nem em termos de acompanhar estes lineamentos com outros relativos à segurança dos sistemas.

b. Dada a importância dessas ações governamentais, a emissão destes instrutivos é considerada uma boa prática.

c. Adicionalmente o governo eletrônico é visto como um impulso para a implementação do IPv6 desde o ponto de vista do indicador de Conteúdo.

d. Um regulador mostrou a sua política em termos de criar o senso de urgência, desenvolver ações de

capacitação e conscientização, trabalhar em parceria com todas as partes interessadas e impulsionar a implementação do IPv6 nas instituições do Estado. Entende-se que é uma iniciativa de destaque na região.

5. Redes universitárias.

a. Em países em que as redes universitárias intervêm, incluindo nas compras à compatibilidade do hardware, software e acessos com IPv6, geram nos ISP a necessidade de começar sua implementação em pelo menos o core e os acessos das instituições.

b. Há evidências suficientes na região acerca deste papel das redes universitárias. Adicionalmente quando as universidades implementam o IPv6 internamente passam a impulsionar a % de Usuários a nível do país.

6. ISP de serviços de massa.

a. Observam-se avanços desiguais na região, principalmente devido aos diferentes momentos em que iniciaram o processo de transição para o IPv6.

b. O processo de transição envolve múltiplas ações que dependem das características próprias das redes, sistemas e outros aspectos de cada operador.

c. As principais ações estão direcionadas para atuar sobre as seguintes áreas: core, redes de alocação, redes de acesso, sistemas de suporte ao negócio (BSS) e de suporte à operação (OSS), inteligência do negócio, atendimento pós-venda, registros por requerimentos legais e capacitação.

d. Em geral se dá um peso semelhante às dificuldades decorrentes das redes em si até os acessos, que as provenientes de atualizar as outras áreas internas.

e. É comum observar que surgem dificuldades inesperadas que atrasam os avanços para o IPv6, principalmente devidas à falta de uniformidade nas características de cada área de cada empresa em relação a outras empresas. Por exemplo, os problemas com os CPE de uma empresa não são semelhantes aos das outras, e a solução que encontra um não é aplicável nas outras. Esses problemas ocorrem mais fortemente em todos os assuntos relacionados com as áreas internas, por exemplo, no "provisioning".

f. Observou-se pelo menos um caso em que o ISP tem implementado uma alta percentagem de CPE Dual

Stack, mas não conseguiu avançar suficientemente nas outras áreas como para poder prestar serviço em massa no IPv6.

g. Igualmente já começou a ter uma divulgação de conhecimento para enfrentar estas dificuldades que irão facilitar a transição a medida que o tempo passa.

h. Aqueles ISP que iniciaram precocemente o processo de transição começando por um inventário da situação nas diferentes áreas envolvidas incluindo hardware, software, processos e procedimentos, puderam fazer um melhor planejamento de transição progressiva com investimentos marginais ou desprezíveis a medida que deviam ser substituídos ativos por obsolescência. Principalmente no core, a substituição de equipamentos obsoletos por outros IPv6 compatíveis não significou um investimento adicional.

i. Por isso, em conclusão, é observada a importância do início precoce da transição através de um programa que aperfeiçoe o alinhamento entre os investimentos e ações necessárias com as previsões de escassez de endereços IPv4.

j. A quase totalidade dos operadores está prestando serviços, ou consideram prestá-los usando Dual Stack, em geral combinado com o CGNAT.

k. Os operadores de redes fixas vão ter um avanço mais lento devido a que vão substituir os CPE por Dual Stack uma vez que tenham que ser substituídos por obsolescência, considerando o alto impacto deste investimento no investimento total da transição.

l. Os operadores de redes móveis vão evolucionar mais rapidamente devido a que o terminal é pago pelo usuário e também porque costumam mudá-lo em períodos curtos. Do outro lado, sua própria expansão faz com que devam comprar equipamento que já vem preparado para o IPv6.

m. Em geral há uma falta de endereços IPv4 que levou ao uso do CGNAT e impulsionou a implementação do IPv6. Ainda assim, muito poucos operadores da região realizaram implementações importantes a nível de massa. A maioria mencionou 2016 como o ano do início da implementação em massa e muitos mencionaram mais anos devido a seu estoque de endereços IPv4.

n. Quando se apresentam problemas com alguns aplicativos atrás do CGNAT, os ISP que dispõem de suficientes endereços fornecem o serviço através de uma IP pública, mantendo o CGNAT para os outros clientes.

o. Dada a necessidade de uso do CGNAT até a transição final para o IPv6, as exigências legais de registro de usuário - endereço físico (endereço IP + Porto) podem se tornar um grande ônus econômico para os ISP.

7. ISP de serviços corporativos.

a. Estes ISP podem prestar serviços com protocolo IPv6 de forma muito mais simples do que os operadores de serviços de massa.

b. Em geral não têm problemas de escassez de endereços IPv4 e seus clientes não solicitam serviços no IPv6. Ainda mais, foi mencionado em alguns casos que os clientes não querem passar a usar IPv6.

8. ISP atacadistas. Em geral, a maioria deles esta preparado para prestar serviços IPv6 incluindo o peering, embora nem sempre seja assim porque seus clientes não requerem.

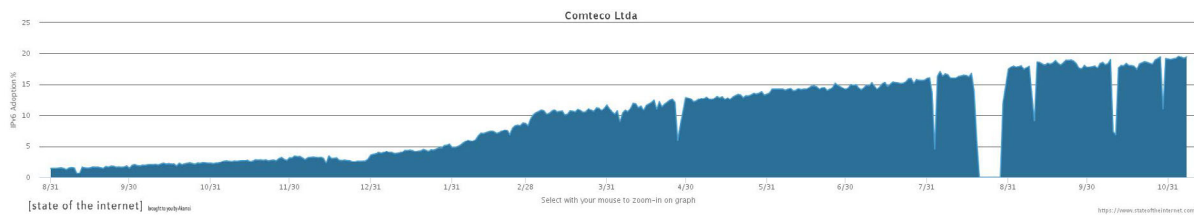
9. IXP. Os IXP estão em geral preparados para o IPv6 mas não têm pedidos de interconexão no IPv6 possivelmente até 2016 quando comecem as implementações a nível de usuários.

## 10. ANÁLISE DE CASOS DE SUCESSO NA REGIÃO DE LACNIC.

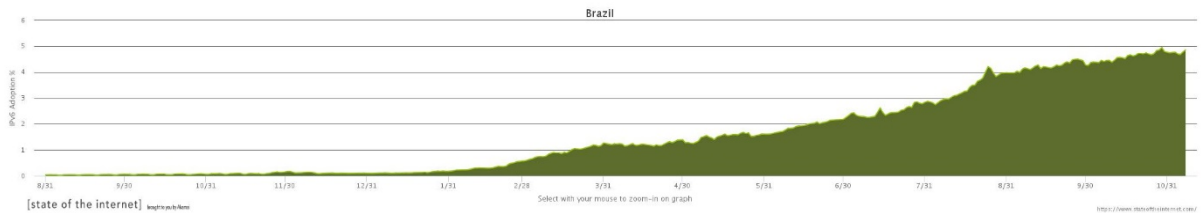
### 10.1 Principais implementações em massa na região.

Existem na região apenas quatro países que atingiram valores do indicador de Usuários maiores a 1%. Em três deles foi um operador em cada um que impulsionou a implementação no país. Eles são:

1. **Bolívia.** COMTECO é quem impulsionou a implementação em massa para os usuários finais. Até 19 de novembro apresenta uma percentagem de 19,4% de usuários no IPv6 de acordo com a metodologia de Akamai. Observa-se um crescimento progressivo a partir de pelo menos um ano e meio.



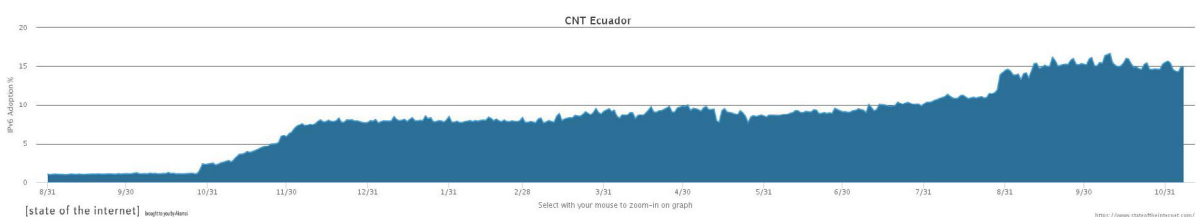
2. **Brasil.** Neste caso são vários os ISP que estão impulsionando recente, rápida e fortemente a % de usuários com o IPv6, que de 13 de julho a 17 de novembro se multiplicou por 2,5 em média do Google e APNIC, atingindo 7,58%. O gráfico a seguir mostra como passa de quase 0% no início de 2015 ao valor atual segundo Akamai.



### 3. Brasil Operadores.

- Os operadores que estão impulsionando este crescimento são, entre outros, Oi, GVT e Vivo. Os valores são até 12 de novembro.
- Oi – Telemar com 1,3% segundo Akamai começando no final de maio de 2015.
- Oi – Brasil Telecom com 0,9% segundo Akamai, começando na mesma data.
- GVT, passando de 3,5% a 14,76% em 6 meses segundo World IPv6 Launch<sup>15</sup>.
- Vivo, passando de 1,9% a 3,04% em 30 dias segundo World IPv6 Launch.

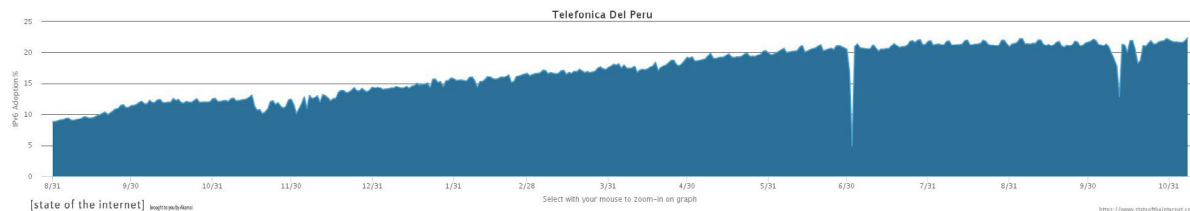
4. **Equador.** A CNT é quem impulsionou a implementação do IPv6 passando este ISP de 1% a 14,8% em um ano, segundo Akamai.



15- <http://www.worldipv6launch.org/measurements/>



5. Peru. Telefônica do Peru é o operador que dá lugar ao alto valor de implementação do IPv6 em um processo progressivo que atinge 22,3% até 17 de novembro segundo Akamai.



Os casos de sucesso apresentados com detalhe nesta seção correspondem aos países da amostra que foram visitados e entrevistados.

O caso do Brasil surgiu recentemente como um caso de rápida implementação.

Na pesquisa dos casos de sucesso nos países da amostra são considerados dois tipos: um exemplo de operador que se preparou em forma importante e durante vários anos, estando pronto para a implementação em massa, e aqueles que já iniciaram com sucesso. A diferença entre os dois casos é principalmente uma questão de oportunidade, em que, como a implementação do IPv6 está até agora motivada principalmente pela escassez de endereços IPv4, podem existir operadores que deram todos os passos da transição mais cedo, mas que ainda não precisam da implementação em massa até o usuário final.

Quer dizer que previram precocemente a necessidade de iniciar a transição, realizaram a mesma de forma progressiva minimizando os investimentos à medida que tiveram de substituir equipamentos, adaptaram seus sistemas ao novo protocolo, mas não deram o passo do acesso final para o usuário por questões econômico-financeiras. Essa última parte é a que precisa maiores investimentos, pelo que a oportunidade da implementação é adiada até que seja realmente necessário.

Os casos de sucesso analisados durante este trabalho são os seguintes:

## 10.2 Operador importante. Preparação bem-sucedida para a transição.

Embora possa não ser estritamente classificado como um caso de sucesso pelos resultados atuais em termos do indicador de LACNIC/CAF ICAv6, um ISP grande multinacional que presta serviços residenciais, atacado, móveis e corporativos, tem um plano bem definido e

avanzado para a implementação do IPv6. É interessante observar o trabalho realizado e a orientação dada a seu projeto.

A nível internacional, há 5 anos foi adotada a estratégia de migrar para o IPv6 em todas as operações. Nesse momento em que estavam sendo estabelecidas as técnicas de Dual Stack e DS-Lite, foi adotada a primeira delas. Os motivos principais foram em primeiro lugar para enfrentar precocemente a situação da escassez de endereços IPv4 com altas taxas de crescimento da banda larga, e adicionalmente motivos institucionais. Este plano foi iniciado com um inventário detalhado de todos os equipamentos da rede e da sua capacidade para ser atualizados ao IPv6, se já estava preparado, etc. Em geral, os agregadores foram aqueles com maior necessidade de substituição.

A operação que se comenta, em um dos países visitados, começou dois anos atrás com os testes de conceito, experiências piloto, condicionamento dos equipamentos, adequação dos sistemas, etc. em todas as áreas de negócio e principalmente nos varejistas fixo e móvel. Devido às dificuldades próprias das redes móveis, os testes piloto para as redes fixas puderam acabar antes. A rede de transporte desse operador integrado está operando há tempo no IPv6 usando 6VPE. Os sistemas provisioning e outros sistemas também estão preparados para o IPv6, bem como os agregadores e os CPE xDSL.

Os clientes corporativos não apresentam requerimentos atuais nem futuros prementes como para que os serviços sejam fornecidos no IPv6, pelo que esse serviço não tem valor comercial. Igualmente é fornecido o IPv6 sobre MPLS usando 6VPE com CPE e roteadores em Dual Stack. Esta observação é importante já que válida independentemente do país e do provedor.

Quanto aos clientes atacadistas há tempo que este operador já está prestando serviços, inclusive peering no IPv6. O motivo principal é que os clientes atacadistas,

quando têm ou preveem ter clientes finais com IPv6, são obrigados a dispor de serviços IPv6 de tráfego ou peering.

No que respeita aos clientes varejistas fixos e móveis, o IPv6 tem nenhum valor comercial, de modo que também neste caso, a implementação será realizada de acordo com as necessidades ou estratégias de desenvolvimento assumidas pelo operador.

A modalidade adotada a nível de todas as operações é a de Dual Stack com acesso nativo IPv6, e CGNAT44 dinâmico para continuar suportando os serviços que ainda requerem IPv4. É uma estratégia interessante que minimiza os investimentos descartáveis no futuro, diminuindo a demanda dos endereços IPv4 para todos os serviços que podem ser prestados sobre o IPv6. Enquanto que inicialmente o CGNAT é centralizado, a evolução dos serviços de alta velocidade, como o vídeo, está impulsionando o modelo descentralizado aproximando os NAT às bordas onde está a agregação.

O consultor assinala que esta estratégia dá lugar a maiores custos de O&M da rede por ter de manter o Dual Stack, mas observou que os estudos económicos foram favoráveis a esta solução.

As implementações de alta velocidade são baseadas principalmente em FTTC e VDSL.

A estratégia não implica a substituição total de terminais de clientes por Dual Stack, não sendo requerido pelos clientes por serem agnósticos à tecnologia enquanto recebam um serviço de qualidade. A substituição de terminais será feita gradativamente quando atinjam à obsolescência, ou for exigido pelos prestadores do serviço. O consultor assinala que o custo dos terminais é uma percentagem importante do investimento na implementação do IPv6 no acesso, como é observado no estudo de custos no modelo. Do outro lado, em termos de móveis, a própria reposição acelerada por parte dos clientes faz com que seja esperada uma implementação de alto impacto no ISP móvel.

### **10.3 Caso de sucesso. Cooperativa das Telecomunicações Cochabamba Ltda. (COMTECO).**

A Cooperativa das Telecomunicações Cochabamba é o operador que impulsionou até hoje a implementação do IPv6 na Bolívia, sendo responsável do alto indicador relativo da Bolívia em relação aos usuários potencialmente habilitados para o IPv6. É prestadora de serviços de televisão a cabo, telefonia móvel através de sua participada NUEVATEL - VIVA, longa distância, banda larga, Internet via satélite, televisão por satélite e outros.

No final de 2010 tomou a decisão de implementar o IPv6 NA sua rede, em 2012 é solicitado um prefixo IPv6 a LACNIC e em 2013 levanta um enlace BGP no IPv6 com seu provedor de tráfego e publica o prefixo 2803:9400::/32. Nos primeiros testes observou que mesmo que os roteadores de borda, os DNS, alguns modelos de modem e demais operavam no IPv6, não era assim com o AAA.

Em paralelo, no início de 2013, realizou uma licitação para mudar o core da plataforma e na mesma foi incluída a compatibilidade com o IPv6. Em março de 2014 foram realizados os primeiros testes e foi iniciada a implementação para o cliente em 22 de agosto de 2014 com a técnica Dual Stack.

O operador entende que não vai precisar CGNAT até 2017.

Por isso, é o único caso de sucesso observado que tomou uma decisão precoce de planejamento e implementação do IPv6 sem ter a necessidade ainda de usar CGNAT. Por isso, aproveitou a substituição de equipamentos ou de instalação de novos equipamentos, para se antecipar a uma necessidade futura, levando em conta que para este operador apenas em 2017 começariam a faltar os endereços IPv4.

Para dezembro de 2014 registrava 4.000 usuários do IPv6 na hora de ponta, com 300 Mbps. de tráfego no IPv6.

Em outubro de 2015 esses valores passaram para 17.000 usuários e 2 Gbps. de tráfego total. Para este momento 40% dos clientes estão preparados para o IPv6.

COMTECO entende que os usuários não sabem se usam o IPv4 ou o IPv6, mas sim foi notada mais latência nos sites IPv6 em algumas ocasiões.

Hoje, enquanto cresce sua base de usuários IPv6, continua desenvolvendo essas tarefas de transição para o IPv6: configuração dos elementos dos servidores, DNS, Firewalls, AntiSpam e portais de autenticação.

Essas ações surgem da previsão precoce da necessidade de migrar para o IPv6 e da oportunidade de ter de substituir equipamento, que já foi comprado compatível com o IPv6, em particular nas compras dos CPE.

Não encontrou problemas nem necessidade de mudanças no BSS, em parte porque a tarifa é plana.

### **10.4 Caso de sucesso. Corporação Nacional das Telecomunicações E.P. (CNT)**

A CNT tomou a decisão estratégica precoce de implementar o IPv6, impulsionada pelos dois acordos

do Ministério das Telecomunicações e da Sociedade da Informação de 2011 e 2012<sup>16</sup> destinados ao desenvolvimento de redes IPv6 no Equador, e pela falta prevista no estoque de endereços IPv4.

Adicionalmente a CNT começou a crescer com força em número de clientes de acesso fixo à Internet, o que trouxe maiores exigências para seu estoque de endereços IPv4<sup>17</sup>. Até 30 de junho de 2015 a CNT tinha 814.143 contas de acesso dedicadas à Internet e 57,47% do mercado. Este crescimento foi de várias vezes em poucos anos, que somado à escassez de endereços IPv4, contribuiu à mais rápida tomada de decisão da implementação do IPv6 na rede fixa.

A implementação na rede fixa é com a técnica Dual Stack e CGNAT, em uma decisão alinhada com as de quase todos os operadores da região. Por agora, o esforço está concentrado na rede fixa, adiando a decisão em relação à rede móvel na qual está sendo usado o CGNAT. Um dos possíveis problemas que requerem atenção nesta rede móvel são os terminais.

Quanto aos clientes corporativos, eles não querem passar para o IPv6.

Na rede fixa a implementação começou precocemente em 2011 - 2012. Nessa implementação é destacado o uso precoce de CPE sem fio Dual Stack desde 2012, em que aproveitando uma alta taxa de reposição consegue-se ter até hoje mais CPE Dual Stack que usuários que possam ser habilitados no IPv6 por motivos alheios ao CPE. Quer dizer que houve avanços nos terminais de acesso, o que vai levar a um aumento significativo de usuários conforme sejam completadas as implementações menores na rede de acesso, como são alguns BRAS. Do outro lado, todo o core é Dual Stack, e não apresenta nenhum problema a nível de sistemas e outros equipamentos no backoffice.

Em suma, é uma rede totalmente preparada para o IPv6, com avanços significativos na implementação do CPE Dual Stack, pelo que se espera que no futuro próximo sejam observados avanços significativos no número de contas com o IPv6. O consultor assinala que a maioria dos operadores encontram no custo da implementação do CPE um dos obstáculos para o rápido aumento do número de usuários fixos IPv6. Por isso é que, em geral, decidem passar para o IPv6 nas etapas de substituição de equipamento. Neste caso, a substituição por CPE IPv6 compatível foi precoce.

Os clientes não encontraram diferenças perceptíveis. A implementação foi cuidadosa, através dos planos pilotos sucessivos, durante os quais foram resolvidos os problemas que surgiram, e até hoje a implementação não apresenta problema nenhum.

Nos testes piloto começaram os serviços com o Dual Stack operativo. Ao acontecer alguns problemas com os CPE desconectaram uma das alternativas, detectando um problema que foi resolvido com atualização de software.

Neste momento a CNT está trabalhando no aprimoramento dos sistemas de gestão da rede a fim de obter melhor eficiência operacional.

Em conclusão, observa-se que agir cedo para aproveitar as substituições naturais de equipamentos por outros novos que operem no IPv6, leva a uma transição ordenada, sem grandes problemas, deixando a rede igualmente preparada para uma evolução de acordo com o avanço de conteúdos e aplicativos IPv6, reduzindo gradualmente o uso do IPv4.

### 10.5 Caso de sucesso. Telefônica do Peru S.A.

Este operador apresenta os indicadores mais altos de implementação na região.

Considerando as altas taxas de crescimento e sua estratégia para enfrentar o futuro esgotamento do estoque de endereços IPv4, principalmente comandado pelos serviços móveis e também pelos serviços fixos ADSL (Speedy) cujo crescimento natural é alto e principalmente em HFC, o operador desenvolveu precocemente desde 2008 uma estratégia para uma implementação intensa, acompanhada de ações de culturalização com sessões direcionadas para empresas e instituições que são importantes para acompanhar o desenvolvimento, bem como de divulgação de conhecimentos, etc. Portanto, a percepção precoce do esgotamento dos endereços IPv4 foi o principal motivo de todo o projeto de transição para o IPv6. Com a estratégia adotada começaram a ser liberados endereços IPv4 na área de serviços ADSL, permitindo usar esses endereços liberados para uma evolução mais leve nas outras áreas.

Como parte desse plano, começaram com os testes em 2010.

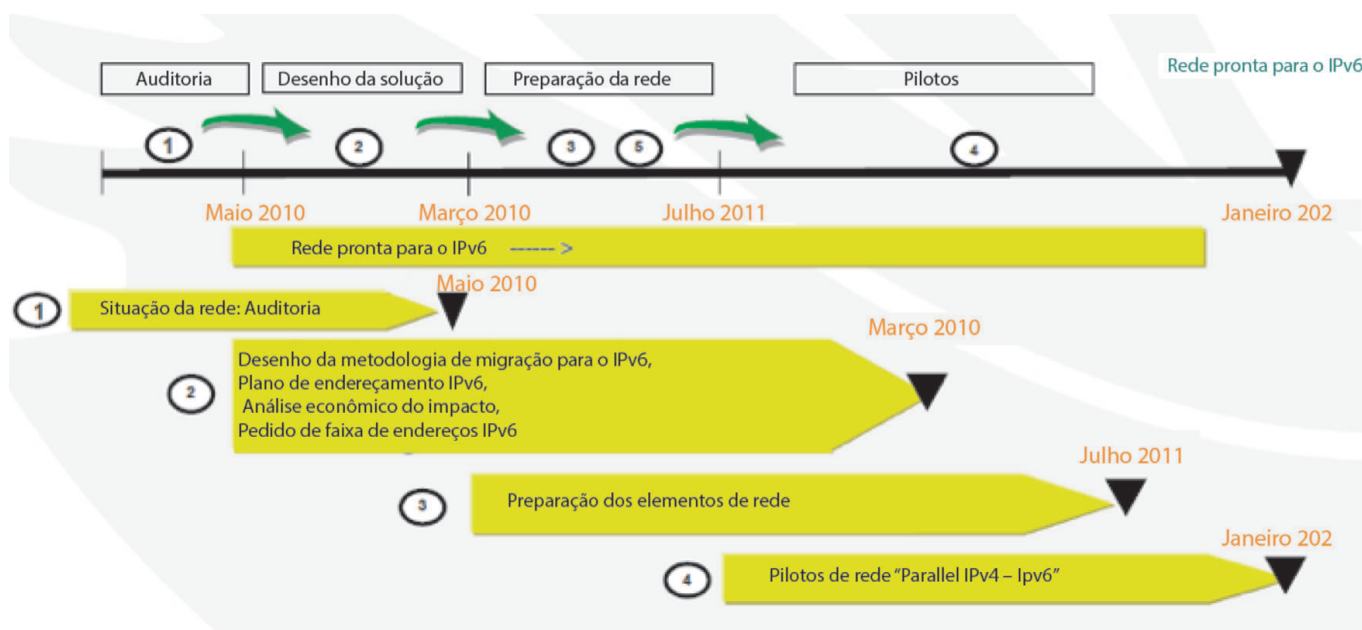
Esta implementação fez com que a operação no Peru liderasse a implementação do IPv6 das diferentes operações da Telefônica na região. A seguir são descritas as principais etapas, segundo a apresentação realizada pela empresa em LACNIC 24 LACNOG em Bogotá, 2015.

Em 2009 houve alarmes de esgotamento de endereços IPv4 pelo que se observou que era necessário começar a usar o IPv6 em 2012. Para esse momento outros operadores como NTT, Orange e COMCAST já tinham começado a implementação.

Nesse momento a Telefônica tinha cerca de 1,2 milhões de endereços IPv4 e 1,1 milhões de clientes fixos. Ao mesmo tempo os clientes móveis já estavam usando serviços através do CGNAT. Assim, resultou imprescindível passar a usar Dual Stack com o CGNAT.

Em resumo, sua estratégia foi:

1. Usar Dual Stack com o CGNAT em todo o crescimento futuro da rede.
  2. Manter aos clientes com alto valor com endereços IPv4 públicos.
  3. Oferecer serviços IPv6 para todos os prestadores de conteúdo que o solicitassem.
- Foi desenvolvido um plano de transição que é apresentado no gráfico a seguir:



Foram identificadas como ações principais:

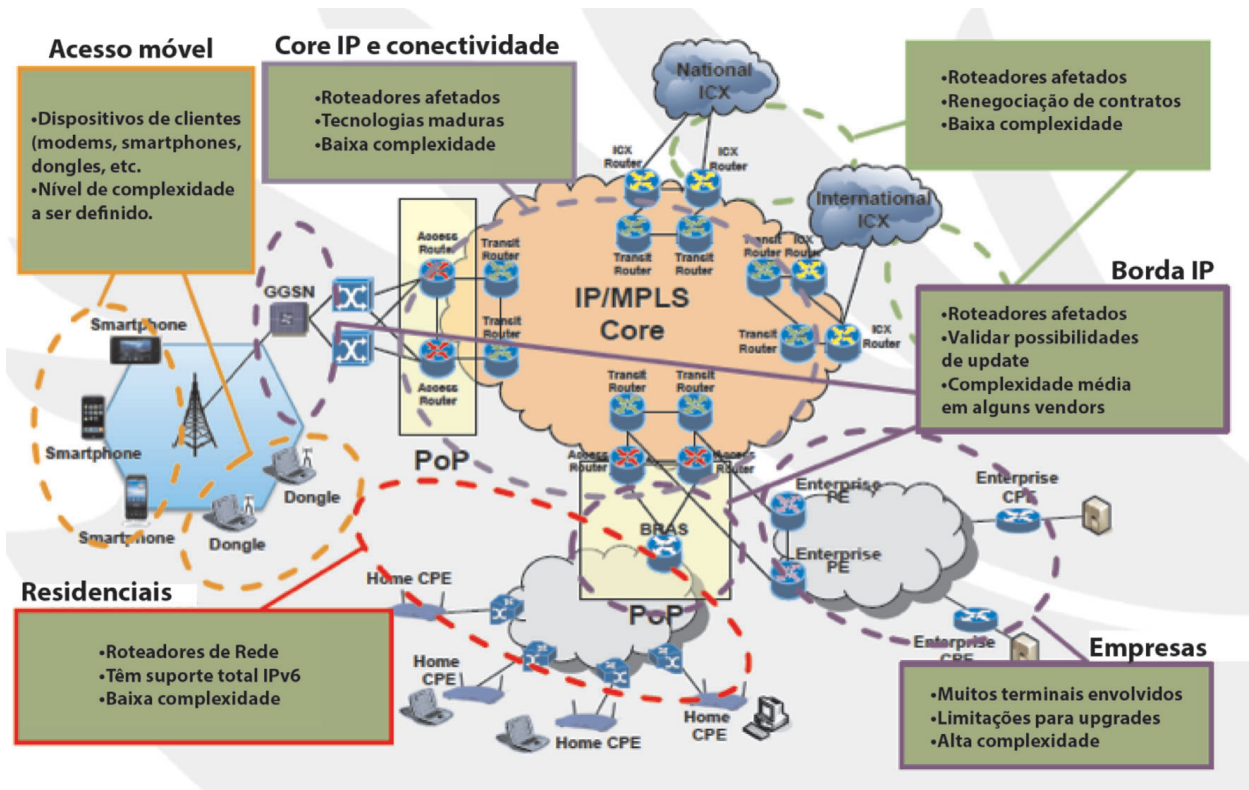
- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Garantir que os CPE suportem Dual Stack de forma gradativa.</li> <li>2. Fornecer capacidade Dual Stack na borda (BRAS e GGSN) e DNS.</li> <li>3. Garantir que os sistemas OSS suportem Dual Stack.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 27% dos endereços IPv4 está sendo usado através do CGNAT e o 83% restante é usado como IPv4 públicos.</li> <li>2. Quanto ao uso dos endereços públicos, 20% são IPv6 e 80% são IPv4.</li> </ol> |
|---|---|

O gráfico abaixo mostra as diferentes partes da rede, dificuldades e procedimentos a seguir. É um exemplo interessante de uma estrutura completa de rede fixa e móvel de um operador integrado horizontalmente e os principais pontos e questões de cuidados. Cada parte desta rede foi analisada individualmente a partir de um inventário realizado no início do processo de transição da Telefônica.

Observa-se que os endereços IPv6 desempenham um papel importante conjuntamente com 27% dos endereços IPv4 usados através de NAT.

Hoje, a Telefônica do Peru tem 1,6 milhões de clientes de acesso fixo, superando amplamente o número de endereços IPv4. Por esse motivo a situação é a seguinte:

A adoção precoce de medidas para mitigar a redução do estoque de endereços IPv4 permitiu que a Telefônica já esteja implementando endereços IPv6, os que removem a pressão sobre o uso dos endereços IPv4, muitos dos quais ainda podem ser usados como públicos. Isso possibilita um caminho progressivo sem pressões por problemas de qualidade decorrentes das grandes partilhas dos endereços IPv4. Do outro lado, essa adoção precoce permitiu a implementação da rede Dual Stack através das atualizações progressivas da rede, sem



necessidade de realizar investimentos exclusivamente para a transição.

O plano geral envolve:

1. O IPv6 começou a se implementado na rede ADSL em 2012 com CPE Dual Stack e WiFi.
2. Para 2016 começaria a ser implementado o IPv6 para clientes corporativos para os quais a rede está pronta, e para os da rede HFC.
3. Estima-se que em 2017 a implementação chegue aos serviços móveis seguindo a mesma técnica de Dual Stack com CGNAT.

Todas as altas de serviços são realizadas com CPE Dual Stack, e como já foi apontado acima, o avanço do uso do CGNAT é efetuado por nós nos que seja necessário reduzir gradualmente o uso de IPv4 público.

Quanto aos grandes clientes, apenas as universidades solicitam IPv6, não foi percebida procura por parte dos clientes corporativos, nem mesmo os de terminação internacional no Peru.

Devido à adoção precoce da estratégia de transição, os sistemas internos começaram a ser atualizados

progressivamente sempre que necessário, portanto isso não representou um problema. Os sistemas BSS são transparentes ao endereçamento usado e somente foi necessário atualizar o provisioning.

Com relação ao sistema HFC estão trabalhando no provisioning e na validação dos CM. Os CMTS já estão validados. Até o momento estão usando endereços públicos, mas também neste serviço será usado Dual Stack com CGNAT.

## 11. EXPERIÊNCIAS BEM-SUCEDIDAS EXTRA REGIÃO LACNIC.

Nesta seção se faz uma pequena descrição de outros casos selecionados de implementação importante no mundo. Usa-se como referência um documento de março de 2015 elaborado por um grupo de especialistas da União Europeia e da China<sup>18</sup>.

### 11.1 France Telecom – Orange.

É uma empresa multinacional com operações em 32 países com cerca de 250 milhões de clientes. Opera principalmente no mercado móvel, no acesso à Internet de banda larga e em serviços corporativos.

Em 2008 lançou um programa para realizar um inventário de todos os equipamentos e sistemas que podiam ser potencialmente afetados pela implementação do IPv6, avaliando o impacto técnico e econômico. Este programa foi organizado em três fases para todos seus serviços fixos móveis, residenciais e corporativos.

1. Introdução, em 2008 - 2009.
2. Migração de serviços, de 2009 a 2013.
3. Produção. Esta fase começou a partir de 2013 de acordo com as necessidades decorrentes pela escassez de endereços de cada uma das operações.

Foi adotada a técnica de Dual Stack, que é considerada a mais eficiente e direta no que refere à transição desde o ponto de vista técnico e econômico. Destacam-se os seguintes aspectos de sua arquitetura:

1. Os CPE são roteadores Dual Stack.
2. Tanto aos CPE (fixo) quanto aos UE (móvel) é designado dinamicamente por defeito um prefixo IPv6 /56 seja residencial ou corporativo, pelo menos na região RIPE. Os clientes corporativos podem solicitar um /48 como opção. Os prefixos são designados aos CPE através de DHCPv6.
3. Os UE suportam CLAT e a eles é designado um /56. Aos clientes móveis é fornecida uma conexão só IPv6 baseada em um único contexto PDP<sup>19</sup> IPv6. De qualquer maneira as operações de Orange, dependendo do desenvolvimento de suas redes e das condições comerciais, podem optar por passar por uma fase de transição de Dual Stack e usar dois contextos PDP diferentes, ou um único contexto Dual Stack, IPv4v6.

4. No core o tráfego IPv6 é transportado nativamente em uma rede 6PE sobre MPLS. Assim, os roteadores se convertem em Dual Stack sem mudar nada da rede IPv4 MPLS.

Orange previu peering IPv6 desde 2002 e serviços VPN IPv6 desde 2009. Orange da Polônia foi a primeira operação que começou a prestar serviços em massa fixos e móveis IPv6 em novembro e março de 2013, respectivamente. Em dezembro de 2014, 25% do tráfego da Orange na Polônia era IPv6.

Outras operações como as da Espanha e França começariam a implementação em massa em 2016 ou 2017. Na França, foram realizados testes internos durante 2013 e estava previsto para 2015 iniciar o teste de campo com mais de 100.000 clientes de FTTH.

Para a África, a Orange está trabalhando na preparação da transição embora não esteja prevista a escassez de endereços IPv4 até 2019. Este movimento está principalmente motivado na previsão de que vai começar a ter conteúdo só no IPv6, conteúdo que não seria acessível para os clientes se eles se mantiverem só no IPv4.

**Do outro lado prevê o desenvolvimento da Internet das Coisas que certamente vai distorcer a situação atual da Internet. Observa os seguintes desafios:**

1. A necessidade de que possam ser identificados de forma inequívoca todos e cada um dos objetos, independentemente da tecnologia e de se são fixos ou móveis.
2. A capacidade de suportar um aumento importante do tráfego nos acessos e no core, o que impactaria fortemente em seu desenho considerando o volume e o perfil do tráfego que será gerado entre as coisas.
3. As características dos serviços prestados que impactarão nas políticas de gestão do tráfego, a priorização (por exemplo, nos serviços médicos), a confiabilidade e robustez das rotas, etc.

A Orange considera muito importante que os vendedores estejam alinhados com os planos dos operadores para apoiar os desafios da transição. Também entende que a educação e a capacitação no IPv6 devem ser permanentes para atingir o sucesso através do

18- Projeto financiado pela União Europeia para fortalecer a cooperação da União Europeia e da China na implementação do IPv6 e nas atividades de pesquisa e experimentação da Internet futura (FIRE).

19- O contexto nestes casos faz referência ao circuito virtual de dados, o túnel, desde a terminal do usuário até a rede de pacotes externa à do serviço móvel. Também chamado contexto PDP/PDN nas redes GPRS/UMTS. PDP é o Protocolo de Pacotes de Dados e PDN é a Rede de Pacotes de Dados, os dois por suas siglas em inglês. Nas redes LTE esses circuitos virtuais são chamados de portadores EPS e cumprem uma função similar. EPS é o Sistema de Pacote Evoluído, também por sua sigla em inglês.

conhecimento de todas as partes interessadas.

Reitera o que também foi observado nas reuniões realizadas com LACNIC nos países da região, em termos de que os problemas a serem resolvidos são variados, não principalmente técnicos e de diferente grau de dificuldade, dependendo do caso: formação para o NOC, o pessoal de marketing e os gerentes, entre outros, as plataformas de serviços, os sistemas em geral, etc.

## 11.2 Deutsche Telekom.

Em dezembro de 2012 Hrvatski Telekom, uma operação da Deutsche Telekom (DT) na Croácia que fornece serviços fixos e móveis residenciais e empresariais, lançou o teste de TeraStream, uma rede nativa IPv6 baseada em uma combinação de vanguarda de tecnologias de rede e da nuvem que DT considera implementar em suas operações.

Mas em geral a DT fornece serviços móveis IPv6 em 16 países e serviços fixos em 11 países, em todos os casos devido ao esgotamento dos endereços IPv4. Desde 2012 todos os serviços fixos novos são fornecidos com Dual Stack.

**Em relação às redes móveis a DT considera o seguinte:**

1. Existem dois impactos principais do IPv6 nas suas redes: as plataformas que transportam o tráfego e as plataformas que processam endereços IP na camada de aplicativos.
2. O suporte de Dual Stack é como segue:
  - a. Duas portadoras PDP primárias IPv4 e IPv6 desde o Rel-99 do 3GPP.
  - b. Nova rede de dados (PDN) IPv4v6 desde o Rel-8 de LTE e Rel-9 de redes 2G/3G.
3. O desenvolvimento do suporte IPv6 é requerido nos terminais, o core, a rede de transporte e nos sistemas OSS/BSS.
4. As novas arquiteturas de rede como a TeraStream mostram que o IPv6 dá uma melhoria substancial à experiência dos clientes e uma poupança significativa de custos para o operador.

## 11.3 Telefônica.

São analisadas duas questões principais na transição para o IPv6 desde a ótica da Telefônica. Na análise dos diferentes países da amostra já foi observado como suas operações na região foram alinhando com estes guias corporativos desde 2009-2010.

### 11.3.1 Metodologia da transição para o IPv6.

A metodologia mais comum adotada em cada operação da Telefônica parece bastante com a adotada na Espanha.

1. Testes precoces nos laboratórios de rede e de I&D. A maioria das redes foram envolvidas nos testes do IPv6 desde cerca de 15 anos atrás, principalmente através de projetos colaborativos com as universidades ou dentro de iniciativas nacionais e regionais. O mais notório foi o Euro6IX financiado pela União Europeia e que teve lugar entre 2002 e 2006.

2. Auditoria do impacto das redes. Muitas das redes já passaram por esta fase em que as partes afetadas são identificadas e as ações e custos relacionados são previstos. As áreas em estudo são os nós de peering, o core, os nós de acesso, CPE e UE, BSS/OSS e as áreas de marketing (definição do serviço / produto).

3. Transição da rede core e dos nós de acesso. Esta área de trabalho envolve intensa e basicamente os recursos humanos dos departamentos de planejamento e engenharia de redes de cada operação. Os trabalhos de transição no core e nos nós de tráfego e ou peering, são os mais simples e ao mesmo tempo essenciais antes de desenvolver o IPv6 em outras partes da rede. Usualmente o tráfego do core é levado sobre a rede MPLS depois de habilitar 6PE nos roteadores da borda. Quanto à transição da rede de acesso deve primeiro ser escolhida uma estratégia e depois migrar os nós que não suportam o IPv6 a nível de carrier. A estratégia depende de vários fatores como o estado atual da rede, o estoque de endereços IPv4, o amadurecimento e disponibilidade do equipamento requerido para cada técnica, etc. Como a implementação do IPv6 começa quando começam a faltar os endereços IPv4, o Dual Stack puro com IPv4 globais em geral deve combinar-se com outras técnicas de partilha de endereços IPv4.

4. Implementação comercial do IPv6. Esta fase complexa envolve a definição dos serviços, a engenharia de rede e as áreas de operação e gestão. Na Espanha, esta etapa ainda não começou, uma vez que priorizaram outras implementações como LTE e redes de fibra.

### 11.3.2 Estratégia da transição para o IPv6.

Como foi mencionado, a Telefônica entende que não há apenas uma solução para todas as operações devido à diversidade de arquiteturas, equipamentos, serviços e agendas de implementação. Em geral os seguintes aspectos poderiam ser um guia:

1. Redes fixas residenciais de banda larga. A técnica de Dual Stack será a estratégia principal sempre que

for possível. Se há escassez de endereços IPv4 deve-se apelar aos CGNAT. As técnicas de PCP (Port Control Protocol) são necessárias devido ao duplo NAT a nível do carrier e do cliente, de modo que o terminal possa controlar a forma em que os pacotes IPv4 e IPv6 são traduzidos e enviados pelo roteador que opera como NAT. Na Espanha os clientes são fornecidos com um endereço IPv4 dinâmico, um prefixo dinâmico IPv6 /60 e um dinâmico /64 para a conectividade WAN do roteador.

2. Banda larga móvel. Neste momento os usuários são fornecidos com um endereço IPv4 privado no contexto PDP principal. Quanto ao IPv6, será fornecido um bloco dinâmico /64 no mesmo contexto PDP (3GPP Rel-8 LTE e Rel-9 2G/3G). Quer dizer que usa a técnica do Dual Stack em um só contexto ou portadora EPS.

#### 11.4 Conclusões.

**Nesta breve revisão de casos de sucesso de fora da região, podemos concluir o seguinte:**

1. Orange começou a trabalhar precocemente na preparação para a implementação do IPv6 através de um programa de três fases que culminaram em 2013.

2. A implementação está sendo feita nas operações na medida em que estejam reunidas as condições necessárias, tendo começado na Polônia em 2013.

3. Na África não está sendo prevista a escassez de endereços IPv4 até 2019, mas de qualquer forma a Orange está trabalhando na preparação da implementação prevendo que podem começar a ser desenvolvidos sites acessíveis apenas no IPv6.

4. Considera-se muito importante que os vendedores estejam alinhados com os planos dos operadores para apoiar os desafios da transição.

5. Entende-se também que a educação e a capacitação no IPv6 devem ser permanentes para atingir o sucesso através do conhecimento de todas as partes interessadas.

6. A duração do projeto de transição pode levar vários meses inclusive vários anos, dependendo das particularidades das redes, tamanho do país, etc.

7. DT entende que a implementação do IPv6 afeta não apenas a rede mas também todos os sistemas como os OSS/BSS.

8. O uso do IPv6 nativo dá uma melhoria substancial à experiência dos clientes e uma poupança significativa de custos para o operador.

9. A Telefônica apresenta as etapas principais para a implementação do IPv6, que estão alinhadas com as de outros operadores e com a lógica da implementação: testes prévios de laboratório, auditoria do impacto do IPv6 na rede e nos sistemas, transição do core e dos nós de acesso e por último, a implementação em massa para os clientes.

10. A Telefônica optou pelo Dual Stack para as redes fixas e o Dual Stack no mesmo contexto para as redes móveis.



## 12. IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DA IMPLEMENTAÇÃO DO IPV6.

A importância estratégica desta implementação pode ser observada em dois planos: a nível de país através das prestações do serviço da Internet para os usuários, e a nível dos provedores.

Em relação aos provedores, que são os agentes mais ativos nesta implementação já foram amplamente analisados nas seções anteriores todos os aspectos envolvidos tanto qualitativa como quantitativamente, sublinhando a importância estratégica que tem para eles e como eles estão enfrentando a transição de forma eficiente.

Nesta seção será analisada a importância estratégica a nível do país.

### 12.1 Impacto principal atual da adoção do IPv6 na produtividade dos setores público e privado.

Nesta seção é analisado o impacto da transição para o IPv6 com as condições atuais do mercado. Na seguinte seção são analisadas certas tendências que podem resultar em mudanças mais drásticas na implementação.

O impacto sobre a produtividade pode vir de dois aspectos principais que já foram analisados: a qualidade do serviço que influencia nas operações realizadas na Internet (consultas, troca de documentos e outros), e a possibilidade ou não do uso de determinados conteúdos e aplicativos. Este impacto é semelhante nas atividades de lazer.

Enquanto um ISP fornece serviços de acesso à Internet com endereços IPv4 e sem partilha, como acontece quando tem estoque suficiente em relação ao seu crescimento em número de clientes, o usuário não vai encontrar problemas e não encontraria melhorias se o ISP também lhe fornecesse endereços IPv6, por exemplo através do Dual Stack.

No caso dos mercados que têm suficientes endereços IPv4, como no Chile, em que há estoque pelo menos para dois anos, ou dos ISP de baixo crescimento de usuários como os que são somente corporativos, não existe uma forte pressão para passar a partilhar, pelo que a solução de continuar usando endereços IPv4 públicos é adequada se ao mesmo tempo é previsto e iniciado o processo de transição.

Esta situação pode se manter estável sempre que não comecem a aparecer conteúdos e aplicativos que só sejam acessíveis com o IPv6. Embora não existam estudos que indiquem quando poderia ser dada esta situação, há operadores que já iniciaram o processo

de migração para preveni-la, mesmo tendo estoque suficiente de endereços IPv4, como a Orange em suas operações na África.

Nos mercados do acesso à Internet em concorrência existe uma retroalimentação que faz com que os ISP prestem o serviço com a qualidade requerida pelos usuários, e que adotem a transição oportuna para o IPv6 tão logo vejam ou prevejam os efeitos negativos de manter-se partilhando endereços IPv4. Algumas vezes, como foi observado durante as entrevistas, os ISP implementam IPv6 e continuam usando o CGNAT, mas entregam endereços IPv4 públicos quando os clientes reclamam pela qualidade. Tudo isso faz parte de um equilíbrio que aperfeiçoa os investimentos dos ISP mantendo a qualidade do serviço. Assim, o impacto sobre a produtividade da transição para o IPv6, e do momento de início e da velocidade da implementação, é amortecido.

Adicionalmente, os ISP fornecem endereços IPv4 públicos para seus clientes corporativos ou instituições estatais e universitárias, já que os endereços IPv4 partilhados não suportariam partilhas importantes e simultâneas nas redes privadas para o interior das empresas, e porque assim é exigido por seus clientes. Portanto, onde a partilha de endereços IPv4 mais poderia afetar a produtividade, essa situação não acontece.

Em conclusão, a concorrência entre os ISP leva a adotar uma série de medidas, tanto no mercado de massa quanto no corporativo, que eliminam ou diminuem em forma importante, os possíveis impactos negativos sobre a produtividade durante o período de transição para o IPv6 e nas condições atuais.

### 12.2 Impacto com visão prospectiva da adoção do IPv6 na produtividade dos setores público e privado.

O impacto analisado na seção anterior refere ao comportamento a nível macro, que mostra uma retroalimentação que leva a uma convergência geral da oferta e da procura, nas condições atuais. Quer dizer que os ISP procuram a forma mais eficiente de satisfazer a procura em volume e qualidade do serviço.

Nesta seção se faz uma análise qualitativa com visão prospectiva de outros efeitos que pode ter a transição para o IPv6 sobre a produtividade de acordo com a forma como se adapte às novas exigências. Uma análise quantitativa requereria avançar em um conhecimento mais preciso sobre a evolução futura da transição, as políticas adotadas pelos ISP, a adequação dos ISP às novas exigências, a adaptação dos usuários

e desenvolvedores de aplicativos, os requisitos das tecnologias emergentes sustentadas na Internet, entre outros.

As dificuldades que podem ocorrer com certos aplicativos nas redes com o CGNAT, embora os ISP adotem medidas de mitigação a nível macro, têm efeitos econômicos devido à incerteza dos custos de transação adicionais nos aplicativos que usam a Internet. Com a introdução da incerteza quanto a se um aplicativo determinado irá operar em ambientes diferentes, por exemplo, em ambientes de usuários que estão em redes com CGNAT, os custos de transação são aumentados e, portanto, o empreendedorismo é desencorajado. As grandes empresas desenvolvedoras de serviços na Internet não têm maiores problemas com essas dificuldades gerando uma barreira para as pequenas empresas.

Do outro lado se observa que o uso do CGNAT aumenta a latência entre 15% e 40%, dependendo da fonte de informação ou do protocolo de medida. Há neste momento um número muito alto de aplicativos em desenvolvimento ou sendo implementados como é o controle de veículos em movimento, acionamentos a distância, tele cirurgia e outros semelhantes relativos à Internet das Coisas (IoT) para os que a redução da latência é fundamental e necessariamente deve estar por baixo de certos limiares de segurança. O uso do CGNAT deveria ser evitado nestes aplicativos.

A IoT aplicada a nível empresarial também requer da possibilidade de construir várias sub-redes independentes para funções como segurança, controle do ciclo produtivo, administração e outras. Estas sub-redes são facilitadas através do uso de endereços IPv6.

Ao mesmo tempo começam a aparecer outros tipos de objeções respeito ao IPv4, como a do Gerente de Projetos de tecnologias emergentes de SK Telecom quando indicou em @Scale 2015 que aplicativos sensíveis às latências, como os controles veiculares, não seriam possíveis com o IPv4. Este tipo de questões recentemente emergentes, relativas à IoT, deveriam ser objeto de acompanhamento já que parecem não encaixar nas previsões através de ações a nível macro descritas na seção anterior.

Essas são apenas algumas das objeções que vão surgindo à medida que são desenvolvidos novos aplicativos, principalmente os relativos à Internet das Coisas; isto poderia impor uma aceleração na implementação do IPv6.

Considera-se que o avanço da IoT vai gerar um impacto importante na Internet devido a que está prevista

a conexão de bilhões de dispositivos inteligentes e direcionáveis independentemente. Um dos fundamentos da IoT é que sem o uso de endereços públicos as possibilidades ficam severamente reduzidas. Quando esse avanço acelerar, e para maximizar seus benefícios, será necessário poder identificar inequivocamente cada dispositivo independentemente da tecnologia, se é fixo ou móvel ou ainda se mudar de ISP, deverá ser possível a mobilidade e o “multi homing”, deverá ser possível gerenciar o tráfego que vai crescer de forma significativa, fornecer rotas robustas, garantir a confidencialidade, permitir a autoconfiguração dos dispositivos e permitir a priorização seletiva do tráfego.

Todas essas condições, que exigem o desenvolvimento da IoT, serão um forte incentivo para a implementação e prestação de serviços em IPv6, porque somente os serviços baseados neste protocolo as cumprem, e também permitem estender à Internet para os dispositivos do usuário, os sistemas e praticamente qualquer equipamento ou coisa que se beneficie da conectividade à Internet.

### 12.3 Ganhos de eficiências técnica e econômica da implementação do IPv6.

As múltiplas melhorias técnicas repercutem sobre a eficiência econômica direta (por exemplo, no uso reduzido do CGNAT) ou indiretamente (por exemplo, pela melhor operação de aplicativos, o uso de sub-redes conectadas diretamente à Internet nas corporações e outros). Os seguintes aspectos, que se encontram entre os principais, permitem melhorar a eficiência técnica e econômica com o uso do IPv6.

1. Permite expandir o número de usuários de uma rede com endereços públicos apesar do esgotamento dos endereços IPv4, mantendo os princípios de conectividade de extremo a extremo e a simplicidade da rede de acesso e de transporte, trasladando a inteligência para os extremos dos usuários. Em suma, permite a conexão simples, direta e eficiente entre quaisquer dos usuários da Internet.

2. Devido ao número de endereços disponíveis é possível ter sub-redes em cada cliente final para diferentes fins (rede administrativa, rede de câmaras de segurança, etc.) com conexões diretas ponto-a-ponto sem necessidade de usar servidores intermediários.

3. A comunicação nas redes móveis implica atualmente que o tráfego em deslocamento seja sempre comandado centralmente pelo operador, o que apresenta dificuldades. Está se trabalhando para que no IPv6 seja possível a gestão distribuída da mobilidade, como pode ser observado na RFC 7429 de janeiro

de 2015, melhorando a qualidade e simplificando a gestão, principalmente ante a expansão em massa de dispositivos móveis. Nesse sentido, a mobilidade implica a movimentação de uma rede para outra mantendo o endereço IP, enquanto o multihoming permite estar conectado a mais de um ISP ao mesmo tempo.

4. Somente os serviços que oferecem IPv6 permitem o desenvolvimento pleno dos benefícios da IoT.

5. O roteamento é mais simples. É possível a agregação de prefixos dos usuários de uma mesma rede em um único prefixo para sua publicação, e também é eliminado o controle de erro em cada salto da rede. Isso é possível devido aos controles de erro em outras camadas acima e abaixo da camada de rede, em que opera o protocolo IP, e à melhor qualidade da transmissão nas redes atuais. A possibilidade de adicionar rotas no IPv6 é bem superior que no IPv4, já que este último protocolo permite longitudes variáveis para os hosts e as redes, enquanto que o IPv6 reservou uma porção definida de 64 bits para identificar cada parte do endereço: a rede e a interface (host) dentro da rede. Isto faz com que seja possível adicionar cada vez mais, à medida que é carregado na rede: /56, /48, etc.

6. Quando é usado o CGNAT acontece um aumento da latência, o que piora os benefícios para aplicativos em que a latência é crítica.

7. A rede IPv6 permite a autoconfiguração “stateless” dos hosts quanto à designação de endereços. O roteador envia o prefixo e o host pode configurar o endereço usando seu endereço MAC, ou aleatoriamente para não revelar o seu MAC. Recentemente surgiram novas formas de configurar os endereços para não usar o endereço MAC. Por exemplo, RFC7217 especifica endereços de privacidade que são os que serão usados por defeito nos Linux.

## 13. RECOMENDAÇÕES E GUIAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO, ALCANCE, INSTRUTIVOS E CAPACITAÇÃO.

Estas recomendações e guias estão baseadas em uma das principais conclusões deste trabalho:

Nenhuma parte interessada pode ser forçada externamente para que inicie ou acelere a transição para o IPv6. Cada decisão está sustentada em sua estratégia de desenvolvimento e na avaliação econômica da mesma, ambas baseadas em uma visão prospectiva das exigências e condicionamentos futuros e seu impacto.

Por conseguinte, estas recomendações e guias estão destinados principalmente a gerar o conhecimento profundo nas partes interessadas de todas as implicações atuais e futuras da implementação ou não do IPv6, procurando que as duas sejam internalizadas no ato de decidir qual estratégia seguir. Todas as informações contidas neste documento, incluindo o modelo econômico de comparação de alternativas de transição ou não, podem ser usadas como apoio para estes guias e recomendações.

### 13.1 Principais problemas na transição nos países da região. Desafios da região.

A região, em média, mostra um indicador LACNIC/CAF ICAv6, sensivelmente menor que o correspondente aos países selecionados para a comparação internacional. No que refere aos indicadores parciais, o de Usuários é o indicador parcial da implementação do IPv6 em que a região encontra-se mais afastada em relação aos países mais avançados. A tabela abaixo mostra os valores:

Indicador	Região LACNIC	Países referenciais	Países referenciais / região LACNIC
LACNIC/CAF ICAv6	21,39%	39,59%	1,85
Planejamento	18,08%	28,89%	1,60
AS de tráfego	55,30%	79,23%	1,43
Conteúdo	50,77%	49,96%	0,98
Usuários	1,31%	15,08%	11,51

O indicador LACNIC/CAF ICAv6 é direcionado para os países em processo inicial de implementação do IPv6, pelo que dá um peso de 30% no que refere ao planejamento e aos primeiros passos da implementação como dispor de tráfego IPv6 nos sistemas autônomos. Nestes dois indicadores os países da região estão bastante abaixo dos países selecionados, mas o avanço neles é conseguido com pequenos esforços em relação ao esforço total de implementação. O avanço nesses dois indicadores está diretamente relacionado com a profundidade do conhecimento sobre todas as questões relativas à migração para o IPv6, além dos temas estritamente técnicos. Nesse sentido as ações de LACNIC que visam aprofundar esse conhecimento

são a ferramenta mais eficaz por si só ou em conjunto com outras partes interessadas como as universidades, redes acadêmicas e governos.

Em relação ao conteúdo, observa-se que a percentagem de conteúdo acessível com IPv6 é semelhante no mundo todo, além de que não existem ações eficientes para melhorar esta situação. Como exceção pode-se indicar que a expansão do governo eletrônico e dos conteúdos pedagógicos, tudo no IPv6, pode aumentar esta percentagem, embora não de forma muito relevante. De qualquer forma essa expansão para o IPv6 é inevitável no desenvolvimento futuro.

Finalmente o indicador de Usuários, que representa a porcentagem de usuários que está potencialmente em condições de operar no IPv6, é muito baixo na região. Afinal, é o principal indicador que mantém o fosso com os países mais avançados e é o principal desafio a superar.

Em relação a este indicador é observado através da pesquisa que cerca de 30% dos entrevistados planejam começar a implementação nos acessos em 2016. Nas reuniões realizadas nos países, a quase totalidade dos ISP com serviços de massa, e principalmente médios e grandes, considera começar essa implementação em 2016.

Aos efeitos de alinhar a situação da região com os países mais avançados deveriam ser atendidas as seguintes recomendações:

### 13.2 Ajustes dos marcos regulatórios e políticas para facilitar a implementação do IPv6.

São analisados os principais marcos regulatórios que podem facilitar a implementação do IPv6. Esta é necessária para evitar alguns dos problemas a nível do país abordados em outras seções:

1. Alguns ISP que não comecem a transição a tempo podem ter problemas com o uso exclusivo do CGNAT devido a que há aplicativos que não trabalham atrás dos CGNAT e que esta solução limita o número de portas que são fornecidas para cada usuário. Nestas circunstâncias, a qualidade do serviço se vê deteriorada.
2. A implementação do IPv6 melhora a qualidade das comunicações, por exemplo, na latência, como é manifestado na atualidade por empresas como o Facebook e Verizon.
3. Muitos operadores, como manifesta a Orange, consideram que a transição deve ser iniciada embora se disponha de estoque de endereços IPv4 porque no futuro próximo podem começar a aparecer sites de acesso exclusivo no IPv6.
4. A nível do país, o início precoce das ações de transição para o IPv6, por exemplo substituindo equipamento obsoleto por equipamento IPv6 compatível, reduz os investimentos nacionais requeridos no futuro quando os problemas exijam a implementação.

Todos esses problemas e ações estão relacionados com a qualidade do serviço (latência, funcionamento e qualidade do uso dos próprios aplicativos, etc.) de acesso à Internet no país e com a redução do custo social dos investimentos. Assim mesmo a qualidade do serviço

está relacionada com o custo social recorrente da redução da qualidade ou da limitação dos aplicativos. Por isso, é interessante analisar a aplicabilidade de medidas regulatórias para impulsionar essa implementação.

#### 13.2.1 Quadro regulamentar das telecomunicações.

Entre os princípios básicos da regulamentação das telecomunicações encontra-se o da Neutralidade Tecnológica, que é independente e de maior alcance que, o da Neutralidade da Rede.

A Declaração de Princípios da Cúpula Mundial sobre a Sociedade da Informação, organizada pela União Internacional das Telecomunicações (ITU), publicada em 12 de maio de 2004, exprime que: “O estado de direito, acompanhado por um enquadramento político e regulamentar propício, transparente, favorável à concorrência, tecnologicamente neutro, previsível e que reflita as realidades nacionais, é essencial para a construção de uma Sociedade da Informação centrada na pessoa. Os governos devem intervir se necessário, para corrigir falhas do mercado, manter uma concorrência leal, atrair investimentos, melhorar o desenvolvimento da infraestrutura e aplicativos das TIC, maximizar os benefícios econômicos e sociais e atender as prioridades nacionais.” (Secção B6, Ambiente Propício, princípio 39).

Este princípio é contemplado na regulamentação comparada antes e depois desta Cúpula. A modo de exemplo:

A Lei 8642 Geral das Telecomunicações (30 de junho de 2008) da Costa Rica estabelece em seus considerandos: “A Lei Geral das Telecomunicações é uma lei moderna e uma das primeiras leis em convergência do continente americano (...) A regulamentação em convergência implica garantir a interconexão entre diferentes tipos de redes, constituir uma autoridade reguladora forte e independente, e introduzir o princípio de neutralidade tecnológica, como um princípio central de todo o sistema. (...)”

A Lei das Telecomunicações de El Salvador, (atualizada em 25 de novembro de 2010), estabelece no artigo 10 uma disposição aplicável aos serviços móveis, quando diz: “O Quadro Nacional de Atribuição de Frequências deverá respeitar as normas e recomendações pertinentes emitidas pela UIT, sem impedir o uso alternativo do espectro por diferentes tecnologias.”

O princípio de neutralidade tecnológica aparece em 1999 na regulamentação europeia na revisão do quadro normativo. Foi adotado como um dos cinco principais

que regiam o quadro regulamentar das comunicações eletrônicas na União Europeia. O preâmbulo da Diretiva Marco 21/2002/CE6, e mais recentemente o articulado da Diretiva 2009/140/CE, o incorporam como princípio básico de regulamentação das comunicações eletrônicas próprias de um ambiente convergente.

Por tudo isso não seria consistente com a regulamentação comparada e violaria um princípio básico, estabelecer uma regulamentação que exija a utilização de uma tecnologia determinada, como ser o protocolo IPv6, exceto pelo explicado abaixo.

O consultor entende conveniente que em cada caso seja analisada a compatibilidade deste princípio universal com a imposição de condições na emissão de novos títulos habilitantes, que dependendo dos países e do alcance podem ser chamados de licenças, permissões, concessões, autorizações ou similares.

Em primeiro lugar, obrigar à implementação do protocolo IPv6 não é uma imposição frente a várias alternativas tecnológicas, mas apenas adiantar o uso dessa tecnologia que inevitavelmente, qualquer operador deverá usar no futuro mais ou menos próximo. Do outro lado, esta obrigação resulta sempre em uma redução de custos e problemas futuros, problemas que podem afetar a qualidade do serviço e por isso estar incluída nas competências habituais dos reguladores. Em síntese, não é uma violação pura do princípio porque, sem dúvida, não há alternativas.

Esclarecida esta questão, deve ser discutido quando esta obrigação pode ser estabelecida.

Claramente não nos casos de títulos habilitantes já concedidos. Quando o operador apresentou sua aspiração ao título, não existia uma obrigação de usar o IPv6. Por isso, e este tema está fora do alcance do regulador, o operador estruturou seu plano de negócio baseado no princípio de neutralidade tecnológica e tem o direito a que as condições preexistentes à concessão do título habilitante não sejam alteradas.

**A situação é diferente no caso de novos títulos já que concorrem vários motivos para suportar o estabelecimento ex ante da obrigação de implementar o IPv6:**

1. O regulador incluiria a condição no conjunto de condições para outorgar o título, entre as quais podem ser encontradas obrigações de universalização, implementação da banda larga em certas áreas rurais, dispersas ou deprimidas, etc.
2. O recorrente pode não estar interessado nesse

caso, ou o que é habitual, incluir a obrigação no plano de negócios.

3. Esta condição claramente não implica uma limitação que distorça o mercado, mas um ordenamento para antecipar o inevitável e beneficiar os cidadãos em geral.

Por isso, o consultor entende que o ordenamento do setor poderia ser modificado sem violar esse princípio se for incluída a obrigação de implementar o IPv6 na instância da concessão de novos títulos habilitantes.

A este respeito foi observado em um caso particular, analisado na região durante as visitas aos países, que um operador entrante de alta taxa de crescimento e de importantes investimentos não tinha prevista a implementação do IPv6 até o momento da reunião. Estas situações são as que deveriam ser evitadas através da capacitação e das ações ex antes mencionadas.

### 13.2.2 Autoridades que regem às TIC.

Estas autoridades que existem na maioria dos países, zelam pelo desenvolvimento das TIC em geral, incluindo a divulgação e fomento do conhecimento que a população precisa para ingressar à Economia Digital. Por ser tão importante para os países a evolução precoce para o IPv6, ou pelo menos que todas as partes interessadas tenham o conhecimento necessário para uma correta tomada de decisões eficientes e eficazes, recomenda-se que as autoridades das TIC fiquem envolvidas, através de uma linha especial de intervenção, na divulgação do conhecimento sobre o IPv6. LACNIC desempenha um papel de destaque na região como para dar o apoio necessário nestas ações. Essa transmissão de conhecimento poderia estar alinhada com as questões principais incluídas neste documento.

### 13.2.3 Quadro regulamentar das compras públicas.

O consultor entende que o único quadro regulamentar em que se pode, e se deveria atuar é o relacionado com a regulamentação das compras públicas. Em muitos casos as grandes instituições públicas incluem o suporte do IPv6 em suas compras. Mas também em muitos casos as pequenas e médias instituições não o fazem, ou fazem de forma incompleta. Por exemplo, mudando parte da rede com equipamentos que são IPv6, mas deixando todos os equipamentos de acesso sem fio em só IPv4.

Por isso, tanto para as grandes instituições quanto para as pequenas e médias é muito conveniente que existam lineamentos gerais e uniformes para assegurar que a transição para o IPv6 seja eficiente, ordenada e completa. Essa regulamentação tem várias vantagens importantes:

1. Concentra-se o desenvolvimento das normas principais em uma equipe altamente especializada na transição, o que garante que não existam lacunas na consistência do avanço das redes institucionais para o IPv6.

2. São uniformizados os requisitos nas compras públicas de hardware, software e conectividade, que em conjunto são muito importantes em volume para os diferentes agentes do mercado como os ISP, os provedores de software e hardware, os provedores de equipamentos terminais, entre outros.

3. É garantido que inclusive as compras pequenas vão estar alinhadas com a política geral exprimida através dos lineamentos.

4. Esta uniformização gera eficiências através de um dos principais demandantes de equipamento IP. Este aumento de eficiência atinge não apenas às instituições públicas, mas também aos ISP e demais partes interessadas.

Esta regulamentação deve ser complementada com outra que garanta a segurança das redes e a privacidade das informações próprias e dos cidadãos, já que podem apresentar pontos de vulnerabilidade no processo de transição.

As fases gerais da transição para o IPv6 apresentam muitas semelhanças com as desenvolvidas por alguns ISP para a evolução de suas próprias redes. O seguinte é apenas uma referência ilustrativa.

1. Definir os grandes lineamentos técnicos a serem usados, como a técnica de transição, planos de endereçamento, gestão de inventário de endereços IPv4 e IPv6.

2. Dispor de um inventário de todo o hardware, software, serviços internos e conectividade, que será a base sólida de diagnóstico a partir da qual será realizada a transição. Inclui cada elemento da rede e serviços (servidor web, correio eletrônico, etc.), seu estado atual, possibilidades de atualização ou requerimentos de substituição.

3. Realizar um inventário dos equipamentos e sistemas que dão segurança e privacidade à rede da instituição.

4. Desenvolver um plano detalhado da transição que leve em conta o inventário e os requerimentos atuais e futuros, orçamento, etapas de transição, etc. Este plano deve incluir o plano de segurança e privacidade a implementar simultaneamente com a transição da rede e sua conectividade.

5. Definir as especificações requeridas para garantir a transição para o IPv6, incluindo até os equipamentos mais simples como os hot spots.

6. Estabelecer os protocolos de homologação e testes dos equipamentos.

7. Definir os cursos de capacitação a serem realizados tanto nos aspectos técnicos quanto operacionais e de conhecimento geral da instituição.

8. Definir procedimentos para a instalação dos novos equipamentos ou das atualizações e os mecanismos de homologação de seu funcionamento.

9. Validar a compatibilidade IPv6 de todos os equipamentos, software, aplicativos, sistemas e conectividade antes de entrarem em serviço.

10. Validar as políticas de segurança e confidencialidade.

11. Realizar testes de funcionamento de todos os equipamentos de rede, software, aplicativos, sistemas e conectividade.

12. Realizar testes de funcionamento da segurança e da confidencialidade.

### 13.3 Redes acadêmicas e universidades.

As redes acadêmicas e as universidades desempenham um papel crucial no desenvolvimento do IPv6, desde quatro pontos de vista principais e de acordo com as evidências coletadas durante o trabalho:

1. Formação. As universidades são as principais instituições formadoras do conhecimento tecnológico da Internet. Entende-se que em relação ao IPv6 o alcance do conhecimento deve estender-se para além do próprio protocolo, e das questões estritamente vinculadas a ele. Considerando o papel na tomada de decisões ou na operação que em muitos casos vão jogar os graduados ou estudantes, seria importante também transmitir-lhes o conhecimento vinculado aos impactos da implementação ou não do IPv6, podendo incluir as orientações gerais aqui expressas

2. Capacitação. Com seu conhecimento acumulado, as redes acadêmicas e as universidades são umas das aliadas naturais de LACNIC na capacitação das partes interessadas: pessoal de engenharia, operação e manutenção dos ISP, provedores de conteúdo, instituições governamentais, sites e outros. É importante que esta capacitação também seja ministrada nas universidades não tecnológicas, nas que, por sua própria natureza, o pessoal técnico de

suas redes pode não estar preparado o suficiente para receber e implementar a transição para o IPv6.

3. Principais impulsionadores da implementação. Existe suficiente evidência de como as redes acadêmicas em primeiro lugar, e as universidades isoladas em segundo lugar, jogaram um papel preponderante nas implementações iniciais e inclusive no trabalho colaborativo com os provedores, nos momentos iniciais das implementações em diversos países da região. Este efeito é produzido quando em suas compras de equipamento e conectividade é estabelecida a compatibilidade com o IPv6, impulsionando assim aos provedores que ainda não estão envolvidos com esta implementação do IPv6, para que preparem suas redes e serviços para poder concorrer na compra.

4. Capacitação interna. Existem casos em que as redes acadêmicas chegam com implementações de IPv6 até a borda de algumas universidades, mas essa implementação não se continua na rede interna. Dai a importância da transmissão do conhecimento para todas as instituições, principalmente às não especializadas nestas tecnologias.

Por isso entende-se que as redes acadêmicas e as universidades são agentes de inovação de primeira ordem e, por conseguinte, jogam um papel muito importante na implementação oportuna do IPv6. Perante a situação observada de disparidade no avanço ou estagnação da região, as ações de LACNIC, com foco neste estado de situação, e no sentido da capacitação sobre os detalhes extra tecnologia como parte dos desenvolvidos neste trabalho, podem fazer mais eficiente o avanço, e gerar resultados positivos a nível do país. As questões práticas da implementação desde o ponto de vista da economia, da qualidade do serviço, da liberação das vantagens do IPv6 e das restrições do uso de só IPv4, entre outros aspectos, são essenciais para a implementação oportuna.

### 13.4 Empresas.

Suas redes internas estão preparadas para o uso do NAT e o pessoal está familiarizado com esta operação. A evolução para o IPv6 envolve investimentos que geralmente não são necessários por outras razões, e adicionalmente a mudança de protocolo pode trazer problemas de compatibilidade que potencialmente afetem toda a sua rede e seus aplicativos.

No entanto, observa-se que o desenvolvimento futuro da Internet, e especialmente da Internet das Coisas ou a aparição de sites só IPv6, podem gerar problemas à operação eficaz das empresas se não migrarem para o IPv6.

A transição gradativa para o IPv6 é considerada essencial para que as empresas ingressem também gradativamente às novidades que irá trazer este avanço da Internet.

Portanto, recomenda-se que tanto LACNIC quanto as universidades, conjunta ou separadamente, avancem na capacitação das empresas através das instituições que as aglutinam, como costumam ser as Câmaras, para que conheçam as consequências reais de não adotar ações precoces mais ou menos profundas na transição para o IPv6.

### 13.5 ISP.

Os ISP devem adotar as ações relativas à transição para o IPv6 de acordo com as avaliações econômico-financeiras, comerciais, estratégicas e tecnológicas que cada um realize. Não obstante isso, é conveniente que levem em consideração certos aspectos decorrentes dos resultados deste trabalho.

1. Iniciar as ações destinadas à transição para o IPv6 o mais cedo possível. Há evidência suficiente na região e no mundo de que a transição apresenta dificuldades, muitas vezes inesperadas, que estão não apenas na rede, mas também nos sistemas e serviços internos e periféricos, como descrito na análise da situação na região no Anexo I - Trabalho de Campo, bem como nos casos de sucesso internacionais e da região.

2. Quanto mais cedo seja iniciado o processo não se produzirão estrangulamentos perante o esgotamento dos endereços IPv4, e também, principalmente muitas das ações de transição poderão ser desenvolvidas durante o processo natural de substituição ou atualização dos equipamentos e sistemas obsoletos, ou quando for requerido por outros motivos não relacionados com o IPv6. Nestes casos o investimento adicional por IPv6 pode ser marginal ou nulo. O mesmo se aplica até mesmo para os CPE.

3. O processo deveria ser iniciado com uma capacitação básica sobre o IPv6 em todas as áreas relevantes da empresa, e fortemente em engenharia e operação se estas não existirem.

4. Depois deveria continuar-se com uma fase de elaboração de um inventário completo dos equipamentos e sistemas, software e conectividade, em que seja determinada a preparação de cada item para a transição. No caso dos equipamentos mais importantes também é necessária uma avaliação dos custos e da oportunidade da substituição ou atualização.

5. Desenvolver uma estratégia de transição que inclua as técnicas a serem utilizadas, bem como as fases



do avanço esperado, de acordo com os requisitos estabelecidos pela demanda e o estoque de endereços IPv4.

6. Esta estratégia em geral segue um caminho de trabalho gradativo, inicial e simultâneo no core e nos nós de acesso, bem como nos sistemas (OSS, BSS, inventários de endereços, inteligência do negócio, etc.) e serviços centrais (DNS, Firewall, etc.). Finalmente se chega à implementação no acesso.

7. Desenvolver a estrutura principal das listas de compras com condições específicas que atinjam os objetivos da transição, bem como os protocolos de homologação e teste dos equipamentos.

8. Desenvolver um plano de capacitação gradativa adequada à implementação.

9. Realizar as avaliações econômico-financeiras das alternativas a partir de uma análise que inclua o impacto da estratégia a ser adotada ao longo dos próximos 5 anos. Para esta análise pode ser usado como base de trabalho o modelo desenvolvido para este estudo, que é ideal para ajustar as expectativas operacionais às financeiras. Este modelo é modular e parametrizável.

### **13.6 Roteiro para favorecer a transição oportuna para o IPv6 na região. Plano de capacitação.**

Nesse roteiro o papel de LACNIC é fundamental para que sejam dadas as condições para a transição oportuna para o IPv6. O trabalho de LACNIC é permanente em termos de conscientizar aos membros e governos, e impulsionar a implementação, e é muito reconhecido a nível regional, o que neste caso particular se refletiu nos resultados da pesquisa e nas reuniões realizadas em todos os países.

Decorre deste trabalho que seria conveniente que a atividade de LACNIC estivesse focada em algumas questões que impulsionarem o início oportuno da transição para o IPv6. Quando se fala do início oportuno se faz referência a que a transição não pode ser imposta, de modo que as ações estão destinadas a proporcionar todos os elementos de juízo e o conhecimento para que ela seja eficiente e em tempo. Entre estas questões prioritárias para 2016 encontram-se:

1. Desenvolver um conjunto de atividades que permitam aos agentes da transição conhecer todas as implicações que tem o esgotamento dos endereços IPv4. Estas implicações devem incluir os múltiplos aspectos contemplados neste documento: problemas com o uso do CGNAT, importância da implementação do IPv6 nos acessos desde o ponto de vista da qualidade do serviço e da eficiência na aplicação dos recursos, estado atual

e comportamento dos diferentes agentes, avaliação econômica das alternativas disponíveis segundo cada ISP, melhores práticas adotadas na região e no mundo, importância do início precoce do processo de preparação para a transição, ações governamentais adequadas e necessárias para facilitar a transição, importância das universidades e das redes universitárias.

2. Realizar atividades direcionadas ao desenvolvimento de políticas públicas e lineamentos que padronizem e garantam a nível do país:

a. A realização das compras públicas de hardware, software, sistemas e conectividade que permitam operar no IPv6.

b. As compras e procedimentos que assegurem elevados padrões de segurança durante a transição para o IPv6.

c. O desenvolvimento do governo eletrônico e dos conteúdos pedagógicos estatais com acesso IPv6.

d. Redes de universalização como ser WiFi comunitário (praças, escolas, etc.) e semelhantes que sejam Dual Stack.

3. Elaborar modelos de políticas e lineamentos que surjam das melhores práticas e que possam ser usados como insumos para as atividades acima mencionadas e como referência para os países.

4. Atualizar a estrutura do site de LACNIC no que refere ao Observatório sobre a transição para o IPv6.

a. Considerar a implementação de algum tipo de distintivo "IPv6 destacado" ou semelhante, com resultados publicados no site de LACNIC para países e partes interessadas que cumpram com determinadas condições no processo da transição para o IPv6.

b. Manter uma publicação atualizada no site de LACNIC do indicador LACNIC/CAF ICAv6 e dos indicadores parciais que sirva de benchmarking dos países e operadores.

c. Disponibilizar no site o modelo da avaliação econômica de alternativas.

d. Incluir um blog sobre várias questões relativas à transição para o IPv6 que destaque os casos de sucesso.

e. Expandir o repositório de documentos relevantes, que poderia incluir todas as referências usadas neste trabalho, entre outros documentos.

5. Atingir o objetivo de que até o final de 2016, 100% dos seus membros tenham designados blocos IPv6. Os resultados da enquete são ilustrativos na medida em

que na maioria dos países ainda há ISP Não Grandes que não têm designações de blocos IPv6. Quanto às entidades universitárias, aproximadamente 30% dos países estão nesta situação.

Considerando a dinâmica que é a situação da implementação do IPv6 é recomendado elaborar em meados de 2016 um plano para 2017 que colete os novos requerimentos que possam surgir durante as atividades de 2016.

## ANEXO I. TRABAJO DE CAMPO

As opiniões e as informações que a seguir estarão disponíveis para a comunidade são o resultado das entrevistas realizadas, e da colaboração desinteressada e valiosa das múltiplas partes interessadas com as quais temos trabalhado nos diferentes países. Sua publicação neste documento não significa que LACNIC necessariamente valide todas essas opiniões e informações.

## 1. ARGENTINA

Entre as instituições entrevistadas está incluída a Associação de Redes de Interconexão Universitária, CABASE e NIC Argentina, bem como alguns operadores integrados horizontal ou verticalmente, os ISP grandes e pequenos, ISP fixos HFC e não HFC e móveis, ISP de tráfego, provedores atacadistas, corporativos e varejistas. Entre eles se encontram: Cablevisión, Gigared, iPlan, Level (3), Telecentro, Telecom – Personal e Telefónica – Movistar,

Os aspectos relevantes encontrados são os seguintes:

### 1.1 Associação de Redes de Interconexão Universitária (RIU).

A RIU tem sido um importante vetor da implementação do IPv6 na Argentina quando começou cedo a pedir o fornecimento de serviços IPv6 em suas compras grandes. Em sua licitação de 2007 era obrigatório que a saída internacional desde o centro da estrela da rede universitária fosse IPv6. Um dos motivos era que já desde 2003 as universidades estavam trabalhando no IPv6 e era imprescindível poder sair ao mundo neste protocolo.

Nesse momento, os operadores ainda não estavam preparados, pelo que formaram uma equipe de trabalho conjunto com o contratante para operacionalizar o IPv6. Assim, em 2008 esteve pronta a conectividade no IPv6, e em 2009 entrou em operação sobre o backbone do operador.

Este papel da RIU foi importante tanto por impulsionar as primeiras implementações do IPv6 a nível de operadores, quanto por ter dado lugar a um trabalho conjunto que a facilitou. De qualquer forma, a RIU já tinha desde o início o IPv6 através da Rede CLARA.

A partir deste momento outros clientes começaram a usar a rede IPv6 de backbone que tinha sido implementada.

Em 2011 convocou-se novamente a licitação, resultando vencedor outro operador, que também implementou o IPv6 no backbone para dar serviço à RIU.

Quanto à sua implementação, é tudo Dual Stack e têm peering IPv6 com CABASE, Google e outros.

Também foi constatado que nas diferentes instituições acadêmicas pode haver firewalls que não suportem o IPv6, e em sua maioria as redes WiFi também não suportam. Por isso o tráfego IPv6 observado é sensivelmente menor que o tráfego potencial.

O uso de software livre facilitou o uso do IPv6 por ter sido preparado antes do software proprietário.

Em soma, o papel da RIU foi ser o impulsionador do IPv6 na Argentina por serem pioneiros em sua implementação, o conhecimento disponível e as compras que exigiam esta conectividade.

### 1.2 ISP grandes que prestam serviços em massa para o cliente final.

#### 1.2.1 Caso 1.

Embora possa não ser estritamente classificado como um caso de sucesso pelos resultados atuais em termos do indicador de LACNIC/CAF ICAv6, um ISP grande multinacional que presta serviços residenciais, atacado, móveis e corporativos, tem um plano bem definido e avançado para a implementação do IPv6. É interessante observar o trabalho realizado e a orientação dada a seu projeto.

A nível internacional, há 5 anos foi adotada a estratégia de migrar para o IPv6 em todas as operações. Nesse momento em que estavam sendo estabelecidas as técnicas de Dual Stack e DS-Lite, foi adotada a primeira delas. Os motivos principais foram em primeiro lugar para enfrentar precocemente a escassez de endereços IPv4 com altas taxas de crescimento da banda larga, e adicionalmente motivos de estratégia institucional. Este plano foi iniciado com um inventário detalhado de todos os equipamentos da rede e da sua capacidade para ser atualizados ao IPv6, se já estava preparado, etc. Em geral, os agregadores foram os que apresentaram maior necessidade de mudança.

A operação na Argentina começou dois anos atrás com os testes de conceito, experiências piloto, condicionamento dos equipamentos, adequação dos sistemas, etc. em todas as áreas de negócio e principalmente nos varejistas fixo e móvel. Devido às dificuldades próprias das redes móveis, os testes piloto para as redes fixas puderam acabar antes. A rede de transporte desse operador integrado está operando há tempo no IPv6 usando 6VPE. Os sistemas provisioning e outros sistemas também estão preparados para o IPv6, bem como os agregadores e os CPE xDSL.

Os clientes corporativos não apresentam requerimentos atuais nem futuros prementes como para que os serviços sejam fornecidos no IPv6, pelo que este serviço não tem valor comercial. Igualmente é fornecido o IPv6 sobre MPLS usando 6VPE com CPE e roteadores em Dual Stack. Isto é válido independentemente do país e do provedor.

Quanto aos clientes do atacado há tempo que este operador já está prestando serviços, inclusive peering no IPv6. O motivo principal é que os atacadistas, quando têm ou preveem ter clientes finais com IPv6, são obrigados a dispor de serviços IPv6 de tráfego ou peering.

No que respeita aos clientes varejistas fixos e móveis, o IPv6 não tem valor comercial, de modo que também neste caso, a implementação será realizada de acordo com as necessidades ou estratégias de desenvolvimento assumidas pelo operador.

A modalidade adotada a nível de todas as operações é a de Dual Stack com acesso nativo IPv6, e CGNAT44 dinâmico para continuar suportando os serviços que ainda requerem IPv4. É uma estratégia interessante que minimiza os investimentos descartáveis no futuro, diminuindo a demanda dos endereços IPv4 para todos os serviços que podem ser prestados sobre o IPv6. Enquanto que inicialmente o CGNAT é centralizado, a evolução dos serviços de alta velocidade, como o vídeo, está impulsionando o modelo descentralizado aproximando os NAT às bordas onde está a agregação.

As implementações de alta velocidade são baseadas principalmente em FTTC e VDSL.

A estratégia não implica a substituição total de terminais de clientes por Dual Stack, não sendo requerido pelos clientes por serem agnósticos à tecnologia entanto recebam um serviço de qualidade. A substituição de terminais será feita gradativamente quando atinjam à obsolescência, ou for exigido pelos prestadores do serviço. O custo dos terminais é uma percentagem importante do investimento na implementação do IPv6 no acesso, como já foi observado no estudo de custos no modelo. Do outro lado, em termos dos móveis, a própria reposição acelerada por parte dos clientes faz com que seja esperada uma implementação de alto impacto no ISP móvel.

### 1.2.2 Caso 2.

Outro ISP grande que também optou pelo Dual Stack com o CGNAT como estratégia de desenvolvimento, manifesta motivações semelhantes a respeito da implementação na rede de acesso. Devido a que os clientes finais fixos não apresentam altas taxas de

crescimento, ainda permanecem com o IPv4 sem CGNAT. Por isso o esforço da implementação está focado nos serviços móveis que mostram altas taxas de crescimento, e neles é aplicado o CGNAT.

Quanto à rede móvel, também foram tomadas uma série de medidas que incluíram a otimização do uso dos endereços IPv4, liberando recursos para continuar crescendo sem problemas desnecessários de escassez de endereços. De qualquer forma, a implementação do IPv6 no acesso vai acontecer com a adição de terminais DS que já foram homologadas, em paralelo com a manutenção do CGNAT que está em operação há cerca de três anos.

Indicam que os principais problemas a serem resolvidos com os sistemas são em relação à manutenção do estoque de endereços, o atendimento pós-venda e o provisionamento. Deve notar-se que até agora o endereço designado não era uma questão para os sistemas nem para o pessoal, devido à simplicidade do processo no mercado de massa com um endereço designado para cada terminal de forma transparente.

Foi detectado que os clientes menores, tanto atacadistas quanto corporativos, não requerem o IPv6.

Quanto à capacitação requerida para esta implementação entende-se que é muito importante em todos os níveis, mas principalmente na operação.

Um aspecto de destaque é o de desenvolver também aspectos novos da inteligência do negócio como ser os sistemas de tráfego, o registro dos clientes que migram para o IPv6 e seu acompanhamento, o atendimento dos assuntos judiciais, a mitigação dos ataques, etc. É um conjunto importante de questões que devem ser resolvidas em paralelo com os relativos à rede e aos sistemas.

### 1.2.3 Caso 3.

Este caso é de um provedor multisserviço que usa redes HFC.

Este operador considera que não vai ter problemas com o CGNAT se a designação for dinâmica e se adicionalmente usa o Dual Stack. Entende que sim pode haver problemas com os CPE, em concordância com a opinião de outros operadores, quanto a que no equipamento novo não há total compatibilidade IPv6. É uma questão em que estão trabalhando e que não recebem todo o apoio necessário dos provedores de equipamentos, uma questão considerada recorrente.

O consultor observa que a motivação para a implementação será principalmente devido às

necessidades do operador e não pelos requerimentos dos clientes.

### 1.3 Outros ISP que não prestam serviços em massa.

Em geral já têm implementado o IPv6 no core e em alguns casos nos acessos corporativos. Também neste caso o consultor observa que o caminho a seguir é o Dual Stack para o cliente final e 6VPE para o IPv6 no backbone já que é MPLS. Há casos de pedidos provenientes do exterior para terminação corporativa no IPv6.

Uma opinião aceita é que os problemas básicos não são tanto na rede quanto nos sistemas.

Observam que as corporações e as instituições governamentais muitas vezes pedem o fornecimento de blocos IPv4 juntamente com o serviço, o que poderia estar motivado pelo conhecimento do esgotamento quando o pedido for superior ao número de endereços razoáveis.

### 1.4 NIC.ar

Houve um movimento para a implementação do IPv6 no NIC.ar, e além disso está promovendo de forma significativa o início desta implementação a nível das instituições governamentais através da Subsecretaria de Segurança Cibernética da Presidência da Nação.

### 1.5 Conclusões

1. Espera-se um rápido crescimento na Argentina do indicador de Usuários, a partir de 0,02% atual, o que impulsionará o indicador aglomerado refletindo o acesso nativo IPv6, principalmente através das redes móveis.
2. A RIU tem jogado um papel importante nesta implementação através de compras com exigência do IPv6, do acúmulo de conhecimento que foi compartilhado na época e por ter sido pioneiros.
3. Em geral foi observado que todas as instituições entrevistadas detectaram, em diferentes momentos, problemas de compatibilidade total IPv6, e principalmente nos CPE.
4. Outro problema recorrente nos serviços em massa é o dos sistemas e principalmente no “provisioning”, no inventário, na designação, no CRM, no centro de atendimento, na inteligência do negócio, nos registros, etc. Os diferentes entrevistados também estão em diferentes etapas e níveis de preocupação.
5. Em geral o consultor observa que a escassez de

endereços IPv4 começa a afetar e principalmente quando se entre na Fase 3.

6. A necessidade de capacitação, principalmente em questões práticas das redes de acesso através de oficinas com simuladores (CMTS, CM, xDSL, DSLAM, etc.), é manifestada em aqueles ISP que não têm suporte importante através de operações multinacionais.

7. A nível governamental NIC.ar está impulsionando o início da implementação nas instituições do Estado.

8. Quanto aos grandes ISP:

a. Iniciaram a preparação da implementação há anos, e a implementação em si a nível do core, há cerca de dois a três anos.

b. Nos acessos optaram pelo Dual Stack com o CGNAT, embora nenhum deles estejam fornecendo serviço em massa.

c. O core está totalmente preparado para o IPv6, bem como os sistemas e equipamentos de distribuição e acesso, incluindo a homologação dos CPE e dos terminais móveis (UE).

d. A nível atacadista já fornecem serviços no IPv6, e até mesmo dispõem de peering IPv6 com outros operadores.

e. Espera-se que o crescimento dos acessos IPv6 seja muito mais intenso na rede móvel considerando a rápida substituição dos terminais por parte dos clientes que naturalmente vão migrar para o Dual Stack nos novos equipamentos.

f. O crescimento nos clientes fixos será observado, em princípio, de acordo a como forem substituídos os CPE. Até o momento a estratégia é manter os serviços no IPv4 com endereços públicos. No futuro é sempre possível usar o CGNAT e entregar endereços públicos para aqueles que reclamam devido aos aplicativos que normalmente usam.

g. Os aplicativos que são afetados pelo CGNAT, como o P2P, PS3 ou Netflix, não são essenciais na rede móvel pelo que o efeito negativo do CGNAT sobre eles seria irrelevante. Inclusive não é comum usar dongles para estes aplicativos.

## 2. BOLÍVIA

Na Bolívia foi realizada uma reunião na que participaram vários ISP conjuntamente com autoridades sindicais dos ISP, na sede e com a participação da Autoridade

do Transporte e das Telecomunicações (ATT). Estiveram presentes a ATT, AXS, CATELBO, COMTECO, COTAS, COTEL, ENTEL, FECOTEL, NUEVATEL – VIVA e TELECEL – TIGO. Posteriormente foi levada a cabo uma reunião com o Vice-ministério das Telecomunicações e a ATT.

## 2.1 Caso de sucesso. Cooperativa das Telecomunicações Cochabamba Ltda. (COMTECO)

A Cooperativa das Telecomunicações Cochabamba é o operador que impulsionou até o momento a implementação do IPv6 na Bolívia, sendo responsável pelo alto indicador relativo deste país em relação aos usuários potencialmente habilitados para o IPv6. É prestadora de serviços de televisão a cabo, telefonia móvel através de sua participada NUEVATEL – VIVA, longa distância, banda larga, Internet via satélite, televisão por satélite e outros.

No final de 2010 decidiu implementar o IPv6 na sua rede, em 2012 solicitou um prefixo IPv6 a LACNIC e em 2013 levantou um enlace BGP no IPv6 com seu provedor de tráfego e publicou o prefixo 2803:9400::/32. Nos primeiros testes observou que mesmo que os roteadores de borda, os DNS, alguns modelos de modem e demais operavam no IPv6, não acontecia o mesmo com o AAA.

Em paralelo, no início de 2013, foi realizada uma licitação para mudar o core da plataforma e na mesma foi incluída a compatibilidade com o IPv6. Em março de 2014 foram realizados os primeiros testes e foi iniciada a implementação para o cliente em 22 de agosto de 2014 com a técnica Dual Stack.

Entende que não vai precisar CGNAT até 2017, sendo o único caso de sucesso observado que tem tomado uma decisão precoce de planejamento e implementação do IPv6 sem necessitar ainda usar o CGNAT. Aproveitou a substituição de equipamentos ou a instalação de novos equipamentos para antecipar uma necessidade futura, levando em conta que para este operador apenas em 2017 começariam a faltar os endereços IPv4.

Para dezembro de 2014 registrava 4.000 usuários do IPv6 na hora de ponta, com 300 Mbps. de tráfego no IPv6.

Em outubro de 2015 esses valores passaram para 17.000 usuários e 2 Gbps. de tráfego total. Para este momento 40% dos clientes estão preparados para o IPv6.

COMTECO entende que os usuários não sabem se usam o IPv4 ou o IPv6, mas sim foi notada mais latência nos sites IPv6 em algumas ocasiões. O consultor observa que ao não usar o CGNAT não se está considerando a

latência maior observada com este equipamento de partilha.

Hoje, enquanto cresce sua base de usuários IPv6, continua desenvolvendo estas tarefas de transição para o IPv6: configuração dos elementos dos servidores, DNS, Firewalls, AntiSpam e portais de autenticação.

Essas ações surgem da previsão precoce da necessidade de migrar para o IPv6 e da oportunidade de ter de substituir equipamento, que já foi comprado compatível com o IPv6, e em particular nas compras dos CPE.

O operador não encontrou problemas nem necessidade de mudanças no BSS, em parte porque a tarifa é plana.

## 2.2 Cooperativa principal que fornece múltiplos serviços

Esta cooperativa fornece múltiplos serviços de telefonia fixa com ou sem fio, acesso à Internet por fios de cobre, acesso por GPON e serviços convergentes sobre sua rede híbrida de Fibra e Cabo (HFC), serviços de telefonia, Internet e dados por satélite, televisão por rede HFC e por satélite, entre outros.

Está trabalhando em um projeto piloto que inclui até o CPE. Já tem todo seu core no IPv6 e calcula começar com a implementação para seus clientes no início de 2016.

Este operador sairia simultaneamente em seus três tipos de acesso: CM, ADSL e GPON quando ficar pronto seu sistema de provisioning integrado para estas tecnologias, que é de desenho próprio já que não obtiveram resposta adequada de seus provedores.

Também neste caso houve um início precoce tanto em equipamento quanto em capacitação, embora eles ainda tenham endereços IPv4, pelo menos até 2017. Por isso também não preveem implementar CGNAT até 2017.

## 2.3 Terceira cooperativa do eixo La Paz, Cochabamba e Santa Cruz

Esta terceira cooperativa está começando a planejar a implementação do IPv6, considerando a transição do core em 2016. Ainda não tem CPE IPv6 compatíveis.

## 2.4 Operador importante a nível nacional, incluindo móveis

Este operador tem aproximadamente 40% de seus CPE em Dual Stack e neste momento está trabalhando no core na etapa de planejamento, continuando depois com a alocação (BRAS, etc.)

A equipe de desenvolvimento do IPv6 em suas operações móveis é diferente, e segundo afirmou na reunião, estão em processo de unificar essa equipe com a equipe de acesso fixo.

Também neste caso o sistema de provisioning é de desenvolvimento próprio.

Este operador tem suficientes endereços IPv4 pelo que ainda não está usando CGNAT.

Em sua rede FTTH, considerando que são investimentos recentes poderiam chegar a 80% de seus clientes no IPv6, estimados em um total de 95.000 no final de outubro de 2015.

## 2.5 Operador móvel que também presta serviços fixos

Este operador entende que está chegando ao limite de seus endereços IPv4 pelo que prevê começar a usar o CGNAT em 2016, junto com a implementação do IPv6 em suas operações fixas. Está muito avançado na implementação tendo já publicado prefixos IPv6 (tem um prefixo /32 de LACNIC), depois de testes internos de toda a infraestrutura para GPON e HFC durante 2015, que resultaram satisfatórios.

Quanto aos CPE das redes fixas quase todos eles são Dual Stack devido a que são redes de recente implementação. Têm 13.000 sobre 20.000 CM e cerca de 1.500 com GPON.

Quanto a suas operações móveis está pensando desenvolver duas etapas:

1. DS.

2. Só IPv6 com NAT64/DNS64 ou provavelmente 464XLAT.

Como requerem a renovação de todo o core móvel, estimam o início da implementação em 2017 - 2018 quando começariam com o Dual Stack.

## 2.6 Operador móvel participado por uma cooperativa

Este operador está avaliando toda sua rede e prevê realizar as compras que incluem a atualização para o IPv6 em 2016 - 2017.

Usará Dual Stack, e neste momento está usando o CGNAT.

## 2.7 Operador multisserviços, incluindo atacadista

Este operador realizou testes a nível do core e está tudo preparado para o IPv6, exceto por algumas mudanças menores. Começaria seus primeiros testes no acesso à

Internet em 2016 com Dual Stack.

Já realizou testes com carriers e com serviços dedicados.

Estão planejando a implementação do CGNAT e estimam que os endereços IPv4 vão acabar em 2017.

## 2.8 Reunião com o Vice-ministério das Telecomunicações e a ATT.

Até agora não há nenhuma política sobre o IPv6 para as instituições públicas.

O Ponto de Interconexão da Internet instalado na ATT ao que estão interconectados todos os operadores principais da Bolívia, está totalmente preparado para trocar tráfego IPv6.

## 2.9 Conclusões.

1. Observa-se que em geral não há problemas de escassez de endereços IPv4, pelo que a maioria dos operadores entrevistados têm indicado que não estariam necessitando usar CGNAT até aproximadamente 2017.

2. COMTECO é o único caso de sucesso em que a implementação não foi motivada pela escassez iminente de endereços IPv4. Aproveitou a substituição ou a instalação de novos equipamentos, para antecipar uma necessidade futura, levando em conta que para este operador apenas em 2017 começariam a faltar os endereços IPv4. 40% dos seus clientes já estão preparados para o IPv6.

3. Outra cooperativa das três principais, provedora de múltiplos serviços convergentes, está muito avançada como para começar a implementar o IPv6 em suas três modalidades de acesso, CM, ADSL e GPON, no início de 2016. Sua atividade de trabalho precoce neste aspecto incluiu até o desenvolvimento de seu próprio sistema de provisioning integrado nas três plataformas. Neste caso também não há escassez de endereços IPv4, considerando usar o CGNAT apenas em 2017.

4. Um operador importante a nível nacional tem percentagens altas de CPE preparados para o IPv6 (40% em ADSL e 80% em FTTH), mas está trabalhando no core e na alocação. Estima-se que a implementação efetiva será intensa quando as atividades de rede acabem.

5. Um operador móvel que fornece serviços fixos está muito avançado para iniciar a implementação do IPv6 já que tem uma percentagem muito elevada de CPE preparados para o IPv6.



6. Em geral, os três operadores móveis estão considerando o início da implementação do IPv6 não antes de 2017.

7. Até agora não há nenhuma política sobre o IPv6 para as instituições públicas.

8. O Ponto de Interconexão da Internet instalado na ATT, e ao que estão interconectados todos os operadores principais da Bolívia, está totalmente preparado para trocar tráfego IPv6.

### 3. COLÔMBIA

Durante as atividades na Colômbia foram realizadas entrevistas com as seguintes partes interessadas: Escritório das Tecnologias da Informação do MINTIC e RENATA, bem como os ISP BT, Claro, ETB, IFX, Mercanet, Telefônica, UNE e Verizon.

#### 3.1 Operador multisserviços.

Presta serviços de acesso à Internet com tecnologias ADSL, GPON, HFC e Móvel. É propriedade de uma empresa nacional e realizou uma fusão com um operador internacional com operações móveis em vários países da região. Também prestava serviços com tecnologia WiMax mas descontinuou no início de 2015.

Entende que os CPE de ADSL são os que mais problemas apresentaram, e adicionalmente os CPE mais modernos da rede requerem atualização de software. Igualmente a estratégia é não crescer em ADSL e passar para GPON. Para o resto dos CPE a substituição será necessária. Em geral, aponta que:

1. Entende que os CPE são os que mais problemas podem apresentar na transição.
2. Nos BRAS não teve problemas.
3. O core está atualizado no IPv6.
4. Tem conexões para o NAP Colômbia no IPv6.
5. O DNS está no IPv6.
6. O site corporativo fornece acesso IPv6.
7. Ainda devem ser realizadas algumas atualizações nos sistemas de gestão, o que aumenta os custos da transição.
8. Com os serviços empresariais GPON com roteadores não observou problemas, embora os clientes em

geral não fazem uso intensivo nem têm exigências significativas do IPv6.

Do outro lado, o consultor observa que, como já indicaram operadores de outros países, as atualizações do software do equipamento interno são bastante caras.

Na rede móvel está usando CGNAT, e dessa forma mantém um estoque necessário de IPv4 para todos seus serviços. É possível que finalmente implemente Dual Stack ou 464XLAT, mas não há uma decisão tomada até agora. São fornecidos serviços de acesso à Internet fixo com LTE onde não houver cobertura com fio.

Estima-se o início da implementação em massa a partir do final de 2016.

#### 3.2 Operador grande multinacional

Em 2014 começou a implementar serviços móveis, mas não fixos, com CGNAT. Dessa forma libera endereços da rede móvel (cerca de 1 milhão) para usar na rede fixa, na que ainda não usa CGNAT devido aos problemas com os conteúdos e aplicativos.

Tem três POP e usa um CGNAT em cada região.

Quanto à implementação do IPv6 entende que sua infraestrutura suporta IPv6 em 95%, excluindo os CPE. O core da Internet é único para fixo e móvel e está preparado para o IPv6 usando Dual Stack.

Presta serviços corporativos IPv6.

Para o serviço em massa fixo está modificando seus BSS onde são observadas mais dificuldades e espera ter estes sistemas prontos para o IPv6 até meados de 2016. Também está trabalhando em paralelo com os CPE.

Em geral, e neste caso também, é esperada a implementação no mercado de massa em 2016.

#### 3.3 Operador multinacional corporativo

Tem POP próprios no Brasil, Colômbia e México, e facilita POP em operadores de outros países.

Presta serviços a clientes multinacionais só em IPv4, e nenhum de seus clientes solicitou IPv6.

O consultor assinala que esta situação depende dos operadores, já que em outros casos os clientes corporativos com sede na Ásia ou similares pedem a terminação no IPv6 como parte de uma estratégia corporativa.

### 3.4 RENATA

RENATA é um ator importante na promoção da implementação do IPv6 desde o ponto de vista das instituições de sua área de influência. Adicionalmente, em 2011 participou nas políticas de compras IPv6 segundo a Res. 002/11 do MINTIC.

Sua importância estratégica radica em que suporta a rede nacional do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação que inclui 1.024 instituições da Colômbia com um total de 4,5 milhões de usuários: cerca de 400 universidades com 1,5 milhões de usuários, museus, bibliotecas e hospitais, entre outros.

Adicionalmente, optou por um backbone de fibra escura que dá independência na configuração dos serviços, mesmo quando a operação está em mãos privadas.

O contato por 10 anos com um operador importante da Colômbia foi assinado no início de outubro de 2015 e inclui 19.400 km. de fibra, entregues em 22 nós nacionais e últimas milhas em 220 centros.

Os serviços prestados pelo operador através de uma membresia incluem questões estratégicas para as instituições como ser: acesso IPv6 à Internet comercial e acadêmica; colaboração na implementação de videoconferências, serviços na nuvem, LAN, streaming e outros; formação no IPv6 e segurança e gestão.

A rede é Dual Stack com endereços públicos.

As ações desenvolvidas por RENATA são, ao parecer do consultor, um importante avanço na implementação do IPv6 e na incorporação de usuários nativos IPv6.

De qualquer maneira, o consultor considera necessário garantir ao mesmo tempo a implementação interna nas instituições, e principalmente nos pontos mais relevantes como os firewalls e as redes WiFi. Existem antecedentes de redes que chegam em IPv6 ao roteador de borda da universidade, mas depois o firewall não deixa passar tráfego IPv6, ou as redes WiFi são só IPv4.

### 3.5 Operador importante regional

Este operador presta serviços fixos de acesso à Internet no mercado de massa e no corporativo. Seu core do negócio é através de DSL e está evoluindo para GPON.

Seu core é Dual Stack e presta serviços IPv6 Dual Stack aos clientes corporativos (universidades, etc.).

Sua estratégia é usar CGNAT na rede DSL, liberando endereços para sua rede GPON em que usa apenas endereços públicos. Em muitos casos o cliente DSL migra para GPON pelo que não se consegue uma economia de endereços IPv4. Estima começar a introduzir o IPv6 em 2 ou 2 anos e meio, em princípio usando NAT64, embora não tenha sido tomada a decisão.

Quanto à preparação da rede, o core já é Dual Stack, bem como o DNS, os portais e demais. O operador está trabalhando nos sistemas e principalmente no provisionamento. Quanto aos CPE, assim que se tornam obsoletos são substituídos por IPv6 compatíveis.

Manifesta que, segundo os provedores, o uso do CGNAT pode acarretar problemas nos aplicativos em 5% a 10% dos clientes, e nesses casos é necessário passar para o IPv4 público.

Uma preocupação importante já encontrada em outros países é a necessidade de conservar por 5 anos as informações dos usuários que usam determinado endereço IPv4, significando um custo operacional de US\$ 1 milhão por ano. Para cumprir com a legislação está negociando para que as informações do usuário sejam solicitadas a partir do endereço e da porta.

### 3.6 MINTIC

O Ministério tem internamente 92% de compatibilidade IPv6, portanto neste ano teria IPv6 nos acessos e nos serviços na nuvem com prefixos próprios.

**Publicou dois documentos de lineamentos referentes ao IPv6 que podem ser considerados como boas práticas para a região:**

1. "Guia da Transição do IPV4 para o IPV6 para a Colômbia<sup>20</sup>" O objetivo é a implementação do Dual Stack.

2. "Guia para Garantir o Protocolo IPV6<sup>21</sup>"

A Guia de Transição estabelece:

"Assim mesmo, para cumprir com os objetivos de inovação tecnológica exigidos pelo país, as entidades do país devem iniciar o processo de transição do protocolo IPv4 para o novo protocolo IPv6 seguindo as instruções indicadas na Circular 002 de 6 de julho de 2011 do Ministério de Tecnologia da Informação e Comunicações, que procura promover a adoção do IPv6 na Colômbia<sup>22</sup>."

20- [http://www.mintic.gov.co/gestionti/615/articles-5482\\_transicion\\_IPV4.pdf](http://www.mintic.gov.co/gestionti/615/articles-5482_transicion_IPV4.pdf)

21- [http://www.mintic.gov.co/gestionti/615/articles-5482\\_Protocolo\\_IPV6.pdf](http://www.mintic.gov.co/gestionti/615/articles-5482_Protocolo_IPV6.pdf)

22- Circular 002 de 6 de julho de 2011: Plano de transição para a adoção do IPv6 em coexistência com o IPv4.

Estabelece também as diferentes etapas e tarefas para que as instituições do Estado realizem sua transição para o IPv6:

“Para iniciar o processo de adoção deste novo protocolo, recomenda-se realizar um inventário dos ativos de informação, examinar sua atual infraestrutura de computação e comunicações, validar todos os componentes de hardware e software disponíveis, examinar os serviços prestados, os sistemas de informação e os padrões e políticas para conhecer o impacto da adoção da nova versão do protocolo IP, a fim de facilitar os trabalhos de planejamento e implementação do IPv4 para o IPv6 garantindo que as operações continuem funcionando normalmente dentro das entidades do estado.

Também, para atender esta necessidade iminente de inovação tecnológica no país, o MINTIC, através deste instrumento, pretende projetar os lineamentos necessários para diagnosticar, sensibilizar, desenvolver e implementar o protocolo IPv6 nas entidades do estado, a fim de adotar o novo esquema de funcionamento em paralelo com o atual protocolo IPv4, de conformidade com a Circular 002 de julho de 2011, para garantir que as infraestruturas de hardware, software e serviços continuem operando com normalidade nas diferentes instituições do país.

Finalmente, o mesmo documento, servirá de apoio para o plano guia de acompanhamento, facilitando as ações necessárias para a adoção do novo protocolo nas entidades do país, partindo da fase inicial de diagnóstico das infraestruturas de TI (hardware e software) até a fase final que contemple a implementação e o monitoramento do novo protocolo nas diferentes instituições.”

É um documento muito completo que inclui os detalhes das fases da transição com entregáveis para cada uma, para garantir o cumprimento dos objetivos, os requerimentos para cada fase, os aspectos técnicos, a capacitação e outros.

A Guia para Garantir o Protocolo IPv6 também é um documento muito completo no que refere à segurança nos sistemas próprios e na nuvem, análise e mitigação de riscos, RPKI e outros.

Exprime: “Este documento apresenta os lineamentos e políticas que devem ser considerados para garantir o protocolo IPv6 nas diferentes infraestruturas das Tecnologias da Informação e das Comunicações das entidades do Estado, levando em conta sua aplicação em todo o ciclo do desenvolvimento por fases que segue o novo protocolo, em um ambiente controlado e seguro

que permita consolidar o processo de adoção do IPv6 com alto nível de segurança e um impacto altamente positivo em todas as organizações do país.”

E seu objetivo geral é o seguinte:

“Apresentar um marco de referência sobre lineamentos de segurança no IPv6, que seja referente para abordar o plano de diagnóstico, plano de implementação e monitoramento do processo da transição do IPv4 para o IPv6 em cada uma das entidades do Estado, para adotar o protocolo IPv6 com base nas características de confidencialidade, integridade, disponibilidade e privacidade da informação, a fim de gerar mecanismos de endereçamento IP de acesso seguro e uso eficiente das infraestruturas da informação e comunicação dos diferentes órgãos do Estado.”

Conjuntamente com o documento anterior é um quadro muito bom para abordar a transição com segurança em todas as instituições do Estado.

Este acionar inclui obviamente todo o que é Governo on-line e acessos gratuitos WiFi em todo o país.

### 3.7 Operador multisserviços multinacional

Este operador presta serviços de telefonia fixa e móvel, televisão por assinatura e acesso à Internet, bem como serviços corporativos, de Centro de Dados e na nuvem.

O acesso à Internet fixo é através de múltiplas redes HFC em diferentes regiões da Colômbia, usando em média dois CM por cliente. Algumas redes ainda não são totalmente bidirecionais.

Tem um core Dual Stack e já presta serviços corporativos IPv6 Dual Stack (por agora apenas às universidades) em pelo menos 80% do país. Recentemente recebeu pedidos de serviços IPv6 de corporações internacionais.

Para os serviços fixos residenciais está atualizando sua rede de acesso comprando CM DOCSIS 3.0 compatíveis IPv6, atingindo até o momento cerca de um terço das redes. Do outro lado está em processo de atualização dos CMTS e do backoffice: falta atualizar o provisioning mas o restante dos sistemas como DNS, web site, etc., já estão no IPv6. A sua estratégia seria usar Dual Stack com o CGNAT. Devido aos prazos inerentes da atualização dos sistemas está previsto que começaria a implementação do IPv6 no segundo semestre de 2016.

Para os serviços móveis por agora está usando CGNAT.

### 3.8 Operador corporativo

É um operador pequeno de serviços corporativos

que há tempo está se preparando para o IPv6. Os requerimentos do IPv6 chegam principalmente dos clientes multinacionais.

### 3.9 Operador grande multinacional corporativo

Poderia migrar para o IPv6 através de um plano da corporação a nível da América Latina. Alguns clientes já pediram o IPv6 embora ainda não existem contratos. Em algumas regiões da rede poderia prestar serviços no IPv6 e já dispõe de interconexões no IPv6.

### 3.10 Operador pequeno corporativo

Parte do seu core já é IPv6 mas não teve requerimentos dos clientes em termos de serviços IPv6.

### 3.11 Conclusões

1. Dois dos principais drivers da implementação do IPv6 estão em estado avançado de planejamento.

a. O MINTIC elaborou dois documentos transcendentais como são os lineamentos ou guias para a transição segura para o IPv6.

b. RENATA está implementando uma rede muito extensa que suporta o IPv6 e que abrange 1.200 instituições do Estado: universidades, museus, hospitais e outros.

2. As redes apresentam geralmente um avanço da implementação IPv6 no core e nos sistemas, os que ainda têm aspectos a serem desenvolvidos principalmente no provisioning.

3. Há avanços importantes e sem problemas na implementação do acesso corporativo no IPv6 com Dual Stack em quase todos os operadores. Os requerimentos por parte do cliente provêm quase exclusivamente dos corporativos multinacionais e principalmente da Ásia.

4. Ainda não existe implementação nos acessos residenciais principalmente por dificuldades com os CPE. Em alguns casos poderão fazer atualizações de software, em outros os CPE deverão ser substituídos, e um dos provedores importantes já tem seus CPE compatíveis com IPv6 em uma percentagem importante da rede. Em nenhum caso foi ainda observada a implementação do IPv6 nos acessos.

5. Há um amplo consenso de que a implementação para o cliente em massa será iniciada em 2016, principalmente no segundo semestre.

6. Também há consenso em relação aos altos custos das atualizações dos equipamentos e sistemas, o que dificulta o avanço.

7. O uso do CGNAT nos serviços móveis é majoritário, e a evolução pode ser para o Dual Stack ou 464 XLAT. Este uso do CGNAT permite liberar endereços para os acessos fixos.

8. Nas redes fixas ainda não se observa uma tendência majoritária ao usar CGNAT, mas sim para o Dual Stack com CGNAT.

9. Um dos operadores está usando CGNAT na rede ADSL liberando endereços para a rede GPON em que não usa NAT. Esse mesmo operador considera iniciar a implementação do IPv6 em cerca de dois anos e usando NAT64, apesar de não ter sido tomada a decisão final.

10. Um operador de rede HFC tem preparada uma porção importante de sua rede para o IPv6 nos CM, mas nem tanto assim nos CMTS.

11. Em geral é observado que a implementação iniciaria em 2016 pela conjunção de vários operadores.

## 4. CHILE

Foram realizadas três reuniões, que por sua vez, incluíram múltiplas partes interessadas da comunidade. Duas das reuniões foram realizadas na Subsecretaria das Telecomunicações (SUBTEL) e uma na Rede Universitária Nacional (REUNA). A primeira reunião na SUBTEL foi com o subsecretário e profissionais de seu gabinete. A segunda reunião incorporou a múltiplos ISP, entre eles: Telefônica - Movistar, Claro, ENTEL, GTD, VTR, Torres Unidas e WOM.

### 4.1 Subsecretaria das Telecomunicações

A própria subsecretaria tem designado um bloco IPv6 e internamente opera no IPv6.

Em relação ao estabelecimento de disposições relativas às compras de software, hardware e conectividade que suportem IPv6 para todas as entidades do Estado, está em processo de definir a autoridade responsável para emitir esta disposição e com poder para seu cumprimento. Em princípio se faz referência à Unidade de Modernização do Estado.

Esta questão gera muito interesse, pelo que se considera que as disposições pertinentes serão estabelecidas dentro de um prazo razoável.

### 4.2 Reunião com vários ISP na SUBTEL

Esta reunião permitiu coletar informações dos principais ISP do país e manter uma troca de opiniões entre eles. Os principais resultados são os seguintes.

A interconexão nacional no IPv6 é quase nula, e até cerca de um ano atrás nenhum provedor de conectividade nacional oferecia o IPv6.

Em geral, observa-se que agora não há um elevado crescimento nos acessos fixos, devido aos altos crescimentos em anos anteriores, de modo que o esgotamento dos endereços IPv4 não afeta os operadores de forma significativa. Em geral, calculam ter endereços IPv4 para cerca de dois anos para a rede fixa.

Os principais ISP (um deles principalmente corporativo) já implementaram o IPv6 no core e também atualizaram seus sistemas. Todos eles manifestam ter começado a implementação há 4 ou 6 anos e foram solucionando os problemas que surgiram. Qualquer um deles entende que a implementação no core tem apresentado problemas, menores do que nos acessos em que os problemas foram mais complexos, mas que, no entanto, requereram tempo para sua solução. Incluem os Help Desk como seções da empresa que tiveram de ser atualizadas para responder consultas que envolvem clientes no IPv6.

Um dos operadores principais disse que o elevado churn, em que é perdido o CPE juntamente com o cliente, faz com que seja difícil pelo momento substituir os CPE por outros que suportem IPv6 a fim de reduzir os custos relativos com os CPE. O objetivo é reduzir os custos pela via de não instalar CPE mais caros. Também se lembra neste caso de que a introdução de novos CPE precisa de muito tempo de homologação para garantir que trabalhe com umas três dezenas de cartões que estejam implementados nos acessos.

Por não ser visto um diferenciador para o cliente, a implementação do IPv6 no acesso será realizada intensamente quando os endereços IPv4 forem extintos.

Dois dos principais operadores indicam que já começaram a usar o CGNAT em suas operações móveis. Manifestam que mesmo que no Chile também costumem usar os terminais móveis como Hot Spots, não foram manifestados problemas com os conteúdos e aplicativos.

### 4.3 REUNA

É uma entidade formada por universidades, centros de pesquisa de excelência e grupos astronômicos internacionais. Oferece uma plataforma de comunicações que interconecta às entidades do sistema de ciência, educação e cultura nacional e dá-lhes conectividade com o exterior.

REUNA está formada por mais de 30 instituições e até agora fornece cobertura para doze regiões entre Arica

e Osorno, e aspira incorporar todas as regiões. Também, está interconectada a seus pares internacionais: na América Latina (RedCLARA), América do Norte (Internet2 e Canarie), Europa (GÉANT), Ásia (APAN) e Oceania (AARNET). Através desta conexão internacional REUNA amplia as possibilidades de colaboração dos seus sócios a mais de 1.400 instituições na América Latina e mais de 40.000 no mundo todo.

É uma instituição de primeiro nível de importância para apoiar a implementação do IPv6 no Chile.

Há 5 anos começaram a exigir IPv6 a seu provedor de conectividade. As instituições que não contratam conectividade à Internet com REUNA igualmente estão pedindo IPv6 a seus provedores. Quanto à rede, todos os roteadores são Dual Stack desde 2000, têm interconexão IPv6 com o Google e acesso internacional no IPv6, mas não nacional já que ainda não existe conectividade nacional no IPv6 com todos os ISP. Estima-se que em menos de um ano poderia estar fornecendo conectividade IPv6 nacional.

Igualmente não está claro neste momento o nível de implementação de equipamento preparado para o IPv6 ao interior das instituições interconectadas, independentemente das exigências em matéria de conectividade.

REUNA detectou que em alguma instituição que por sua especialidade não dispõe de recursos humanos fortes na Internet, ao substituir seu roteador, o provedor entregou-o com gestão na nuvem e usando NAT, o que já foi corrigido. Enquanto isso tinha sido reduzido o uso do largo de banda à metade, provavelmente devido à partilha de sessões. Este tipo de situações mostra a importância de que a gestão das redes, principalmente quando se evolui para o IPv4 - IPv6, seja realizada pelas equipes técnicas das redes universitárias centralizadas.

Entende que a Corporação de Fomento da Produção (CORFO), uma entidade importante há décadas, e que promove projetos para o desenvolvimento produtivo, poderia encorajar a implementação do IPv6 com seus projetos de cidade inteligente e da Internet das Coisas (por exemplo o projeto piloto de estacionamento em Concepción).

### 4.4 Conclusões

1. No Chile é observada uma baixa taxa de crescimento das conexões fixas à Internet o que motiva que não existam problemas de escassez de endereços IPv4 pelo menos por 2 anos. Uma explicação desta situação, compartilhada por vários ISP, é que as altas taxas de crescimento aconteceram em momentos em que não havia problemas com a disponibilidade de endereços

IPv4 por parte de LACNIC. Hoje já não há altas taxas de crescimento pelo que a escassez existente a nível da região não é percebida.

2. Em geral é detectada uma baixa interconexão no IPv6 a nível nacional, provavelmente devido à mesma causa acima, já que os operadores trabalham principalmente no IPv4.

3. A baixa taxa de usuários que estão potencialmente em condições de acessar pelo IPv6 não deve ser vista como um indicador de atraso, mas sim como um indicador de altas taxas de crescimento das conexões à Internet nos últimos anos, o que está levando a uma redução do crescimento atual.

4. Igualmente a SUBTEL estima que os requerimentos de endereços serão incrementados no Chile através do desenvolvimento da Internet das Coisas. A esse respeito existem uns projetos iniciais como o dos estacionamentos em Concepción, liderado pela CORFO.

5. Pelo menos duas das redes móveis começaram a usar CGNAT.

6. Nas redes fixas ainda não se observa a escassez de endereços IPv4, embora a maioria delas já começaram há 4 - 6 anos com a implementação em sua rede e com a preparação dos sistemas.

7. REUNA adotou as previsões da transição para o IPv6, mas não tem impacto no interior das instituições interconectadas, nem na sua conectividade à Internet na maioria dos casos. Ainda não tem conectividade nacional no IPv6 devido a que nem todos os ISP estão interconectados com esse protocolo.

## 5. EQUADOR

As reuniões no Equador foram realizadas com o Consórcio Equatoriano para o Desenvolvimento da Internet Avançado (CEDIA), com o IXP AEPROVI que por sua vez organizou uma reunião com múltiplas partes interessadas como Telecable, Netlife, Cablenet, o regulador ARCOTEL, entidades empresariais, a CNT e PuntoNet.

### 5.1 Caso de sucesso. Corporação Nacional das Telecomunicações E.P. (CNT)

A CNT tomou a decisão estratégica precoce de implementar o IPv6, impulsionada pelos dois acordos do Ministério das Telecomunicações e da Sociedade da Informação de 2011 e 2012<sup>23</sup> destinados ao

desenvolvimento de redes IPv6 no Equador, e pela falta prevista no estoque de endereços IPv4.

Adicionalmente a CNT começou a crescer com força em número de clientes de acesso fixo à Internet, o que trouxe maiores exigências para seu estoque de endereços IPv4. Até 30 de junho de 2015 a CNT tinha 814.143 contas de acesso dedicadas à Internet<sup>24</sup> e 57,47% do mercado. Este crescimento foi de várias vezes em poucos anos, que somados à escassez de endereços IPv4, contribuiu para tornar mais rápida a implementação do IPv6 na rede fixa.

A implementação na rede fixa é com a técnica Dual Stack e CGNAT, em uma decisão alinhada com as de quase todos os operadores da região. No momento, o esforço está concentrado na rede fixa, adiando a decisão em relação à rede móvel na qual está sendo usado o CGNAT. Um dos possíveis problemas que requerem atenção nesta rede móvel são os terminais.

Quanto aos clientes corporativos, eles não querem passar para o IPv6.

Na rede fixa a implementação começou precocemente em 2011 - 2012. Nessa implementação é destacado o uso precoce de CPE sem fio Dual Stack desde 2012, em que aproveitando uma alta taxa de reposição consegue-se ter até hoje mais CPE Dual Stack que usuários. Quer dizer que houve avanços nos terminais de acesso, o que vai levar a um aumento significativo de usuários conforme sejam completadas as implementações menores na rede de acesso, como são alguns BRAS. Do outro lado, todo o core é Dual Stack e não apresenta nenhum problema a nível de sistemas e outros equipamentos no backoffice.

Em suma, é uma rede totalmente preparada para o IPv6, com avanços significativos na implementação do CPE Dual Stack, pelo que se espera que no futuro próximo sejam observados avanços significativos no número de contas com o IPv6. O consultor assinala que a maioria dos operadores encontram no custo da implementação do CPE um dos obstáculos ao rápido aumento do número de usuários fixos IPv6. Por isso é que, em geral, decidem passar para o IPv6 nas etapas de substituição de equipamento. Neste caso, a substituição por CPE IPv6 compatíveis foi precoce.

Os clientes não encontraram diferenças perceptíveis. A implementação foi cuidadosa, através de dois planos piloto sucessivos, durante os quais foram resolvidos os problemas que surgiram, e até hoje a implementação não apresenta problema nenhum.

23- 0133-2011 e 007-2012

24- <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-acceso-internet/>

Nos testes piloto começaram os serviços com o Dual Stack operando. Ao acontecer determinados problemas com os CPE desconectaram uma das alternativas, detectando um problema que foi resolvido com atualização de software.

Neste momento a CNT está trabalhando no aprimoramento dos sistemas de gestão da rede a fim de obter melhor eficiência operacional.

Em conclusão, observa-se como a tomada de ações precoces para aproveitar as substituições naturais de equipamentos por outros novos que operem no IPv6, leva a uma transição ordenada, sem grandes problemas, deixando a rede igualmente preparada para uma evolução de acordo com o avanço de conteúdos e aplicativos IPv6, reduzindo gradativamente o uso do IPv4.

## 5.2 Consórcio Equatoriano para o Desenvolvimento da Internet Avançada (CEDIA)

CEDIA é a Rede Nacional de Pesquisa e Educação Equatoriana. Dentro de suas atividades atuou como consultora para o MINTEL no que refere ao desenvolvimento dos lineamentos para as compras públicas. Usaram como referência os lineamentos RIPE 554<sup>25</sup> para a compra de hardware e software que suporte o IPv6. De qualquer forma o Ministério já emitiu dois acordos em 2011 e 2012 referentes à implementação do IPv6, que impulsionaram os operadores e a CEDIA para iniciar o trabalho nesse sentido.

CEDIA desenvolveu uma rede importante para prestar serviços acadêmicos e comerciais de acesso à Internet através dos VLAN com endereços públicos. Entendeu que desde um ponto de vista acadêmico, as universidades não poderiam manter-se usando IPv4. Dispõe de um Sistema Autônomo com 100% de suporte IPv6.

Fornecer acesso a 35 universidades interconectadas através de um anel de 1 Gbps., expansível aproximadamente a 10 Gbps., com acessos às universidades em 1 Gbps. e à Rede Clara em Guayaquil. Toda a infraestrutura e a gestão são realizadas por TELCONET. Esta rede foi o resultado de uma compra na qual foi exigido que o serviço fosse IPv6 nativo.

CEDIA estima que 70% das universidades está preparada para trabalhar no IPv6 embora até agora somente algumas o fazem. Espera-se que quando todas as universidades acabem seus planos de implementação IPv6, principalmente nos firewall, um número muito grande de usuários IPv6 irá se adicionar.

Tem um cachê do Google Dual Stack.

## 5.3 Operador médio residencial e corporativo

Iniciaram os trabalhos de transição a partir dos acordos ministeriais de 2011 e 2012 para se preparar para as futuras compras públicas.

Dispõem de uma rede nacional MPLS. Fornecem serviços IPv6 a clientes universitários sobre MPLS e a clientes corporativos quando solicitado. Usam Dual Stack com os clientes corporativos.

Para os clientes residenciais definiram usar DS – Lite e o implementaram em uma rede piloto com clientes ativos, e já têm homologados dois modelos diferentes de CPE de diferentes marcas. No entanto, a decisão final de lançamento ainda não foi tomada porque estão esperando certos investimentos nos NAT.

Ativaram dois dos três provedores de acesso no IPv6 e realizam peering nacional no IPv6.

Até agora o avanço na transição residencial foi estendido e continuam os trabalhos em diferentes aspectos da rede e dos sistemas e procedimentos de Operação e Manutenção.

## 5.4 AEPROVI

É o IXP do Equador com POP em Guayaquil e Quito. Esta instituição organizou uma reunião na que participaram ISP grandes e pequenos, bem como ARCOTEL e outras instituições sócias do AEPROVI.

Este IXP do Equador está totalmente equipado para o IPv6 em Dual Stack. Neste momento qualquer participante do AEPROVI pode estabelecer uma conexão IPv6 sobre a mesma conexão física do IPv4. Dá hospedagem aos principais CDN como o Google e Akamai, que também prestam serviços no IPv6.

Durante esta reunião um ISP relativamente pequeno manifestou que implementou IPv6 somente residencial em Quito há seis meses (abril de 2015) sob a técnica de Dual Stack. As empresas pequenas não querem o IPv6 devido às mudanças que devem realizar na interna e porque não sentem a necessidade de fazê-las.

Um ISP com rede HFC está estudando qual técnica usar, e seguramente será Dual Stack.

## 5.5 Conclusões

1. A CNT E.P. está liderando a implementação do IPv6 com toda sua infraestrutura fixa em Dual Stack e com

25- <https://ripe68.ripe.net/presentations/340-RIPE-554bis.pdf>

uma porcentagem grande de CPE Dual Stack.

2. Em relação à banda larga móvel não foi iniciada a implementação e estão usando o CGNAT.

3. Existem dois acordos ministeriais de 2011 e 2012 que incentivam a implementação do IPv6, dando um impulso inicial para a implementação.

4. CEDIA, que interconecta as universidades, contratou um anel e os acessos bem como as interconexões no IPv6. Com exceção de algumas, as universidades estão um pouco atrasadas em suas próprias implementações. Quando fizerem isso já vão ter acesso IPv6 nacional e internacional, incluindo à rede Clara, com base em dois VPN comercial e acadêmico.

5. Um ISP médio residencial realizou testes em DS-Lite, mas ainda não decidiu qual técnica finalmente irá usar.

6. Está em estudo a elaboração de uma política relativa às empresas públicas.

## 6. PANAMÁ

Foram realizadas reuniões com a Universidade Tecnológica Nacional, a Agência Nacional da Inovação Governamental (AIG), a Autoridade Nacional de Serviços Públicos (ASEP), e os ISP Cable Onda, Cable & Wireless, Claro, Digicel, e União Fenosa.

### 6.1 Universidade Tecnológica Nacional

Em 2005 obteve prefixos IPv6 e iniciou sua conectividade IPv6 através de um túnel. A partir desse momento desenvolveu uma atividade intensa de implementação interna, incluindo os Access Points; o principal problema encontrado foi no Firewall, uma questão bastante comum na implementação do IPv6, inclusive para os ISP. Também nessa data nasceu o Grupo de Trabalho IPv6 Panamá que inclui todas as partes interessadas, e que há dois anos retomou suas atividades.

As ações da Universidade certamente serão um pilar na promoção do desenvolvimento do IPv6, juntamente com as outras partes interessadas que compõem o Grupo de Trabalho.

### 6.2 Agência Nacional da Inovação Governamental (AIG)

Esta Agência está envolvida no desenvolvimento positivo dos indicadores da Internet do Panamá, como parte do posicionamento geral do país. Fazem parte do Grupo de Trabalho sobre este assunto com a ASEP, NIC Panamá, a Universidade Tecnológica e outros.

Uma de suas ações, que é entendida como muito importante, é o estabelecimento de normas para que as mais de 100 instituições do Estado realizem suas compras exigindo a operação IPv6. Ao mesmo tempo está sendo elaborada uma circular para todos os provedores avisando da exigência da provisão no IPv6 em todas as compras públicas.

Adicionalmente operam a rede da Internet para Todos, com acessos públicos que são usados por cerca de 180.000 pessoas, e vão começar a implementar IPv6 nela. Soma-se a isso o plano de dispor de um servidor próprio também baseado no IPv6 para dar hospedagem às instituições do Estado, como por exemplo, à do turismo.

### 6.3 Autoridade Nacional dos Serviços Públicos (ASEP)

Entende que seria necessário começar a indicar não apenas a velocidade dos serviços, mas também se suportam o IPv6. Parece ser uma consideração interessante.

Em poucos meses a Rede Nacional Multisserviços (RNMS) operada pela AIG deveria ser renovada. A ASEP entende que se a AIG condicionasse o subministro para o cumprimento do IPv6 seria um importante impulso para sua implementação.

Faz parte do Grupo de Trabalho dentro do qual há alinhamento quanto às ações a seguir, principalmente em relação à conscientização e as compras públicas.

### 6.4 Operador multisserviços

Este operador presta serviços de telefonia fixa e móvel, acesso de banda larga e TV por assinatura.

Há 6 anos que foi adotada a decisão estratégica de que toda compra de equipamento fosse também IPv6, sobre a base de Dual Stack com CGNAT. Dessa maneira sua rede no core e no edge foi se preparando gradativamente, e hoje tem um grau de desenvolvimento total no IPv6.

A partir daí, e estão bem avançados no momento, foram modificados e adaptados ou mudados os sistemas. Adicionalmente foi iniciada a capacitação e atualização do DNS para o IPv6. Os acessos atacadistas contratados já são IPv6 e está previsto avançar com as interconexões IPv6 upstream.

Quanto à implementação do acesso IPv6, como outros ISP entrevistados em outros países, vão fazê-lo na medida em que seja necessária sua substituição por obsolescência ou quando o cliente migrar para o acesso por fibra.



A partir de uma ótica interessante considera que com a implementação do IPv6 na rede móvel se conseguirão poupanças porque ao não ter de operar o “keep alive”, como quando se usa só NAT, o uso da Rede de Acesso sem Fio (RAN) (cerca de 5%) e do firewall, pelas mesmas razões de redução do tráfego improdutivo, é reduzido.

Também, em geral, os custos do uso do NAT são importantes devido à exigência da manutenção dos registros de endereços e porto por motivos legais durante 24 meses, implicando uma alta percentagem do custo da rede. Indica que nos EUA, a AT&T e Verizon recorreram ao Congresso e conseguiram reduzir o prazo de registro para 3 meses.

### 6.5 Operador entrante

Este operador faz parte de uma empresa com múltiplas operações. Não existe ainda um plano corporativo que tenha sido transmitido, mas isso é normal, por isso espera-se que nos próximos meses esse operador esteja entrando no processo de implementação do IPv6.

### 6.6 Operador entrante

Em relação ao uso dos endereços IP, este operador entrante presta serviços móveis. Como parte de uma corporação multinacional suas decisões estão alinhadas com as disposições adotadas por todas as operações. Estas decisões poderiam ser adotadas em forma iminente estimando-se o início da implementação para 2016, o que já foi previsto pelo operador nos planos desse ano. Há tempo que liberaram endereços IPv4 através de NAT, aos efeitos de poder avançar gradativamente na implementação do IPv6, atingindo percentagens de uso de 40 a 60%.

A técnica a ser usada será o DS com CGNAT, como observado em outros países da região.

Entende que o perfil de seus clientes, por ser do Panamá, é particular, em geral usam telefones de média e alta gama, usam muito intensamente seus dispositivos como Hot Spots, partilhando a conectividade via WiFi, pelo que os aplicativos que usam no carro ou no lar são semelhantes aos que usam majoritariamente os clientes fixos (Torrent, Netflix, etc.). Efetivamente, é comum que o terminal móvel funcione como dongle dando lugar a tráfegos não usuais para o uso móvel puro. Esta observação, constatada na realidade através de altas taxas de consumo e requerimentos de velocidade de download, faz com que o comportamento do cliente móvel seja equiparado em um alto grau ao cliente de banda larga fixa usando P2P, Netflix, PS e outros.

Esta última observação aponta que no Panamá o uso do

CGNAT poderia acarretar problemas similares aos dos terminais fixos quanto aos problemas de aplicativos que não funcionam bem atrás de NAT.

### 6.7 Operador multisserviço com rede HFC

É um operador muito avançado em todos os aspectos da implementação do IPv6 usando a técnica do Dual Stack com CGNAT. Encontra-se finalizando a atualização do sistema de provisioning, que seria a última limitante para poder iniciar a implementação comercial. Trocou o equipamento necessário incluindo o CMTS.

Alguns anos atrás, reestruturou o número de endereços públicos entregues aos seus clientes alcançando uma massa de endereços que lhe permitiu desenvolver tranquilamente a fase de transição.

Estima-se que a implementação a nível de massa será realizada a partir de 2016, enquanto isso a provisão será a nível corporativo.

### 6.8 Operador atacadista

Este operador atacadista atua principalmente no mercado de infraestrutura de fibra ótica obscura e transporte a nível da camada 2. Não fornece serviços de camada 3 pelo momento. Sua área de serviço a nível corporativo é América Central até Guatemala e Colômbia.

Pelo momento não está planejando migrar para o IPv6, e estima-se que quando tome essa decisão será a nível da região de operação.

No entanto, está preparado para realizar interconexões no IPv6.

### 6.9 Conclusões

1. As instituições governamentais como a ASEP, a AIG e a UNT estão alinhadas na promoção do uso do IPv6 através do Grupo de Trabalho, e além disso estão adotando as medidas adequadas nesse sentido. Entende-se que constituem um importante motor para a conscientização sobre a importância e incentivo da implementação do IPv6 no Panamá.
2. A renovação da Rede Nacional Multisserviço pode ser uma oportunidade para impulsionar a implementação do IPv6.
3. Um operador multisserviço importante tem toda sua rede preparada para o IPv6 e seus sistemas e outros aspectos na fase final da entrada em operação comercial.

4. Um operador HFC está em condições de iniciar a implementação em breve.

5. Um operador entrante considera que de acordo com o planejamento corporativo começaria sua implementação em 2016 com Dual Stack e CGNAT. Segundo suas estimativas de uso dos telefones móveis, no Panamá o uso do CGNAT poderia acarretar problemas similares aos dos terminais fixos quanto aos problemas de aplicativos que não funcionam bem atrás de NAT.

6. A questão do registro por motivos legais pelo uso do CGNAT é importante dado o prazo necessário, o que resulta em custos também importantes e inevitáveis uma vez que o CGNAT ou técnicas semelhantes são imprescindíveis na transição.

7. A técnica adotada nos ISP que já se definiram é o Dual Stack com CGNAT.

8. 2016 seria em princípio, o ano da implementação a nível de massa no Panamá, e antes com todos os clientes corporativos que queiram.

## 7. PERU

Foram realizadas reuniões com o Escritório Nacional do Governo Eletrônico (ONGEI), o Instituto Nacional de Pesquisa e Capacitação das Telecomunicações do Peru (INICTEL), NAP Peru, a Universidade de San Marcos, e os ISP Bitel, ENTEL, Telefônica do Peru e Level (3)

### 7.1 Caso de sucesso. Telefônica do Peru S.A.

Este operador apresenta os indicadores mais altos de implementação na região.

Considerando as altas taxas de crescimento e procurando enfrentar o futuro esgotamento do estoque de endereços IPv4, principalmente comandado pelos serviços móveis e pelos serviços fixos ADSL (Speedy) cujo crescimento natural é alto, e com destaque no HFC, o operador desenvolveu precocemente desde 2008 uma estratégia para uma implementação intensa, acompanhada de ações de culturalização com sessões direcionadas para empresas e instituições importantes para acompanhar o desenvolvimento, bem como de divulgação de conhecimentos, etc. Portanto, a percepção precoce do esgotamento dos endereços IPv4 foi o principal motivo de todo o projeto de transição para o IPv6. Com a estratégia adotada começaram a ser liberados endereços IPv4 na área de serviços ADSL, permitindo usar esses endereços liberados para uma evolução mais leve nas outras áreas.

Esta implementação fez com que a operação no Peru liderasse a implementação do IPv6 das diferentes operações na região. A seguir são descritas as principais etapas, segundo a apresentação realizada pela empresa no LACNIC 24 LACNOG em Bogotá, 2015.

Em 2009 houve alarmes de esgotamento de endereços IPv4 pelo que se observou que era necessário começar a usar o IPv6 em 2012. Para esse momento outros operadores como NTT, Orange e COMCAST já tinham começado a implementação.

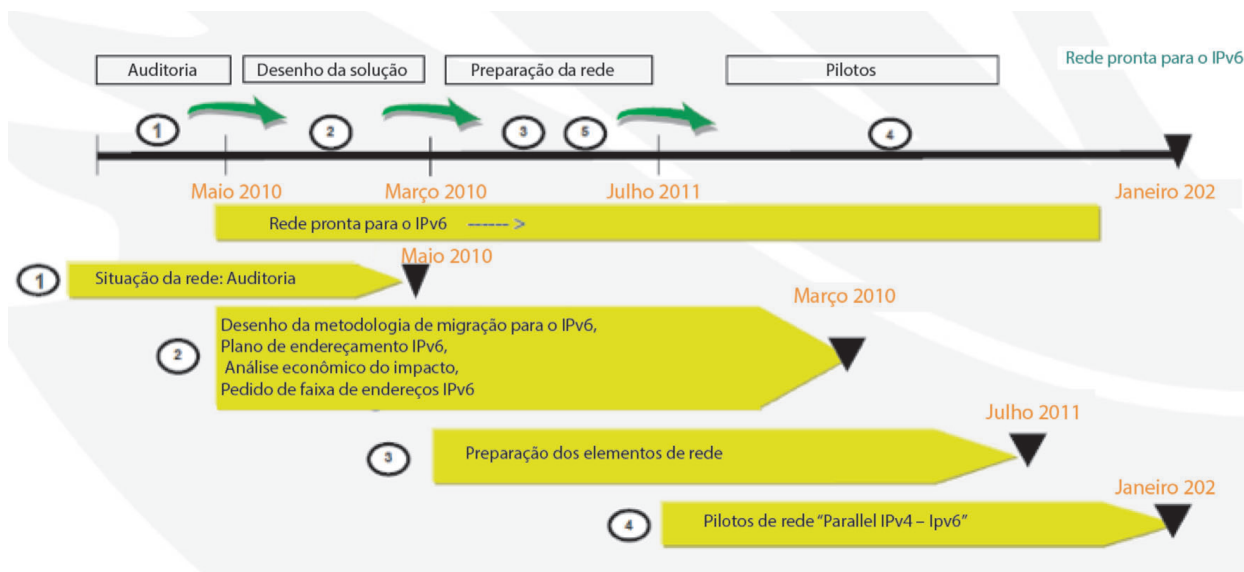
Nesse momento a Telefônica tinha cerca de 1,2 milhões de endereços IPv4 e 1,1 milhões de clientes fixos. Ao mesmo tempo os clientes móveis já estavam usando serviços através do CGNAT. Assim, resultou imprescindível passar a usar Dual Stack com o CGNAT.

Como parte deste plano, começaram com os testes em 2010.

**Em resumo, sua estratégia foi:**

1. Usar Dual Stack com CGNAT em todo o crescimento futuro da rede.
2. Manter os clientes de alto valor com endereços IPv4 públicos.
3. Oferecer serviços IPv6 para todos os prestadores de conteúdo que solicitarem.

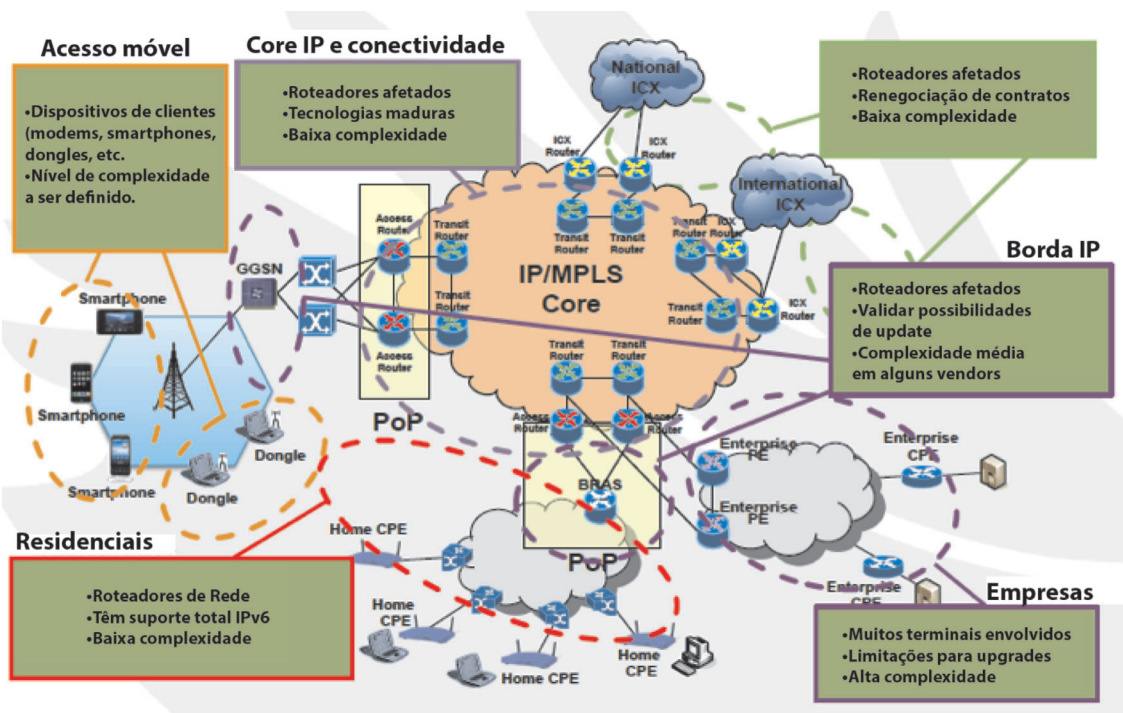
Foi desenvolvido um plano de transição que é apresentado no gráfico a seguir:



Foram identificadas como ações principais:

1. Garantir que os CPE suportem Dual Stack de forma gradativa.
2. Fornecer capacidade Dual Stack na borda (BRAS y GGSN) e no DNS.
3. Garantir que os sistemas OSS suportem Dual Stack.

O seguinte gráfico mostra as diferentes partes da rede, dificuldades e procedimentos a seguir. É um exemplo interessante de uma estrutura completa de rede fixa e móvel de um operador integrado horizontalmente e os principais pontos e questões de cuidados. Cada parte desta rede foi analisada individualmente a partir de um inventário realizado no início do processo de transição da Telefônica.



Até hoje, a Telefônica do Peru tem 1,6 milhões de clientes de acesso fixo, superando amplamente o número de endereços IPv4. Por esse motivo a situação é a seguinte:

1. 27% dos endereços IPv4 está sendo usado através do CGNAT e o restante 83% é usado como IPv4 públicos.
2. Quanto ao uso dos endereços públicos, 20% são IPv6 e 80% são IPv4.

Observa-se que os endereços IPv6 desempenham um papel importante conjuntamente com 27% dos endereços IPv4 usados através de NAT.

A adoção precoce de medidas para mitigar a redução do estoque de endereços IPv4 permitiu que a Telefônica já esteja implementando endereços IPv6, que removem a pressão sobre o uso dos endereços IPv4, muitos dos quais ainda podem ser usados como públicos. Isto habilita um caminho progressivo sem pressões por problemas de qualidade decorrentes das grandes partilhas dos endereços IPv4. Do outro lado, essa adoção precoce permitiu a implementação da rede Dual Stack através das atualizações progressivas da rede sem necessidade de realizar investimentos exclusivamente para a transição.

O plano geral envolve:

1. O IPv6 começou a se implementado na rede ADSL em 2012 com CPE Dual Stack e WiFi.
2. Para 2016 começaria a ser implementado o IPv6 para clientes corporativos para os quais a rede está pronta, e para os da rede HFC.
3. Estima-se que em 2017 a implementação atinja os serviços móveis seguindo a mesma técnica de Dual Stack com CGNAT.

Todas as altas de serviços são realizadas com CPE Dual Stack, e como já foi apontado acima, o avanço do uso do CGNAT é efetuado por nós nos que seja necessário reduzir gradualmente o uso de IPv4 público.

Quanto aos grandes clientes, apenas as universidades solicitam IPv6 mas não temos percebido procura por parte dos clientes corporativos, até mesmo os de terminação internacional no Peru.

Devido à adoção precoce da estratégia de transição, os sistemas internos começaram a ser atualizados progressivamente sempre que necessário, portanto isso não representou um problema. Os sistemas BSS são transparentes ao endereçamento usado e somente foi necessário atualizar o provisioning.

Com relação ao sistema HFC estão trabalhando no provisioning e na validação dos CM. Os CMTS já estão validados. Até o momento estão usando endereços públicos, mas também neste serviço será usado Dual Stack com CGNAT.

## 7.2 NAP Peru

NAP Peru tem habilitado IPv6, mas somente quatro operadores grandes e uma instituição estão interconectados no IPv6, sobre um total de doze membros: Level (3), Claro, Telefônica do Peru, Optical IP e a Rede Científica Peruana (RCP).

## 7.3 Operador exclusivamente corporativo e atacadista importante

Este operador internacional indica que apenas os ISP grandes solicitam serviços no IPv4 – IPv6, embora sua rede e seus sistemas estão totalmente preparados para o IPv6.

## 7.4 Escritório Nacional do Governo Eletrônico e Informática (ONGEI)

A nível governamental em 2008 começam as atividades de recomendações do uso do IPv6, e em 2011 é inaugurada a plataforma de interoperabilidade de entidades públicas, hospedada no BCP.

Neste momento a ONGEI criou um projeto de Decreto Supremo para fazer obrigatório que todas as entidades da Administração Pública implementem “gradativamente o uso do protocolo IPv6 em seus recursos informáticos, segundo o caso e de acordo com o Plano de Migração e Implementação do protocolo IPv6 de sua entidade.”

Para isso “Toda aquisição de hardware e software que seja realizada pelas entidades da Administração Pública, que use a Internet, deverá ter implementado o IPv6 em forma nativa com suporte para o protocolo IPv4.” Caso contrário deverão ser autorizadas pela ONGEI.

Também obriga à preparação de um Plano de Migração que deverá receber a opinião prévia da ONGEI.

E, principalmente, “A ONGEI é responsável pela elaboração de um Manual de Implementação do IPv6; e estabelecerá os prazos e objetivos para sua implementação pelas entidades.”

São estabelecidos prazos e definidos planos de assistência técnica e capacitações pela ONGEI.

O consultor entende que esta ação, após a sua aprovação, será um forte impulso para que ocorra uma

implementação que abranja aos operadores que ainda não implementaram o IPv6, e ao mesmo tempo aumente o número de usuários que operam no IPv6.

### 7.5 Operador móvel entrante

Este operador, subsidiário de outro operador móvel da América Latina ainda tem um número suficiente de endereços IPv4 e considera iniciar a implementação do IPv6 em 2016.

Como uma grande porcentagem de suas portas é compatível com o IPv6, seu foco neste momento é o planejamento e as ações preliminares na rede e nos sistemas de suporte para o negócio (BSS). Seu núcleo de rede tem implementado MPLS e decidiu usar 6PE.

### 7.6 Operador de serviços corporativos

Este operador está em uma grande operação de implementação de fibra óptica para seus clientes corporativos e está operando totalmente no Dual Stack.

### 7.7 Instituto Nacional de Pesquisa e Capacitação das Telecomunicações do Peru (INICTEL)

Este instituto contratou os serviços de acesso de um provedor que fornece IPv6. Em todas suas aulas tem Dual Stack e a rede sem fio também está preparada.

A última fase será a migração da rede administrativa.

### 7.8 Operador entrante de serviços móveis

Este operador está em uma fase de implementação que inclui também um avanço de 17.000 Km. de fibra óptica no país todo cobrindo a metade dos Distritos (950), fornecendo serviços de telefonia 3G em mais de 17.000 localidades, considerando também prestar serviços fixos em massa da Internet no futuro. Atualmente tem cerca de 1 milhão de clientes móveis, todos em 3G, e cerca de 5.000 entre corporativos e escolas com FTTH, tendo iniciado oficialmente sua operação há um ano. Toda sua rede está preparada para o IPv6 e o core vai operar com 6PE, embora ainda não tenha começado a prestar o serviço com este protocolo, o que se espera aconteça em uns dois meses.

Usará Dual Stack com CGNAT.

### 7.9 Conclusões

1. Telefônica do Peru S.A. começou precocemente sua preparação e implementação do IPv6 atingindo até o momento o nível mais alto para a região em relação aos usuários preparados para o IPv6.

2. Um operador móvel entrante que está implementando uma extensa rede de fibra óptica, e que considera prestar serviços fixos de massa no futuro (hoje tem uns 5.000 corporativos e escolas), tem toda sua rede preparada para o IPv6 e considera começar a implementação para seus clientes daqui a dois meses.

3. Outro operador móvel entrante considera começar a implementação a nível de massa em 2016. Tem uma grande porcentagem de seus terminais compatíveis com o IPv6, seu foco neste momento é o planejamento e as ações preliminares na rede e nos sistemas de suporte para o negócio (BSS). Seu núcleo de rede tem implementado MPLS e decidiu usar o 6PE.

4. O NAP Peru está preparado para o IPv6 mas apenas tem 5 membros de 12 trocando tráfego no IPv6.

5. O ONGEI preparou um projeto de decreto para alinhar às entidades da Administração Pública em suas compras que suportem o IPv6.

## 8. REPÚBLICA DOMINICANA

Foram realizadas reuniões com o INDOTEL e a OPTIC, bem como com o NAP Caribe, Claro - CODETEL e Wind.

### 8.1 Operador maior

O operador principal, que presta serviços fixos, móveis e de televisão por assinatura (DTH e cabeamento), apresenta diferentes situações quanto à implementação do IPv6 segundo os serviços prestados. Em geral não tem um problema atual de escassez de endereços IPv4, mas já iniciou o trabalho de migração. As decisões sobre a técnica de transição apresentam dificuldades de vários tipos, muito semelhantes a outros casos, tais como a falta de pessoal que possa estar dedicado em exclusividade a estudar o assunto para a sua rede particular e os sinais de vários tipos que chegam sobre as melhores técnicas de transição, mas sem mostrar os detalhes práticos que são muito importantes, algum provedor tem aconselhado não ir por DS e esperar. Entendem, também como em outros casos, que seria útil dispor de informações detalhadas, ou de casos de sucesso, que permitam mostrar o caminho mais adequado.

Está usando 6VPE no backbone e nas saídas internacionais, e tem conexões IPv6 com os provedores de conteúdo. Compraram equipamentos CGNAT e estão provando 6rd nos acessos ADSL, mas mesmo que alguns DSLAM o suportam, os CPE não, e devem ser mudados. Esses testes estão alinhados com um ISP que não apresenta problemas pelo esgotamento do IPv4 e quer

iniciar a transição IPv6, uma vez que não visa resolver os problemas da escassez.

O passo seguinte é trabalhar com GPON.

Em relação aos móveis implementaram LTE com equipamento que suporta o IPv6, mas a definição final da transição está prevista para 2016. Por agora usam CGNAT.

Em conclusão, este operador está trabalhando na preparação para a implementação do IPv6 tanto em suas redes quanto nos sistemas internos mas sem manifestar ainda uma definição final.

## 8.2 Operador menor

Também foi entrevistado um operador menor de serviços dedicados e serviços finais usando WiMax e mais recentemente implementando LTE e Fibra Óptica, que presta serviços de televisão por assinatura com LMDS, acesso à Internet com TD-LTE (banda 41: 2496 – 2690 MHz), voz sobre IP e serviços corporativos e atacadistas. Este operador iniciou em 2012 os estudos para definir a transição para o IPv6 devido a uma decisão estratégica, e porque já não tem um número suficiente de endereços IPv4 como para suportar crescimentos significativos. Em geral, mesmo que tenha recebido apoio dos provedores, teve problemas com as técnicas que testou. Tem um avanço importante de implementação no backbone, backhaul, sistemas, etc.

Para os clientes importantes de universidades e o Estado está fornecendo serviços em Dual Stack.

Entre os temas que está trabalhando para a implementação é ter o seu DNS no IPv6, o que espera finalizar antes de outubro, já que no momento da entrevista estava arrendando o serviço.

Neste momento está desativando parcialmente a rede WiMax que pode suportar só IPv4, e os clientes, o espectro e os endereços estão migrando para a rede TD-LTE. Nesse processo de transição podem surgir problemas relativos à escassez de endereços IPv4.

Teve problemas com os CPE dos clientes corporativos e os provedores estão trabalhando neles para que suportem Dual Stack. Para os clientes em massa não tem problemas porque os CPE foram comprados há menos de um ano para a implementação de LTE, e somente mudando de versão do software pôde ver que operam perfeitamente no Dual Stack.

Quanto aos sistemas, uma questão importante com o CGNAT são as respostas aos requerimentos judiciais em que são solicitados os dados do usuário do IPv4 público, sem mais informações. Está em negociações para uma

solução em que no requerimento seja incluída a porta e, talvez o protocolo, além do endereço IPv4, ou que se aceite que seja entregue somente a lista de usuários desse endereço no momento solicitado.

Quanto aos testes de técnicas, um deles, o de NAT64, apresentou problemas com o Skype e com voz sobre o Whatsapp. Quando tentou fazer testes com MAP seus provedores de CPE indicaram que eles estavam primeiro dedicando seus esforços em acabar com as adaptações a Dual Stack.

Por esses motivos, o Dual Stack com CGNAT é com certeza sua técnica escolhida finalmente para os clientes em massa e para a que estão preparados, além de que para os corporativos já é uma decisão generalizada que surge de acordos prévios com eles e que requer mudar o CPE. Mencionou que em consultas com outros operadores semelhantes da América Latina todos os consultados, exceto um da América Central, experimentaram os mesmos problemas, pelo que também pensam em adotar o Dual Stack. O operador da América Central está considerando trabalhar com o Skype para solucionar o problema.

Outro problema que encontrou é que os equipamentos do usuário final, os computadores, as vezes têm sistemas operacionais que não suportam o IPv6, como o XP ou as versões anteriores do OS X, pelo que se manteriam trabalhando no IPv4 mesmo que o CPE seja migrado.

Em conclusão, já está migrando para seus clientes corporativos e atacadistas para o IPv6 com 6VPE e a entrega de CPE novos; vai manter os clientes WiMax no IPv4 por impossibilidades do equipamento de rede e vai migrar seus clientes em massa LTE para o IPv6, provavelmente com Dual Stack para o qual eles estão preparados.

## 8.3 OPTIC

O Escritório Presidencial das Tecnologias da Informação e Comunicação foi criado com a responsabilidade de planejar, dirigir e executar as ações necessárias para implementar o Governo Eletrônico no país através da divulgação e uso das Tecnologias da Informação e Comunicação. (TIC).

Em relação aos endereços IPv6 e sua implementação, a OPTIC não tem competência para fazê-la obrigatória nas instituições do Estado. No entanto, adotou a iniciativa de estabelecer um conjunto de Melhores Práticas nas compras estatais que incluem a adoção do IPv6. Adicionalmente outorga um certificado de cumprimento dessas práticas quando a instituição cumpre com as mesmas. Embora não haja dados

disponíveis, entende-se que muitas instituições estão adotando o IPv6 nas compras que fazem.

Estas ações começaram em 2014 a partir de uma enquete realizada pelo INDOTEL.

#### 8.4 INDOTEL

O INDOTEL resolveu exortar a implementação do protocolo IPv6 na República Dominicana pela Resolução nº 021/15 julho de 2015.

A mesma estabelece, a partir de um relatório diagnóstico sobre o nível de preparação das instituições do Estado da República Dominicana para a implementação do IPv6: “INSTAR às prestadoras de serviços de telecomunicações a implementar e oferecer o IPv6 na totalidade de suas diferentes tecnologias tanto para redes fixas quanto móveis, tecnologias de alta gama empresarial e de usuários residenciais, a fim de satisfazer a demanda de seus clientes e dos novos usuários.”

Adicionalmente, através desta resolução assume a realização de ações destinadas a promover o uso do IPv6.

Prevê a realização de uma reunião entre as partes interessadas para que tomem conhecimento do Relatório realizado, e “INSTRUIR ao Diretor Executivo para que em coordenação com a Equipe Técnica relacionada ao IPv6 e com a Gerência das Comunicações do INDOTEL desenvolva e divulgue materiais informativos e publicitários sobre a importância da implementação do IPv6 para contribuir com a segurança e estabilidade da infraestrutura de redes do país.”

Para efeitos do cumprimento da resolução, o INDOTEL elaborou um Plano de Trabalho que culmina em dezembro de 2015.

O relatório diagnóstico sobre a preparação das instituições do Estado para usar o IPv6 foi elaborado principalmente com base nos resultados de uma enquete realizada a 66 instituições com uma resposta de 53 delas, através de 24 perguntas em um período de levantamento de maio a junho de 2015.

**Entre os dados relevantes que apresenta este relatório diagnóstico encontram-se os seguintes:**

1. 87% das instituições não tem pessoal capacitado no IPv6, embora todas elas manifestaram conhecer o assunto e todo o relacionado com o esgotamento do IPv4.

2. Quanto à presença do IPv6 em sua instituição, 87% indicou que não tem, 9% que tem somente para teste e 2% só na Internet ou só em redes internas.

3. 87% não tem planos de transição da plataforma tecnológica para o IPv6.

4. Quanto ao pedido de blocos de endereços IPv6, 75% não tem planos de pedi-los, e apenas 13% sim tem.

5. 57% das instituições não considerou contemplar o IPv6 no desenho de sua rede. 43% considerou mas ainda não começou.

6. 70% comprou recentemente software que suporta o IPv6.

Os passos seguintes que está adotado o INDOTEL são consequência direta das conclusões e recomendações da seção 6 do Relatório, originalmente focado na situação das instituições do Estado, entre elas:

1. De acordo com os dados apresentados no relatório diagnóstico e a realidade exposta na introdução entende que se encontra “perante um evento transcendental, pelo que implementar o protocolo IPv6 adquire mais do que nunca um senso de urgência, tornando-se inevitável e urgente”

2. “É necessário impulsionar planos de conscientização, capacitação técnica e planos de assessoria para a adoção do protocolo da Internet nas instituições públicas, isto a fim de impulsionar o país, sendo o Estado o catalisador desta implementação”

3. “Realizar um encontro com as instituições do Estado e os diferentes setores do país, ou criar espaços de concentração para apresentar os resultados deste relatório. Tudo isso a fim de motivar e incentivar as implicâncias de não implementar o protocolo, impulsionando assim o uso em massa da Internet e conseguir no menor tempo possível a adoção do IPv6 na República Dominicana”

4. “Que o Estado lidere a adoção do IPv6 nas redes governamentais”

5. “Propor que nas instituições do Estado, as novas contratações e compras de produtos tecnológicos que usem o protocolo IPv6, tenham como requisito principal a compatibilidade com o protocolo IPv6, para evitar a repetição de esses investimentos”

6. “Realizar planos de promoção e divulgação”

7. “Instar às prestadoras de serviços de telecomunicações a começar a oferecer o IPv6 para que satisfaçam a demanda de seus clientes e de novos usuários”

8. “Ministrar oficinas de capacitação e assessoria em geral para adotar o protocolo IPv6 e diminuir a resistência à mudança”

9. “A partir das oficinas de capacitação, dar um prazo para que as entidades governamentais incluam em suas administrações um “Plano de Transição para a Adoção do IPv6 em coexistência com o IPv4”, para que permita uma transição segura, para garantir a efetividade das tarefas a serem desenvolvidas durante o período de implementação do protocolo IPv6”

Em conclusão, o INDOTEL está adotando um plano de trabalho que tem como eixos principais: criar o senso de urgência, desenvolver ações de capacitação e conscientização, trabalhar conjuntamente com todas as partes interessadas e impulsionar a implementação do IPv6 nas instituições do Estado em concordância com a OPTIC. Estes eixos estão de acordo com as melhores práticas das ações governamentais para a implementação do IPv6.

## 8.5 NAP do Caribe

Este NAP presta múltiplos serviços na República Dominicana: conectividade internacional (através de provedores atacadistas nacionais), IXP, hosting, co-location, máquinas virtuais e outros serviços próprios de um NAP.

A plataforma IXP suporta IPv6, mas não houve provedores interessados em interconectar-se neste protocolo. Quanto ao próprio NAP faltam apenas algumas atualizações para prestar os serviços no IPv6. A falta de disponibilidade de endereços IPv4 coloca a necessidade de implementar o IPv6, e o que poderia ser mais viável é fazê-lo em Dual Stack. Não considerou usar NAT64.

Entende importante a iniciativa governamental de promover o IPv6 como um mecanismo para que comece a ser desenvolvido no país.

## 8.6 Conclusões

1. O INDOTEL está adotando um importante plano de trabalho que tem os seguintes eixos principais: criar o senso de urgência, desenvolver ações de capacitação e conscientização, trabalhar conjuntamente com todas as partes interessadas e impulsionar a implementação do IPv6 nas instituições do Estado em concordância com a OPTIC. Estes eixos estão de acordo com as

melhores práticas das ações governamentais para a implementação do IPv6.

2. A OPTIC não tem potestades para fazer obrigatória sua implementação nas instituições do Estado. No entanto, adotaram a iniciativa de estabelecer um conjunto de Melhores Práticas nas compras estatais que incluem a adoção do IPv6. Adicionalmente outorgam um certificado de cumprimento dessas práticas quando a instituição as cumpre.

3. O operador maior não tem requerimentos urgentes de endereços IPv4 porque foram tomadas medidas preventivas há tempo. Está usando 6VPE no backbone e nas saídas internacionais, e tem conexões no IPv6 com os provedores de conteúdo. Por agora usa CGNAT e espera-se que em 2016, por decisão corporativa, comece a implementação do IPv6.

4. Um operador menor de WiMax está migrando para TD-LTE. Este operador iniciou em 2012 os estudos para definir a transição para o IPv6 devido a uma decisão estratégica, e porque já não tem um número suficiente de endereços IPv4. Nos clientes importantes de universidades e o Estado estão fornecendo serviços em Dual Stack com 6VPE. O Dual Stack com CGNAT é com certeza sua técnica escolhida para os clientes em massa e para a que estão preparados, além de que para os corporativos já é uma decisão generalizada decorrente de acordos anteriores com eles e requer mudar o CPE.

## 9. TRINIDAD E TOBAGO

Foram realizadas reuniões com vários ISP que fornecem acesso à Internet: TSTT (Blink e BMobile – serviços fixos e móveis), Columbus Communications (Flow – serviços fixos HFC), Digicel (serviços móveis e fixos por fibra), Open Telecom (acesso sem fio residencial e corporativo) e LISA Communications (corporativo), e com o IXP TTIX. Do outro lado, foram realizadas reuniões com o regulador (TATT) e com o Ministério de Administração Pública, com responsabilidade sobre as TIC. No âmbito acadêmico as reuniões foram com University of the West Indies (UWI), Trinidad and Tobago Research & Education Network (TTRENT) e University of Trinidad and Tobago (UTT). Os dois operadores principais já têm o Google caches, mas não se sabe se eles estão implementados no IPv6.

### 9.1 Operador principal

Quanto à prestação de serviços no IPv6 para os clientes finais em massa, o operador principal não está fornecendo serviços IPv6 nem planejando-os no futuro próximo porque, conforme aponta, de momento tem endereços IPv4 suficientes. Por enquanto está planejando fazer atualizações no IPv6 no core. O



consultor entende que esta estratégia é consistente com uma visão econômica.

## 9.2 Operador de acesso sem fio residencial e corporativo

Este operador de acesso sem fio não está prestando serviços no IPv6.

## 9.3 Operador móvel e de FTTH

O operador móvel e de FTTH iniciou recentemente a implementação do IPv6 no acesso através de 1.000 clientes de rede fixa e esperava ter uma implementação importante do IPv6 para 2015, juntamente com FTTH. É de notar que sua rede nova está preparada para o IPv6 desde sua instalação. Tem todo o core operando no IPv6, e atualmente está trabalhando na implementação móvel prevista para começar no início de 2016. Para FTTH está usando Dual Stack com CGNAT. Para os serviços móveis ainda não decidiu qual técnica usar, mas provavelmente use Dual Stack nos testes iniciais, constatando que surgiram alguns problemas com os terminais, algo observado em outros operadores. Por enquanto não está prestando serviços corporativos no IPv6.

## 9.4 Operador HFC

O operador que usa uma rede HFC tem um core no Dual Stack e implementou CGNAT em algumas áreas. Já está em posição de prestar serviços corporativos na sua rede de cabo, mas ainda não para os clientes residenciais. Seus Cable Modems são DOCSIS 2.0 e 3.0, pelo que o consultor considera que uma parte deles estariam preparados para o IPv6. Fornecem tráfego IPv6. Nestas condições, esperam estar implementando o IPv6 para seus clientes residenciais em meados de 2016. Este operador tem a vantagem de dispor de um sistema centralizado de provisioning para várias ilhas (Trinidad, Curaçao, Granada, etc.), portanto, quando o sistema de Trinidad estiver pronto, também estará para as outras ilhas.

## 9.5 Operador puro de serviços corporativos

Neste caso o operador tem endereços IPv4 suficientes, portanto não está considerando a implementação do IPv6.

## 9.6 TTIX.

Esta reunião foi muito importante pela visão geral sobre o mercado em Trinidad e Tobago e as tendências observadas em matéria do IPv6. Os comentários recebidos reafirmam as opiniões recebidas nas reuniões com os ISP.

Foi apontado que existe peering bilateral no IXP, que está sendo discutido o início de acordos de peering no IPv6, e que também se espera mais tráfego no IPv6. Nenhuma das duas universidades, UTT e UWI, estão conectadas ao IXP devido aos custos dos enlaces necessários, a pesar de terem sistemas autônomos. A troca de tráfego é através dos ISP que prestam o serviço. Considera que as universidades vão começar no IPv6 em quanto os ISP prestem o serviço. Por exemplo, UTT tem acesso à Internet com dois provedores, portanto poderá iniciar o serviço no IPv6 com algum deles. Não existe troca em massa de tráfego internacional no IXP.

Foram instalados servidores do Google, Akamai e Netflix no país.

## 9.7 TATT

Entende-se que quando for definida a nova política em relação aos investimentos no setor público, será a oportunidade de incluir os lineamentos para implementar o IPv6 nas instituições do Estado conforme elas forem investindo.

## 9.8 Ministério da Administração Pública (antes Ministério da Ciência e da Tecnologia)

GobNETT conecta todos os sites do governo e pode ter de cerca de 15.000 usuários. Mesmo que a implementação do IPv6 seja considerada nas licitações, por enquanto não há uma ênfase importante. Por enquanto, GobNETT está usando NAT.

Ainda não existem lineamentos em relação às compras públicas. iGovTT está revendo lineamentos mas ainda não há nenhum aprovado.

## 9.9 University of West Indies

Está trabalhando no IPv6 desde 2009. Realizou trabalhos de laboratório com o IPv6 em relação à atividade acadêmica.

Quanto à preparação, todos seus pontos de acesso sem fio são IPv4. O consultor observa que este problema se repete nos âmbitos universitários, o que significa uma limitação no uso real do IPv6, mesmo quando se chega com este serviço à instituição .

Esta Universidade está usando Dual Stack e tem todo o equipamento preparado para o IPv6 exceto o Firewall. Está esperando pelo serviço IPv6 do ISP para atualizar o Firewall. Um aspecto a salientar é que até agora não teve custo adicional devido a que em todas as compras de equipamentos solicitou compatibilidade IPv6.

Atualmente está esperando que os ISP possam fornecer serviços no IPv6. Entretanto usa uma conexão através

de Miami que suporta IPv6, e a maioria de seu conteúdo usa esta rota.

Sua incorporação à operação IPv6, assumindo a atualização dos Hot Spots, atingiria 17.000 alunos e 3.000 professores.

### 9.10 Trinidad and Tobago Research and Education Network (TTRENT)

TTRENT fornece conectividade a algumas universidades, mas elas são responsáveis por suas próprias redes. Têm conexões com UWI, UTT, COSTTAAT e com USC, e têm conexões para o exterior através de GEANT e da RedCLARA.

Está trabalhando em um projeto chamado EDUROAM para que os alunos tenham acesso sem fio seja qual for o lugar ao que eles vão.

Estima-se que a média do total de usuários de todas as instituições que usam TTRENT vai de 50.000 a 60.000. Considera-se que com o novo governo, existe a possibilidade de que a TRENT e o portfólio do ensino superior sejam integrados com o Ministério da Educação (ensino fundamental e médio). Assim, as medidas tomadas para a implementação do IPv6 na educação irão ter um impacto muito maior sobre os indicadores nacionais.

### 9.11 University of Trinidad and Tobago

Esta Universidade tem incorporado o estudo do IPv6 em seu currículo, mas são atingidos apenas os aspectos técnicos e não as repercussões que a adoção ou não tem sobre o uso da Internet e sobre a sociedade em geral. Não é percebida a importância desta implementação, portanto esta é uma questão a ser considerada. Não se conhece a existência de projetos estudantis a este respeito. A educação nesta área é importante para quando os alunos comecem a trabalhar nos ISP, nas instituições de governo, etc.

### 9.12 Conclusões

1. A situação é desigual entre os ISP. O ISP principal não tem necessidade de implementar o IPv6 devido a que tem estoque de endereços IPv4.

2. O operador móvel e de FTTH/FTTB está em uma etapa muito avançada com cerca de 1.000 clientes conectados no IPv6 na sua rede fixa, prevendo uma implementação mais importante para o fim do ano. Usa Dual Stack com CGNAT.

3. O operador de HFC já tem o core no Dual Stack e implementou o CGNAT em algumas áreas.

4. Quanto aos serviços móveis este operador está em etapas iniciais com um core Dual Stack e espera fornecer serviços IPv6 no início de 2016. Já dispõe de CPE DOCSIS 2.0 e 3.0, portanto espera começar a implementar o IPv6 em meados de 2016.

5. Não existe ainda peering IPv6 no IXP.

6. Não foi definida ainda uma política de governo acerca da implementação do IPv6. Há trabalho avançado nesse sentido.

7. A nível universitário, a UWI está avançada, exceto seus Hot Spots e seu Firewall, dois aspectos importantes.

8. É importante que existam cursos que contêm os aspectos não puramente técnicos do IPv6 devido às repercussões que os graduados têm na sociedade.

## 10. VENEZUELA

Na Venezuela foram realizadas reuniões com a CONATEL e com a CNTI, bem como com os ISP CANTV – Movilnet, Digitel e Telefônica.

### 10.1 CNTI

O Centro Nacional de Tecnologias da Informação é uma instituição do estado no âmbito do Ministério do Poder Popular para a Educação Universitária, Ciência e Tecnologia (MPPEUCT), dedicada à promoção das Tecnologias da Informação (TI) Livres na Administração Pública venezuelana. Fortalece o governo eletrônico, apoia às instituições públicas na capacitação de seu pessoal e promove e incentiva as políticas em matéria de atualização tecnológica do estado venezuelano. Fornece conectividade a cinquenta universidades e atende a mais de trezentas. CANTV fornece a conectividade IPv4 e IPv6 até o roteador da universidade e é responsável pela operação e manutenção de suas redes. Trabalha com a rede CLARA e a Internet 2 dos EUA.

Entre 2004 e 2007 houve um impulso do IPv6 quando foram desenvolvidos lineamentos em conjunto com o Ministério do Poder Popular para a Ciência e Tecnologia. A CONATEL desenvolveu cursos e trabalhou com a comunidade.

### 10.2 CONATEL

A CONATEL está atualmente considerando desenvolver uma proposta de política pública orientada à implementação do IPv6 nas instituições do Estado. A situação econômica atual dificulta a aplicação imediata de uma política deste tipo.

Na Venezuela não há nenhuma obrigação de fornecer informações dos usuários que em determinado momento usam um endereço IP específico.

### 10.3 Operador importante multisserviços que é ISP fixo e móvel

Este operador está em etapas prévias de planejamento para a implementação do IPv6 com foco principal no backbone aproveitando que de qualquer forma deve atualizar a sua rede. Dada a importância de considerar esta implementação, embora ainda tenha endereços IPv4 suficientes, o trabalho sobre o backbone irá continuar em outras áreas.

### 10.4 Operador de telefonia móvel e de serviços corporativos. Caso 1

Em relação aos serviços móveis, uma das alternativas que estão considerando é o Dual Stack com CGNAT, e a outra poderia ser XLAT em que registram no HLR se o terminal suporta XLAT e se é assim prestam esta técnica, mas ainda não foi tomada uma decisão devido às dificuldades que registra esta última opção por não ser automática.

As operações móveis são as primeiras a ser consideradas para a transição para o IPv6, mas consideram que vai levar algum tempo. Por agora usam o CGNAT, mas quando as transições são interrompidas surgem problemas, uma vez que para restabelecê-las devem enviar pacotes administrativos nos dois sentidos através dos canais de sinalização, gerando tráfego que afeta de alguma forma a operação. Estão ampliando seu CGNAT.

O core estaria pronto para o IPv6 no final de 2015, como o DNS, os sistemas de faturamento e outras infraestruturas, que consideram que não vão causar problemas.

Quanto aos terminais estão iniciando testes, mas preveem que vão ter problemas com os suprimentos.

A nível corporativo têm muito poucos serviços requeridos no IPv6, e consideram trabalhar nesta questão depois dos móveis.

### 10.5 Operador de telefonia móvel e serviços corporativos. Caso 2

Este operador faz parte de uma empresa multinacional que iniciou o planejamento e avanço para o IPv6 desde 2008.

Estão usando o NAT há dois anos e a técnica a ser usada será a de Dual Stack com CGNAT. O uso do NAT

é considerado como benéfico porque evita os fluxos entrantes, não funciona o push para os dispositivos, entre outros aspectos que melhoraram o uso dos pacotes de banda larga por parte dos clientes por causa do menor consumo. Os NAT usados priorizam os aplicativos que precisam mais sessões.

Atualmente, a única questão a ser resolvida para poder lançar o serviço é a atualização do sistema de avaliação que não opera no IPv6. Neste caso é necessário um investimento importante que não é possível realizar no momento devido a questões externas à empresa. Nos quatro anos anteriores, cada vez que era necessário atualizar a rede ou os sistemas foram realizadas compras de equipamentos que suportam o IPv6.

Seus clientes têm smartphones que estão preparados para o IPv6 devido ao perfil socioeconômico de seus clientes.

Quanto aos clientes corporativos não tem problema para prestar estes serviços no IPv6.

### 10.6 Conclusões

1. Existe a percepção da importância dos lineamentos para o setor público a nível da CONATEL.
2. O operador principal está na etapa de estudos prévios para a implementação no backbone.
3. Os outros operadores grandes estão muito avançados e têm somente problemas pontuais a ser resolvidos para poder começar a implementação móvel a nível de massa.
4. Para a implementação corporativa não existem problemas.
5. As dificuldades econômicas do país estão impedindo um avanço na implementação do IPv6.
6. No caso dos operadores não principais a técnica a ser usada será a de Dual Stack com CGNAT.

### 11. AKAMAI

Akamai é uma rede importante de distribuição de conteúdo com presença em mais de 110 países com 200.000 servidores em 1.400 redes. No final de 2015, implementou servidores que fornecem serviços no IPv6 em 95 países.

Neste período de transição na implementação do IPv6, um dos principais desafios surge porque muitos Centros de Dados onde Akamai se hospeda, mesmo quando seus servidores são IPv6, não lhe fornecem conectividade

IPv6 para poder ser acessados pelos usuários que já estão preparados. Esta observação reforça a situação encontrada nos países em que a implementação do IPv6 no núcleo das redes não é total. Nestes casos o usuário ainda pode acessar o conteúdo fornecido por Akamai no IPv6 mas desde servidores mais afastados, ou, devido a protocolos no equipamento do usuário, que mesmo que esteja preparado para o IPv6, acaba acessando localmente no IPv4 como escolha mais eficiente para baixar o conteúdo. Esta situação é observada hoje na Ásia e na América Latina.

Em geral seus clientes principais oferecem serviços em Dual Stack, pelo que seja através dos servidores próprios como através dos servidores de Akamai, o acesso pode ser no IPv6. Pode acontecer que, por exemplo, um sinal de notícias forneça o acesso a conteúdo sujeito a mudanças frequentes (como textos) através de sites próprios, e fornece conteúdo de mudanças menos frequentes (fotos e vídeos) através dos servidores de Akamai.

Igualmente, se um cliente ainda mantém seus servidores no IPv4 pode fornecer o conteúdo para seus usuários tanto no IPv4 quanto no IPv6, dependendo se está hospedado em seu próprio servidor ou nos servidores de Akamai que fornecem IPv6.

Outro ponto importante a salientar é a necessidade de que gradativamente, mas o mais rápido possível, existam redes de peering e interconexão no IPv6 que sejam pelo menos semelhantes às atuais no IPv4. Assim o conteúdo no IPv6 será acessado competindo em igualdade de condições com o conteúdo no IPv4. Observa-se que a conectividade IPv6 não tem a mesma qualidade a nível país ou regional, portanto os acessos ao conteúdo podem priorizar o IPv4.

Este assunto relativo aos peering, soma-se aos já conhecidos em relação ao Happy Eyeball, a configuração dos CPE, entre outros, favorecem o acesso IPv4 sobre o mesmo conteúdo no IPv6.

## 12. GOOGLE

Por razões óbvias de confidencialidade as informações fornecidas são limitadas em termos de detalhes, mas igualmente apresentou algumas questões relevantes.

A transferência de blocos devido às vendas no mercado secundário cria problemas com a geolocalização, o que em parte é corrigido com informações adicionais do posicionamento do usuário (por exemplo, os Wi-Fi hot spots).

Os CGNAT também complicam sua operação como já foi mencionado por causa do número de sessões, e porque um mesmo endereço público pode estar sendo usado em locais geográficos suficientemente diferentes, provocando também problemas de geolocalização.

## **ANEXO II. MELHORES PRÁTICAS PARA A TRANSIÇÃO PARA UMA REDE IPV6**

## 1. ASPECTOS GERAIS

A transição de uma rede IPv4 para uma rede IPv6 pode ser realizada por três modalidades básicas:

1. Dupla Pilha (Dual Stack) em que os dois protocolos coexistem e operam simultaneamente em toda a rede e nos dispositivos de usuário. Esta modalidade pode ser usando endereços públicos IPv4 se tiver um número suficiente, ou caso contrário, combinada com o CGNAT.

2. Tunelamento. Duas instâncias IPv6 se comunicam através de túneis armados na rede IPv4. Estas tecnologias estão praticamente abandonadas por causa de custos, quebra de princípios básicos da Internet como a conectividade ponto-a-ponto, problemas com as listas de bloqueio de acesso, necessidade de manter registros de endereços e de portas, etc.

3. Tradução. É um conjunto de técnicas que permite, sem realizar túneis sobre redes IPv4, a comunicação de dispositivos IPv6 com dispositivos IPv4. Os tradutores traduzem pacotes IPv6 em pacotes IPv4 e vice-versa, usando a tradução de endereço e porto. Esta secção não considerada a técnica NAT444, pois não é aconselhável devido a que tende a manter a dependência de endereços IPv4 sem exigir o uso do IPv6. Não seria, portanto, uma técnica específica de transição.

### 2. BREVE DESCRIÇÃO DAS TÉCNICAS DE TRANSIÇÃO PARA O IPV6.

Esta breve descrição das melhores práticas para a transição para o IPv6 está baseada em um livro publicado pelo Capítulo Argentino da ISOC, que poderá ser usado para obter mais informações<sup>26</sup>.

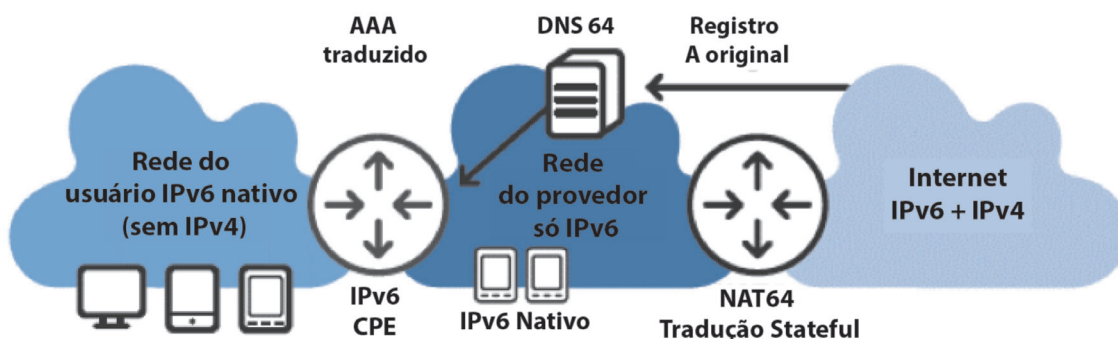
Serão analisadas principalmente as novas técnicas de transição, uma vez que foram descartadas as técnicas baseadas em túneis, e que são raramente usadas.

1. NAT64/DNS64
2. 464XLAT
3. DS-Lite
4. MAP-T
5. MAP-E
6. Dupla Pilha (Dual Stack)
7. 6PE/6VPE

#### 2.1 NAT64/DNS64

NAT64<sup>27</sup> é uma técnica stateful para tradução de pacotes e portas IPv6 para IPv4, e permite o uso compartilhado de endereços IPv4. DNS64 é uma técnica auxiliar da NAT64 que permite o mapeamento de nomes.

As duas técnicas permitem que para os usuários nativos IPv6, quem inclusive podem receber somente esses endereços do ISP, pareça que todos os serviços e sites da Internet sejam IPv6, podendo acessar sem problemas, inclusive no mundo IPv4. Claro que acessa ao mundo IPv6 diretamente. Em contrapartida, para os serviços e sites da Internet no IPv4 parece que a conexão do usuário desta técnica é originada em um endereço IPv4 compartilhado. O esquema do uso desta técnica é como segue:



26- "IPv6 para Operadores de Rede" 1ª Edição. 2014, Ebook, ISBN 978-987-45725-0-9. ISOC - Ar, Associação Civil de Engenheiros Argentinos na Internet. O livro também é a fonte das imagens utilizadas.

27- Descrita junto com a DNS64 nas RFC 5146 e 6147.

A base da operativa é que os endereços IPv4 sejam mapeados a um prefixo IPv6 de tamanho /96 da rede do provedor. Mesmo que possa ser usado qualquer prefixo do provedor, existe um bloco reservado para este uso, o 64:ff9b::/96<sup>28</sup>. Um endereço IPv4 203.0.113.1 é traduzido no 64:ff9b::203.0.113.1.

A operação complementar do DNS64, própria do provedor, é a seguinte quando o usuário requer acessar algum recurso da Internet usa o DNS como é habitual, neste caso o DNS64. Este DNS64 atua como um recursivo comum, mas se o nome não tiver originariamente um registro AAAA, quer dizer que não possa devolver um endereço IPv6, simula uma resposta para o usuário como se tivesse um registro AAAA e devolve um endereço IPv6 do recurso construído com a mesma regra já mencionada para o mapeamento IPv4 - IPv6. Recebido este endereço simulado, o requerimento se faz com esse endereço de destino, que por roteamento da rede do provedor é enviado ao dispositivo NAT64 que realiza a tradução stateful para o IPv4. O pacote que segue na rede IPv4 leva como endereço de origem um dos endereços IPv4 de um pool do provedor. A resposta segue o caminho inverso.

Esta técnica pode ser classificada como CGNAT, embora tenha a vantagem de realizar apenas uma tradução e incorporar uma rede IPv6 de transporte do provedor, e atender usuários IPv6 nativos sem usar endereços IPv4. Igualmente existe a necessidade de conservar um registro das portas de origem para identificar os acessos realizados aos recursos no IPv4 com endereços partilhados, o que aumenta os custos e a complexidade do núcleo da rede e quebra a conectividade ponto-a-ponto.

Um problema é que não opera bem para aplicativos que funcionam corretamente só com endereços IPv4.

Um exemplo desta situação é a condição que acaba de impor a Apple para acessar com aplicativos à Apple Store para seu iOS9, em que os aplicativos devem ser operáveis no IPv6. Do outro lado, esta técnica tem como vantagem que como todos os usuários são nativos IPv6 e sem designações IPv4, ao atingir uma situação de transição geral na rede, esses usuários continuarão operando transparentemente no IPv6. Em outras técnicas de transição, como o usuário tem endereços IPv4 e IPv6, permanentemente existe a possibilidade de que continue usando o IPv4 a pesar de não ser necessário.

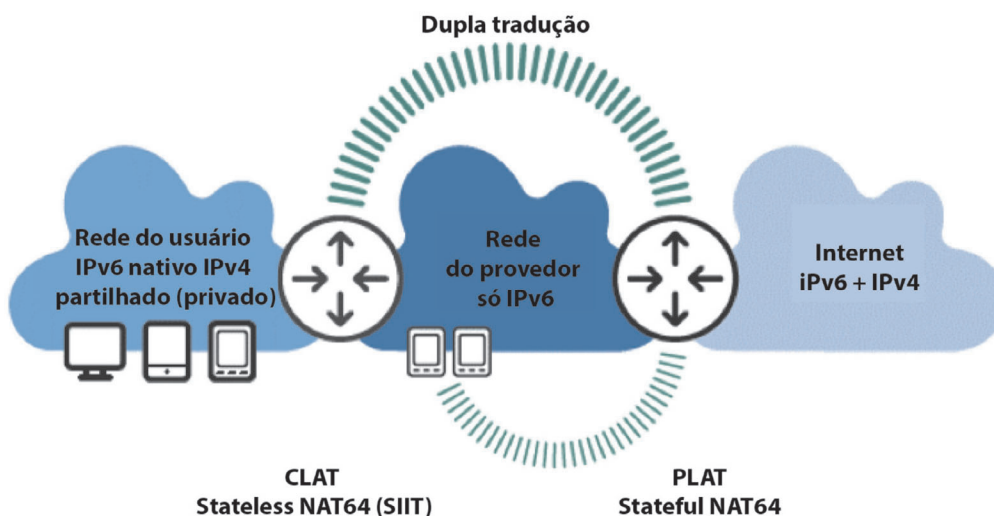
Um aspecto importante desta técnica é que é muito adequada para os serviços móveis porque consegue que todos os usuários se conectem só no IPv6 e, por sua vez, que tenham acesso aos serviços no IPv4.

Mas subsiste o problema com os aplicativos que operam só no IPv4. Isso acontece porque existem aplicativos cujos sockets estão codificados no IPv4 e se encontram com portas que oferecem só IPv6, ou usam endereços literais IPv4 sem usar DNS, como no caso do Skype e Spotify. Nesses casos os aplicativos não operam com o DNS64/NAT64.

Por isso foi desenvolvida a técnica 464XLAT.

## 2.2 464XLAT

Esta técnica<sup>29</sup> é um complemento da técnica NAT64. É uma combinação de uma tradução stateful IPv6 - IPv4 igual à NAT64 descrita antes, muito conhecida e implementada no núcleo da rede do provedor, e segundo a mesma RFC 6146, com uma tradução stateless chamada SIIT (Stateless IP/ICMP Translation Algorithm)<sup>30</sup>. É uma técnica simples e escalável para que os usuários disponham do IPv4 em uma rede IPv6.



28- Descrito na RFC 6052.

29- XLAT é abreviatura de Translator. Descrita na RFC 6877.

30- Descrita na RFC 6145

A razão para o seu desenvolvimento é permitir que operassem os aplicativos que ainda são só IPv4, não suportando IPv6. Com a segunda tradução stateless o usuário pode receber um endereço IPv4 privado para operar com esses aplicativos.

Esta segunda tradução permite designar os dois tipos de endereços para os usuários, e pode ser introduzida na rede ou no dispositivo do usuário sem alterar o resto da rede existente que já use NAT64.

É mantido neste caso que como o usuário é nativo IPv6, pode operar neste protocolo de forma transparente. Quando o recurso procurado ou o aplicativo não operem no IPv6, o usuário passa a usar a dupla tradução. O CLAT aprende o prefixo usado pelo PLAT e dessa forma é estabelecido uma espécie de túnel IPv4 sobre a rede IPv6. Por isso nesta técnica não é usado o DNS64.

É usada principalmente nos operadores móveis, sempre que o NAT64/DNS64 não sejam viáveis devido aos aplicativos. É também um tipo de CGNAT. Já existem equipamentos móveis que incorporam o CLAT (464XLAT) segundo um relatório de ARIN<sup>31</sup> atualizado em junho de 2015. Ali estabelece que os sistemas operacionais Android 4.4 e Windows Phone 8.1 suportam NAT64 CLAT segundo a RFC 6877. Também no WWDC 2015 da

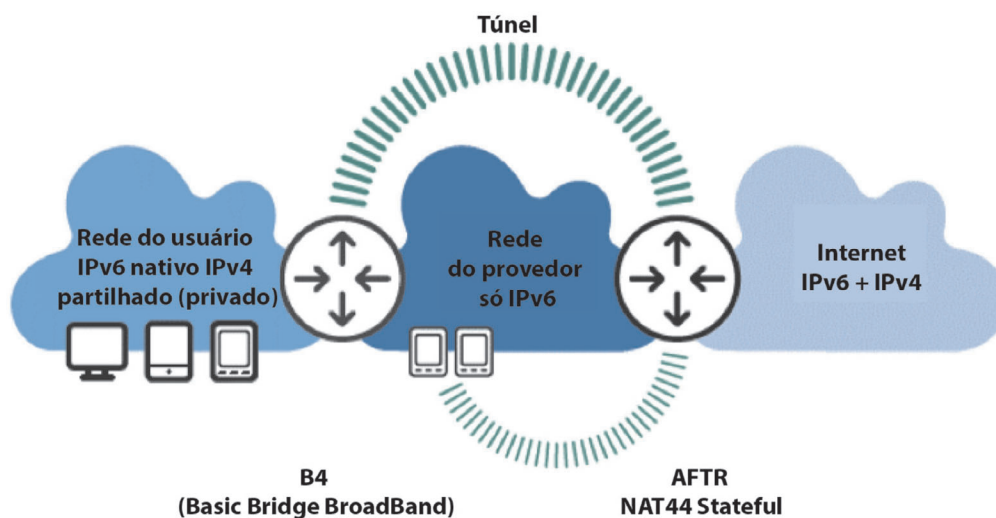
Apple, desenvolvido em junho, foi anunciado que o iOS 9 suportará serviços de redes “IPv6 only” DNS64/NAT64. Além disso, anunciou que os aplicativos publicados na Apple Store devem suportar DNS64/NAT64 desde os primeiros meses de 2016.

Embora esta técnica seja muito adequada para os serviços móveis, observou-se, tanto nas entrevistas realizadas quanto na enquete, que na região há uma preferência pelo Dual Stack.

### 2.3 DS-Lite

A técnica, Dual Stack Lite<sup>32</sup>, resolve os problemas de trabalho dos aplicativos que só operam no IPv4 de forma semelhante que a técnica 464XLAT, mas usando um túnel que encapsula o IPv4 sobre o IPv6 em vez de dupla tradução. O usuário, também neste caso, pode comunicar-se de forma nativa no IPv6 recebendo adicionalmente um endereço IPv4 privado.

É também um tipo de CGNAT já que requer um NAT44 Stateful no núcleo da rede do provedor. O equipamento que fornece o NAT44 é chamado AFTR (Address Family Transition Router). Do lado do usuário o CPE é chamado B4 (Basic Bridge BroadBand) e atua como uma ponte para o IPv4, no final do túnel.



Unindo a função do NAT44 com a ponte no CPE do usuário, na verdade o NAT44 conecta diretamente a porta do usuário, de forma semelhante a se fosse um NAT do usuário.

Repetem-se neste caso os inconvenientes do uso do NAT: é necessário levar um registro de portas e endereços o que aumenta os custos, não se tem conectividade de ponto-a-ponto, etc.

O uso desta técnica é recomendável para os provedores de acesso à Internet em geral.

### 2.4 MAP

Esta técnica é muito semelhante à DS-Lite e à 464XLAT desde o ponto de vista do usuário. Existem duas versões cujas RFC<sup>33</sup> foram emitidas em julho de 2015, a MAP-T e a MAP-E (Mapping of Address and Port using Translation and Encapsulation).

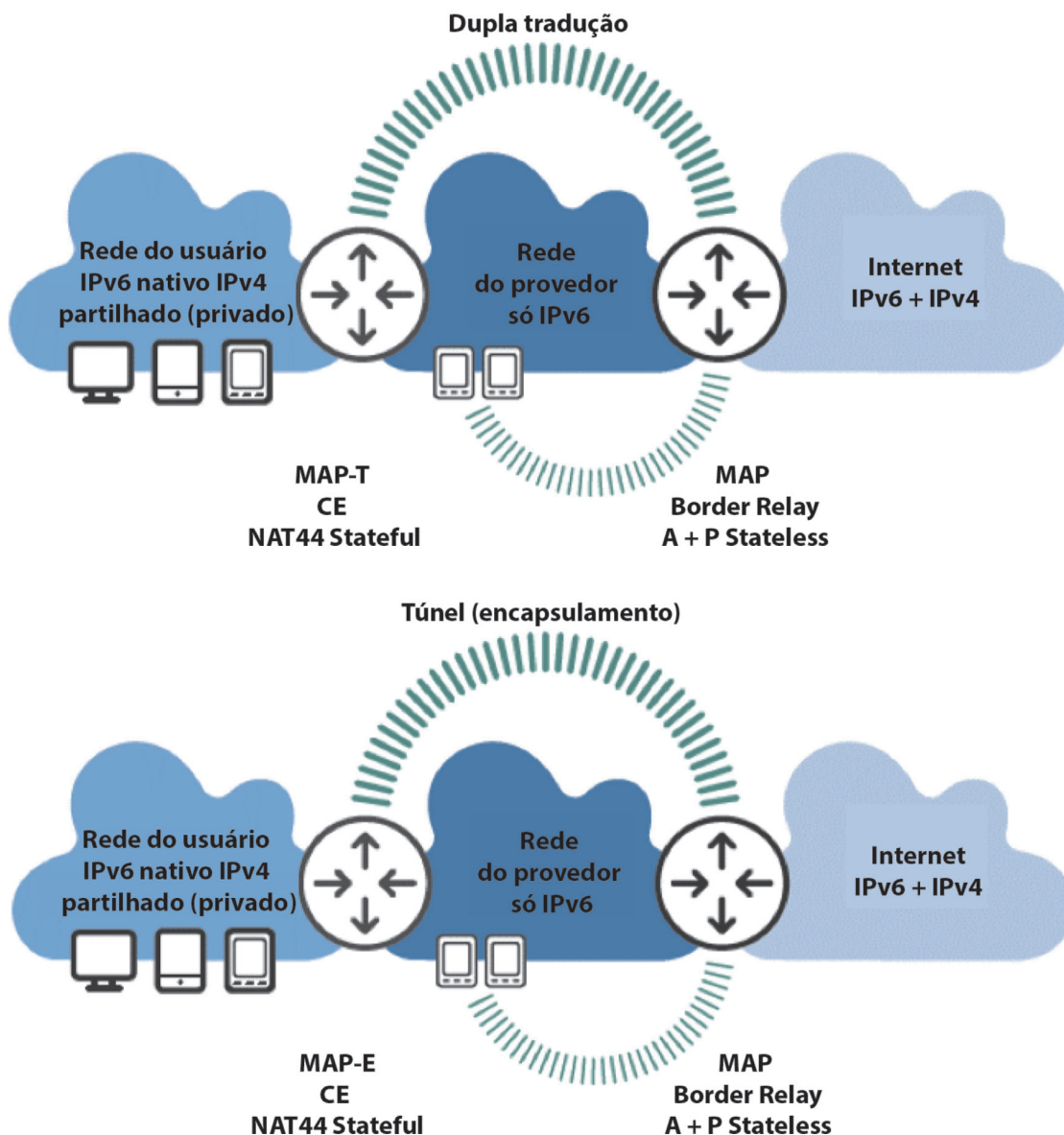
31- <https://getipv6.info/display/IPv6/3GPP+Mobile+Networks>  
 32- Descripta na RFC 6233.  
 33- RFC 7597 para MAP-E y RFC 7599 para MAP-T.



Nestes casos o usuário também está conectado nativamente ao IPv6 e usando endereços privados IPv4.

A versão MAP-T realiza uma tradução entre o IPv4 e o IPv6 de forma semelhante à técnica 464XLAT. A versão MAP-E usa um túnel de IPv4 sobre o IPv6 de forma semelhante à DS-Lite.

Nos dois casos, o roteador responsável pela partilha de endereços IPv4 é chamado MAP Border Relay. Do lado do usuário o CPE é chamado MAP CE e nos dois casos é NAT44 stateful.



A principal diferença com as outras técnicas é que não é CGNAT já que não usa NAT no núcleo da rede do provedor de acesso. A partilha dos endereços IPv4 é realizada através da técnica A+P (Address plus Port)<sup>34</sup>. A+P permite partilhar endereços IPv4 na modalidade stateless porque, embora um mesmo endereço IPv4 válido é designado para vários usuários independentes, para cada um deles também é designado um determinado intervalo de portas. Depois cada CPE é

responsável de estabelecer um NAT44 stateful em que designa endereços privados para seus usuários finais, sem que eles conheçam as limitações de portas.

Do lado do provedor a tradução A+P é realizada mediante um algoritmo, portanto esta solução é menos consumidora de recursos, mais econômica e mais escalável que os NAT44.

34- Descripta na RFC 6346

É a técnica que apresenta menos problemas operacionais tanto para o provedor quanto para os usuários, pelo que se recomenda para os provedores de acesso.

## 2.5 Dupla Pilha (Dual Stack)

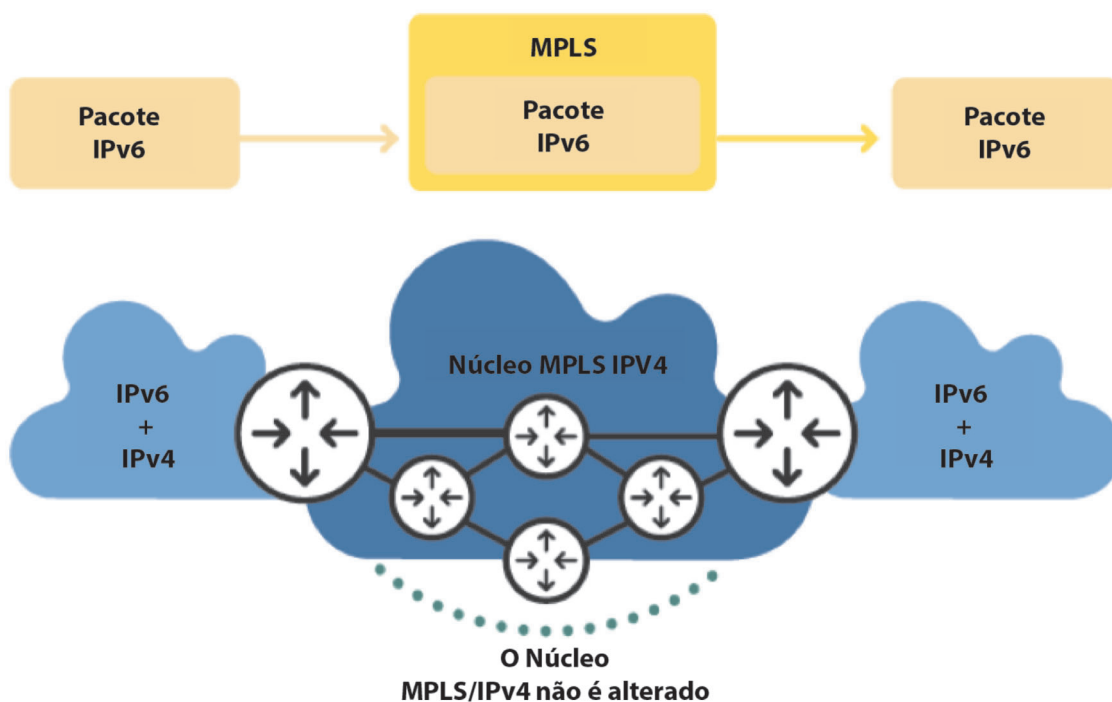
Esta técnica requer que tanto os dispositivos conectados à rede quanto a própria rede operem em paralelo com as duas pilhas de protocolos IPv4 e IPv6. Desta forma todos os nós da rede têm implementados os dois protocolos e podem ter acesso a ambos os tipos de rede. Se as duas pontas da comunicação suportam o IPv6, irão se comunicar com este protocolo, mas si alguma delas é só IPv4 a comunicação será no IPv4. Mais em geral, a escolha do protocolo em cada caso vai concordar com a política do administrador da rede. É

uma técnica maiormente escolhida nos países da região como surge das entrevistas realizadas e da pesquisa.

## 2.6 6PE/6VPE

Estas técnicas<sup>35</sup> operam sobre uma rede MPLS sem alterá-la, o que representa uma grande vantagem para aqueles que a usam, rede que por sua vez está implementada sobre o IPv4. Nota-se que ainda não existe MPLS sobre o IPv6. Por tudo isto são as tecnologias de transição recomendadas para os operadores que têm MPLS em seu Núcleo de Rede, e são muito usadas na região. São maduras, muito usadas e suportadas pelos principais fabricantes.

A estrutura da rede que suporta esta tecnologia é a seguinte:



Além de estabelecer a nova configuração, somente é necessário atualizar o software dos roteadores de borda ou “provider edge” (PE).

Quando é usado o MPLS em vez de transportar datagramas salto-por-salto, são estabelecidos caminhos (paths) identificados por origem e destino. Dessa forma se transforma uma rede roteada em uma espécie de rede comutada, com base nos caminhos, ganhando eficiência no transporte além de outros benefícios. Os caminhos nos que está baseado o MPLS

são chamados caminhos comutados por rótulos, ou “label-switched paths” (LSP). As duas técnicas usam MP-BGP<sup>36</sup> (multiprotocol BGP) sobre o IPv4 para o intercâmbio de rotas IPv6. Só os roteadores de borda devem ser necessariamente dupla pilha.

Com 6PE é mantida uma única tabela de roteamento, portanto é adequada para a Internet em geral. Em 6VPE é possível manter várias tabelas, portanto é adequada quando são usadas redes privadas virtuais (VPN).

É uma técnica muito usada nas redes de transporte dos ISP da região de LACNIC.

35- Descritas na RFC 4798 y 4659  
36- IETF RFC 4760

## ANEXO III. ANÁLISE DETALHADA DAS INFORMAÇÕES QUANTITATIVAS RELEVANTES RELATIVAS À TRANSIÇÃO PARA UMA REDE IPV6

O objetivo desta pesquisa é encontrar informações primárias e secundárias publicadas e atualizadas no mundo sobre a implementação do IPv6 em toda a cadeia de valor, que permitam escolher e calcular indicadores para avaliar o desenvolvimento do IPv6 por país de LACNIC, e em outros países selecionados como referenciais. Esta pesquisa inclui aquelas informações publicadas por LACNIC com diferentes ópticas, pelos diferentes RIR em geral, por provedores de equipamento e serviços como Akamai, Cisco e Google, e por órgãos internacionais.

Em relação aos registros históricos podemos ver que em geral, através dos gráficos, não respondem a funções de evolução que sirvam para tirar conclusões sobre as projeções da implementação do IPv6. A maioria dos gráficos históricos apresentam valores discretos ou com variações abruptas que, mesmo que mostrem tendências de crescimento durante períodos curtos de registro, correspondem em geral a valores muito baixos dos indicadores, e, portanto com variações ou taxas de crescimento ainda pouco representativas.

Quando os indicadores analisados abrangem regiões ou inclusive são de nível mundial, podem ser observadas curvas de crescimento mais regulares como por exemplo a de tráfego IPv6 em relação ao tráfego IPv4 nos servidores do Google, que também são registrados desde 2008. Mas esta informação agregada não fornece detalhes por país que é o objetivo deste trabalho.

Por este motivo, embora estejam estabelecidas referências importantes para aprofundar nas variações históricas, opta-se por pesquisar a situação na região LACNIC e nos países escolhidos a nível internacional, com base em uma seleção cuidadosa dos indicadores a partir da riqueza de informações disponíveis. Estes são representativos de diferentes aspectos atuais da implementação do IPv6, e podem ser considerados indicadores claros dos avanços nas diferentes áreas da implementação do IPv6, os que serão analisados.

## 1. INFORMAÇÕES SOBRE A EVOLUÇÃO HISTÓRICA PUBLICADA POR LACNIC.

LACNIC<sup>37</sup> apresenta uma interessante abertura dos indicadores da implementação IPv6 na região e desde diferentes ópticas, com aberturas que incluem por exemplo aos países e membros maiores de LACNIC. Este observatório da Internet está sendo ampliado no momento. Se quiser conhecer a evolução histórica de algum indicador em particular, recomenda-se analisar estas informações. As mesmas abrangem:

1. Estatísticas IPv6 x ASN membros da categoria Maior de LACNIC.
2. Estatísticas da penetração IPv6 por país (atualizado diariamente).
3. Alocações IPv6 por país (LACNIC).
4. Penetração do IPv6 no setor acadêmico.
5. Estatísticas IPv6 x País segundo Akamai (LACNIC).
6. Anúncios de prefixos IPv6 BGP Inter-RIR.
7. Sites atuais com IPv6.
8. Esboços de Sites.

## 2. INFORMAÇÕES SOBRE A EVOLUÇÃO HISTÓRICA PUBLICADA POR RIPE

A página principal de estatísticas de RIPE<sup>38</sup> também publica informações sobre diferentes métricas relativas ao IPv6, incluindo informações de países que não pertencem a sua região.

São informações não essenciais para esta análise mas complementares se quisermos conhecer detalhes sobre a implementação do IPv6 no mundo.

Assim como em LACNIC, as estatísticas são atualizadas regularmente e ampliadas ao longo do tempo.

Entre elas estão o número de LIR da região, os LIR que têm alocações IPv6 contra os que não têm, número de transferências de blocos IPv4 (com um forte crescimento no final de 2014), alocações e designações IPv6 na região RIPE e no mundo todo, bem como outras estatísticas desde diferentes pontos de vista.

## 3. INFORMAÇÕES PUBLICADAS PELO GOOGLE.

Google esteve permanentemente coletando informações sobre o uso do IPv6 desde 2008<sup>39</sup>. As informações fornecidas são importantes se considerarmos sua participação no tráfego mundial. Observam-se dados de interesse em 8 de junho de 2011 (Dia Mundial do IPv6) e em 6 de junho de 2012 (Dia Mundial do Lançamento do IPv6). Nesses dois dias o tráfego IPv6 nativo dobrou,

37- <http://stats.labs.lacnic.net/>

38- <https://labs.ripe.net/statistics/?az=true>

39- <http://www.google.com/intl/es/ipv6/statistics.html>

passando de 0,3% para 0,61% e o tunelamento (6to4 e Teredo) caiu de 0,04% para 0,01%.

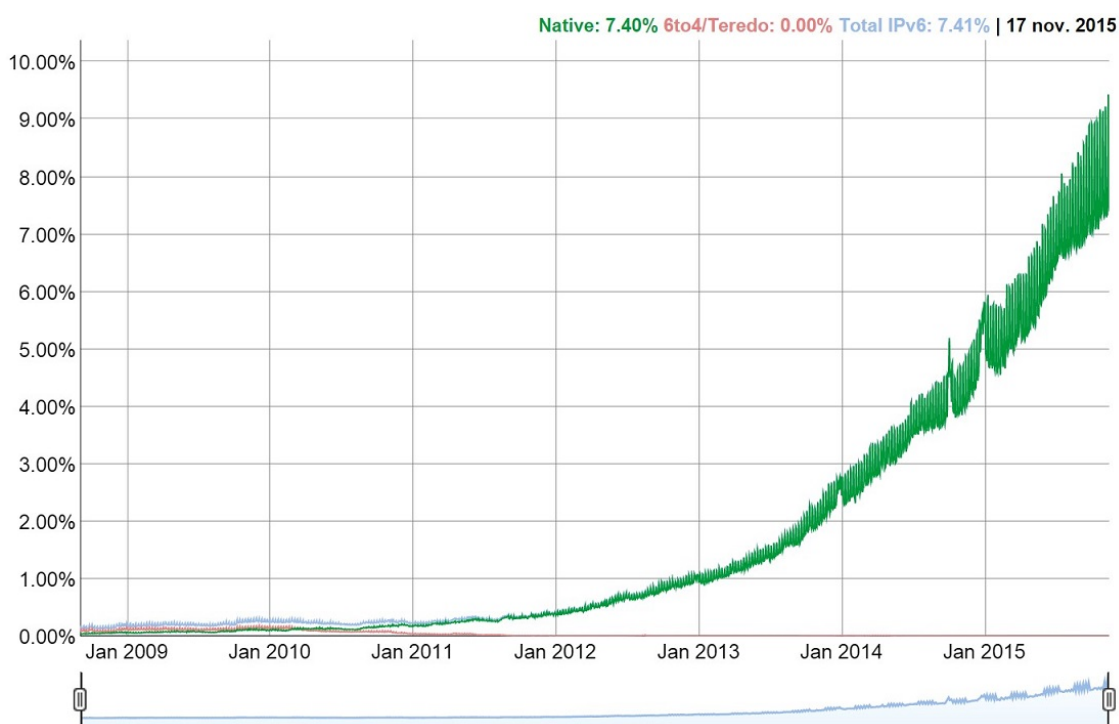
Até o dia 17 de novembro de 2015 o tráfego mundial nativo IPv6 atingiu uma média de 7,40%, com tendência de crescimento contínuo e com variações diárias na ordem de +/- 1 pp., perante um valor estagnado de tunelamento de 0 a 0,01%. Esta tendência de que desapareça o tunelamento perante o IPv6 nativo começou em meados de março de 2010 e ficou fortalecida a partir do Dia Mundial do IPv6.

Google usa um mecanismo especial<sup>40</sup> para determinar a capacidade dos clientes para usar o IPv6, usa seus pontos de serviço configurados com dupla pilha de protocolos IPv4 e IPv6, e volta a contar quantos dos clientes que contata o mecanismo instalado no site,

estabelecem o serviço usando o IPv6. A metodologia está baseada em pedir aos clientes web uma HTTP Request a um host só IPv4 ou a um host Dual Stack e comparar os resultados. Isso é feito alterando apenas as respostas de uma pequena e selecionada aleatoriamente fração dos pedidos de pesquisa no Google.

Em princípio, o Google mostra o gráfico abaixo em que fornece informações globais da adoção do IPv6.

Google também fornece dados atuais da percentagem de adoção do IPv6 de quase todos os países, os que são usados no indicador conglobado desenvolvido neste trabalho. Este indicador é usado para avaliar a capacidade final do usuário de acessar no IPv6 de forma nativa, juntamente com as informações publicadas por APNIC. Segue a outra fonte semelhante que é Akamai.



Google permite também, para o público em geral, verificar se o equipamento próprio está preparado para o IPv6<sup>41</sup>.

#### 4. INFORMAÇÕES PUBLICADAS POR AKAMAI.

Em sua página principal<sup>42</sup> sobre o IPv6 apresenta, por regiões, estatísticas gerais dos “hits” por segundo recebidos pelos servidores de Akamai no IPv6 a partir de 28 de março de 2012.

Akamai também publica informações sobre as percentagens de adoção do IPv6 por país e por região<sup>43</sup>. Apresenta informações históricas por país ou por operador a partir de 31 de agosto de 2014. Estas percentagens são calculadas dividindo o número de requerimentos de conteúdo realizado a Akamai sobre o IPv6 pelo número total de requerimentos realizados a Akamai (sobre o IPv4 e IPv6) nos servidores Dual Stack de Akamai.

É um indicador semelhante ao do Google, embora aparentemente sem usar retorno de software de teste.

41- [ipv6test.google.com](http://ipv6test.google.com)

42- <http://www.akamai.com/ipv6>

43- <http://www.stateoftheinternet.com/trends-visualizations-ipv6-adoption-ipv4-exhaustion-global-heat-mapnetwork-country-growth-data.html#networks>

## 5. INFORMAÇÕES PUBLICADAS POR CISCO.

Nesta seção são descritas as informações primárias e secundárias publicadas pela Cisco em relação à adoção do IPv6, os indicadores que usa e a justificativa de acordo a seus próprios documentos<sup>44</sup>. No site do IPv6<sup>45</sup> é apresentada a evolução histórica dos indicadores.

As diferentes informações publicadas, elaboradas ou homologadas por Cisco, permitem usá-la para uma avaliação da implementação do IPv6 nos países da região LACNIC e sua comparação internacional.

Adicionalmente cria um par de indicadores conglomerados que incluem em forma ponderada três abordagens sobre a adoção do IPv6 para cada país ou região. Existem vários documentos publicados por Cisco e um deles é usado como referência sobre a metodologia utilizada.

Nesta seção é explicado em detalhe como a Cisco elabora os indicadores selecionados, incluindo os conglobados, de forma que possam ser melhor apreciados seus fundamentos de medida e cálculo.

A geração das estatísticas da Cisco é baseada em métricas que apontam para quatro grupos principais de ações e resultados, que são aplicadas na cadeia de valor da Internet durante a adoção do IPv6. Essa visão responde à orientação definida para esta abordagem de avaliação da situação nos países e procura identificar os estados e avanços em áreas da rede que são mensuráveis através de procedimentos por vezes complexos.

1. Planejamento. A designação de um prefixo é a primeira fase no caminho da adoção do IPv6. A medida

do crescimento das designações é um indicador da implementação futura. Adicionalmente, a porcentagem destes prefixos na tabela de roteamento BGP é uma medida da implementação atual, ao fazer roteáveis a esses prefixos. Embora os indicadores não sejam altamente correlacionados com a implementação do IPv6, são indicadores de tendências de adoção.

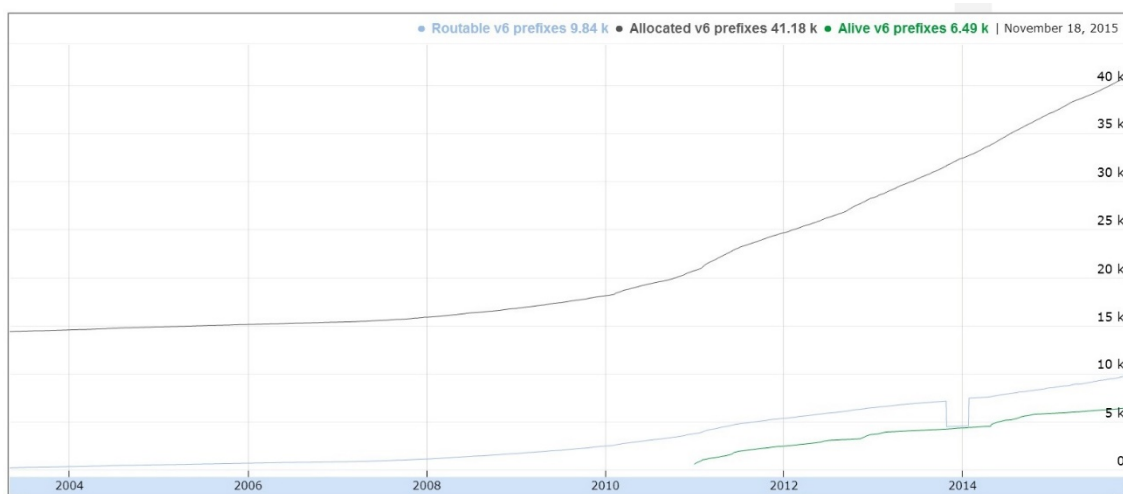
2. Núcleo da rede ou Core. Como o primeiro lugar onde é necessário implementar o IPv6 é no Core da Rede (Provedores de Tráfego da Internet), resulta lógico determinar a penetração do IPv6 no núcleo da rede, a que pode ser medida através da Tabela global de Roteamento da Internet.

3. Conteúdo. Depois que o Core está habilitado para o IPv6, os provedores de conteúdo e aplicativos podem começar a habilitar suas instalações para fornecer seus serviços com conectividade IPv6. A preparação desses provedores permite obter outro indicador da adoção do IPv6 e do uso potencial por parte de usuários habilitados com o IPv6.

4. Usuários. Por ultimo é importante determinar o grau do avanço no acesso IPv6 dos usuários.

### 5.1 Planejamento. Atribuição e Roteamento.

A Cisco apresenta um gráfico como o seguinte para relacionar três métricas respeito das designações de prefixos IPv6 a nível mundial. Pode ser apreciado o número de prefixos alocados pelos RIR, quantos são roteáveis e quais estão "vivos".



44- Olivier Bournez. "Internet IPv6 Adoption: Methodology, Measurement and Tools." Cisco Francia. 2012. <http://6lab.cisco.com/stats/data/Internet%20IPv6%20Adoption.pdf>  
 45- <http://6lab.cisco.com/stats/>

Os prefixos alocados são obtidos da análise das tabelas “whois” dos RIR.

Os prefixos alocados e roteáveis são obtidos da análise da tabela global BGP do “route-views Project”, que resulta da agregação de tabelas BGP dos ISP Tier 1 e dos maiores IXP. O indicador é calculado através de um “cross check” entre a tabela de prefixos alocados e todos os destinos da tabela BGP.

Para calcular os prefixos “vivos” Cisco usa a base de dados fornecida por Geoff Huston<sup>46</sup> usando um programa em Java que se dispara na publicidade da Internet. Não se sabe em que sites é aplicado o algoritmo, por motivos de confidencialidade, mas Cisco entende que usa Google, embora não apenas Google. O programa analisa os prefixos que apresentam atividade.

Adicionalmente a Cisco usa os dados de Eric Vyncke, em que mede o tráfego IPv6 na rede peer-to-peer BitTorrent. Eric Vyncke usa esta rede porque por ela é transportada boa parte do tráfego da Internet, e porque sua estrutura e funcionalidades permitem o rápido descobrimento de grande número de nós no mundo todo. Os usuários P2P preferem IPv6 porque não apresentam os problemas dos NAT com IPv4, e os longos períodos de uso dos enlaces estabelecidos permitem um melhor descobrimento de atividade dos prefixos. A descrição detalhada do procedimento se encontra em uma Internet Draft da IETF de 2012<sup>47</sup>.

Quando Cisco observa tráfego de um prefixo segundo alguma destas duas fontes, entende que o prefixo está “vivo”.

**A partir destes três tipos de informações, Cisco calcula os seguintes indicadores:**

1. Percentagem de prefixos IPv6 alocados que são roteáveis em relação ao número total de prefixos

IPv6 alocados. Essas percentagens são publicadas em valores e com diferentes cores no mapa mundial da Cisco<sup>48</sup>.

2. Percentagens de prefixos IPv6 alocados em relação aos prefixos IPv4 alocados. Esse valor, que é obtido dos RIR, é publicado para cada país.

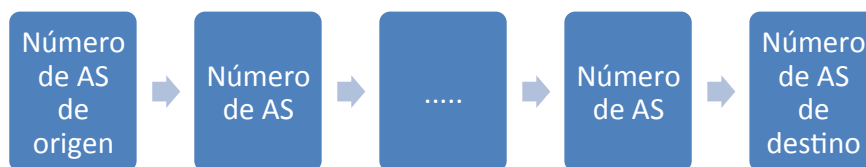
3. Percentagens dos prefixos IPv6 alocados desde os que foi observado tráfego em relação ao total de prefixos IPv6 alocados. Este valor também é publicado para cada país.

**5.2 Núcleo da rede. Core. Sistemas Autônomos (AS) que oferecem tráfego IPv6.**

A adoção do IPv6 no core da rede é observada analisando o comportamento dos AS de tráfego. Nesta seção, a Cisco procura determinar qual é um AS de tráfego, se é IPv6 e qual é seu peso na rede para determinar a presença ponderada de AS de tráfego IPv6.

Para analisar o core da Internet, tanto a nível local quanto global, são usadas as tabelas de roteamento através os dados fornecidos pelo projeto RouteViews<sup>49</sup>, as mesmas usadas para observar os prefixos IPv6 roteáveis. Com esses dados são obtidas as informações de roteamento pertencentes a múltiplos roteadores, dos melhor conectados no mundo, dos que se supõe contém uma tabela BGP global ou tabela global de roteamento, portanto essas tabelas não contém rotas por defeito para encaminhar um pacote para vários AS de destino. Isso garante uma identificação inequívoca de AS de origem para AS de destino.

Assim são obtidas duas grandes tabelas, uma no IPv4 e outra no IPv6. Estas tabelas, embora alguns roteadores sejam Dual Stack, são bem diferentes entre elas. O resultado são milhares de linhas de informações com esta estrutura relevante para o trabalho:



Cisco assume que todos os AS que estão no caminho são considerados de Tráfego, portanto para o estudo, são eliminados das tabelas os AS de origem e destino. Para ponderar a importância de um AS de Tráfego é determinado o número de vezes que aparece cada AS

em todas as rotas da tabela. São eliminados também os AS repetidos e consecutivos em uma mesma rota, exceto um, o que às vezes acontece por questões de engenharia de tráfego.

46- Cientista chefe de APNIC.  
 47- <https://tools.ietf.org/html/draft-vyncke-ipv6-traffic-in-p2p-networks-01>  
 48- <http://6lab.cisco.com/stats/index.php?option=prefixes>  
 49- <http://www.routeviews.org/>

Os indicadores da adoção do IPv6 no core são os seguintes:

1. % ponderada do número de AS que são tráfego no IPv6 em relação ao número de AS que são tráfego no IPv4. (AS de tráfego IPv6). Um AS de tráfego IPv6 é aquele que fornece tráfego nas duas redes IPv4 e IPv6.
2. % ponderada de AS de tráfego no IPv4 que tem designado pelo menos um prefixo IPv6 em relação ao número de AS que são tráfego no IPv4. (AS de tráfego que tem prefixo IPv6). Um AS de tráfego que tem prefixo IPv6 é aquele que é tráfego na rede IPv4 e tem pelo menos um prefixo IPv6, mas que não necessariamente é um AS de tráfego no IPv6.

Os AS são ponderados em cada rede (IPv4 ou IPv6) com um ponderador que é descrito e justificado no documento de referência<sup>50</sup>. Não é relevante neste momento já que é somente um ponderador adequado para obter uma melhor aproximação, e está estreita e exclusivamente vinculado ao número de vezes que aparece um AS nas tabelas globais de roteamento.

### 5.3 Conteúdo. Sites.

Cisco testa e mede duas métricas nesta categoria:

1. O número de sites que estão anunciados como IPv6 em um servidor DNS (que tem um registro AAAA).
2. O número de site que cumprem a condição anterior e que são efetivamente acessíveis no IPv6.

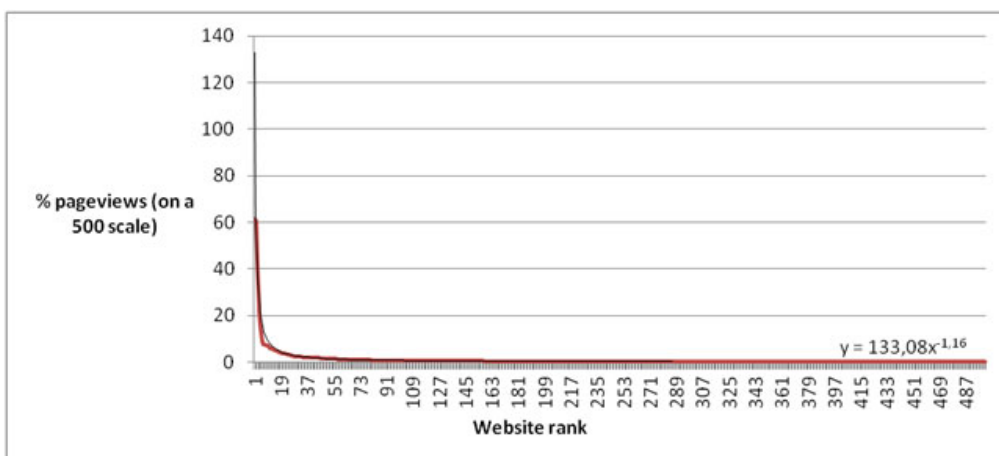
Em geral, os operadores de sites lançam um site de teste no IPv6 antes de sair em produção, os chamados “embriões IPv6” segundo LACNIC. O nome do domínio desses sites que são clones do principal costumam identificar-se como ww6.dominio ou IPv6.dominio, ou outros semelhantes. Por isso estes prefixos de nome de domínio também são procurados a fim de ver a tendência para o IPv6.

Do outro lado, considerando que um pequeno número de sites concentra o maior número de usuários e de volume de informações trocadas, é realizado um teste somente nos principais 500 sites de acordo com Alexa<sup>51</sup>, correspondentes a 130 países. O resto dos sites não são realmente representativos. Para cada site foi designado um ponderador pelo número de páginas visitadas - usuários únicos, também segundo Alexa.

Assim é obtido um valor de ponderador por cada site dos principais 500 do mundo. Esses ponderadores, calculados a partir da média mensal do número de usuários únicos visitantes e de páginas acessadas por dia, são ordenados de maior a menor obtendo assim um gráfico como segue, que reflete a preponderância de alguns sites principais. Esses mesmos ponderadores são usados para os sites visitados desde cada país, em ordem de maior a menor, considerando os primeiros 100. Alexa fornece publicamente as informações dos 500 sites visitados desde cada país, ordenadas pela ponderação de visitas e páginas. É um método adequado de aproximação considerando que Alexa fornece a ordem de importância (visitas - páginas) de cada país.

Para cada site, obtido a partir do levantamento dos 500 sites mais visitados de cada país, são feitos requerimentos AAAA para os servidores DNS usando o nome exato do domínio, e também para possíveis sites de teste como ww6.dominio o ipv6.dominio. De acordo com as respostas positivas recebidas, são calculados os indicadores.

Somando agora os ponderadores correspondentes para cada site habilitado com IPv6, pode-se obter uma estimativa da % ponderada de sites que são acessíveis no IPv6, de acordo ao perfil de visitas de cada país. Vale a pena salientar que nem todos os sites visitados são residentes no país, e precisamente nos países pequenos esses são muito poucos na lista de Alexa.



**Nota:** O peso obtido para um site X representa a probabilidade de que um usuário aleatório, em um país aleatório, acesse uma página aleatória que pertença ao site X.

50- Olivier Bournez. "Internet IPv6 Adoption: Methodology, Measurement and Tools." Cisco Francia. 2012. <http://6lab.cisco.com/stats/data/Internet%20IPv6%20Adoption.pdf>  
51- [www.alexa.com](http://www.alexa.com)



Os indicadores são os seguintes:

1. % ponderada de sites acessíveis no IPv6 (considera o número de páginas – usuários). Também é mostrado o número de sites habilitados sobre o total de 500 por país.
2. Em teste: nome de domínio de teste no IPv6. % ponderada de domínios em teste correspondentes aos 500 sites analisados.
3. Falha: existem os registros AAAA, mas a página web não está operativa no IPv6. % de domínios que apresentaram falhas de acesso IPv6 sobre 500.
4. Outros: Sites não habilitados para o IPv6. % sobre 500 sites.

Estes indicadores permitem determinar aproximadamente o tráfego web total IPv6 se todos os usuários estivessem habilitados para operar no IPv6.

#### 5.4 Usuários

A análise dos usuários do IPv6 não é simples, e requer uma importante quantidade de dados proveniente de várias fontes. Google e APNIC labs usam o mesmo método de carga de pixels IPv4 e IPv6. As duas fontes usadas por Cisco são diferentes, sendo mais precisa o Google para os países pequenos já que tem um alcance uniforme em todos eles, enquanto que países como a China apresentam resultados menos representativos com o Google.

Os indicadores publicados por Cisco são os do Google e APNIC, sendo as percentagens de procura nos servidores selecionados com potencial acesso IPv6, sobre o total de pesquisas.

Google aplica a metodologia nos seus sites e publica os dados coletados, tal como foi descrito acima na seção 3 “Informações publicadas pelo Google”. O indicador é o número de usuários que podem acessar usando o IPv6 em relação ao total de usuários que acessam.

Em relação aos dados fornecidos por APNIC, são gerados país por país e dia por dia. O indicador de usuários do IPv6 sobre o total de usuários encontra-se publicado na página dos laboratórios de APNIC<sup>52</sup>, junto com muitos outros dados sobre números absolutos de usuários, população, PIB, PIB por/32, etc. O procedimento de APNIC<sup>53</sup> responde à pergunta: “Que proporção de usuários da Internet é capaz de usar o IPv6 quando têm que escolher entre os dois protocolos?” Então, quão longe estão os usuários de diferentes países de poder

acessar sites no IPv6. Para isso, de forma semelhante ao Google é usado um teste silencioso, sem interrupções e muito “light” em termos de tráfego e processamento. O mecanismo para injetar este software de teste é usar as redes de distribuição de publicidade on-line.

Esses dois dados, país por país, apresentam uma correlação muito forte entre eles.

#### 5.5 Métricas compostas de Cisco

Cisco apresenta duas métricas compostas por país, as que são destacáveis para comparações internacionais, embora não se adaptem às condições da região LACNIC. Quando foi indicada a elaboração do indicador “LACNIC/CAF ICAv6” foram analisados os motivos.

% da implementação conglobada do IPv6 de Cisco.

Este indicador é elaborado a partir de três das quatro categorias de métricas antes descritas, e os seguintes indicadores selecionados de cada categoria:

1. AS de tráfego: segundo os documentos de referência originais de Cisco este valor era representado pela % ponderada de AS de tráfego no IPv4 que tem um prefixo IPv6 (inclui os AS que são tráfego IPv6), em relação ao número de AS que são tráfego IPv4. Dos valores para a % conglobada da implementação IPv6 que são publicados no mapa de Cisco, resulta que a julho de 2015 é usado um indicador composto calculado como:

$$\% \text{ AS de Tráfego} = \% \text{ AS tráfego IPv6} + 0,2 * (\% \text{ tráfego que tem prefixo IPv6} - \% \text{ AS tráfego IPv6})$$

2. Conteúdo: % ponderada de sites habilitados no IPv6.
3. Usuários: % de pesquisas nos servidores selecionados com preferência IPv6.

A fórmula para calcular o indicador conglobado é a seguinte:

$$\% \text{ conglobado de implementação IPv6} = \frac{\% \text{ AS de Tráfego} + 3 * \sqrt{\% \text{ Conteúdo} * \% \text{ Usuários}}}{4}$$

Este indicador leva em conta o seguinte:

1. O fator de preparação do país para IPv6 (readiness factor) é o AS de tráfego e é ponderado 25%.
2. O restante 75% é designado para a média geométrica do conteúdo e dos usuários. Se considerarmos que o produto dos Usuários pelo Conteúdo disponível para estes usuários dá uma simples estimativa do tráfego real IPv6 do país, justifica-se utilizar a média geométrica em vez da aritmética.

52- <http://labs.apnic.net/dists/v6dcc.html>

53- [http://www.cirleid.com/posts/20120625\\_measuring\\_ipv6\\_country\\_by\\_country/](http://www.cirleid.com/posts/20120625_measuring_ipv6_country_by_country/)

Média e índice comparativo de países de Cisco

São definidos dois indicadores conglobados mais:

1. O Indicador Médio Relativo (DPI) de um país em relação ao resto do mundo. Usa os mesmos ponderadores e métricas que a % de implementação conglobada do IPv6, mas com cada termo relativizado ao máximo respectivo a nível mundial (Max Mund).

2. O Indicador Relativo (IR) de um país em relação ao resto do mundo. É o quociente do IPR do país pelo maior IR a nível mundial e normalizado a valores de 0 a 10. Quanto menor for esse valor para um país, menor é seu estado de implementação do IPv6, com valores entre 0 e 10 para o país mais preparado.

As fórmulas são as seguintes:

$$IPR = 0,25 \cdot \frac{\% AS de Tráfego}{Max Mund (\% AS de Tráfego)} + 0,75 \cdot \frac{\sqrt{\% Conteúdo \cdot \% Usuários}}{Max Mund (\sqrt{\% Conteúdo \cdot \% Usuários})}$$

$$IR = 10 \cdot \frac{IPR}{Max Mund (IPR)}$$

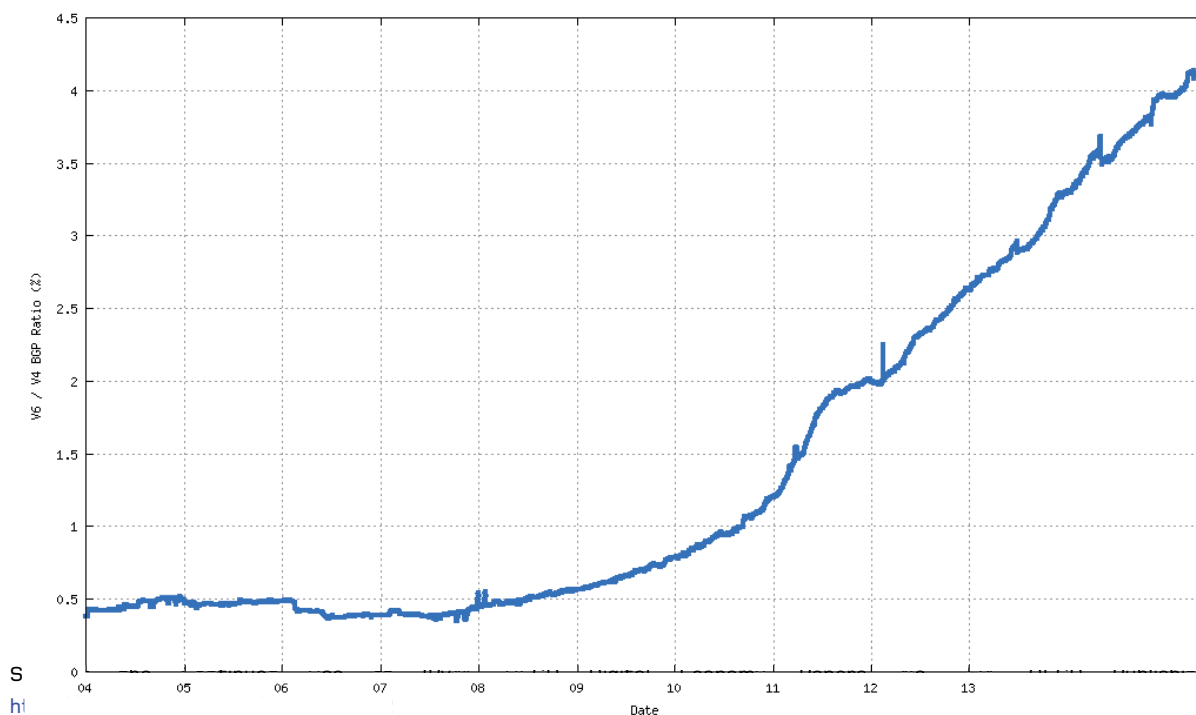
## 6. INDICADORES PROPOSTOS PELA OECD.

Esta classificação considera a visão da OECD para a medida da transição para o IPv6 em um documento trabalhado durante 2013<sup>54</sup> e publicado em 2014. Os indicadores que propõe estão alinhados com os usados neste trabalho.

Este documento também apresenta as fontes de informações de cada visão da implementação, que coincidem em vários casos com outras semelhantes de diferentes fontes.

### 6.1 Indicadores usando os sistemas de roteamento

Em este sistema é analisado o número de rotas publicado nos protocolos IPv4 e IPv6 no sistema global de roteamento. Uma forma de visualizar este indicador é através da proporção do tamanho da tabela de roteamento do IPv6 (prefixos publicados) em relação ao tamanho da tabela de roteamento do IPv4. Na figura se observa o crescimento desta proporção<sup>55</sup>:



Um indicador mais preciso para analisar a implementação é contabilizar o número de Sistemas Autônomos de roteamento que roteiam cada tipo de endereço. Desta forma cada entidade autônoma é contada uma vez só, e não são contadas as entradas ao sistema de

roteamento, o que é mais indicativo da implementação. Uma diferença importante com o sistema anterior de contagem de entradas nas tabelas de roteamento, é que no caso do IPv4 foi herdada uma fragmentação importante de rotas, além dos fracionamentos derivados

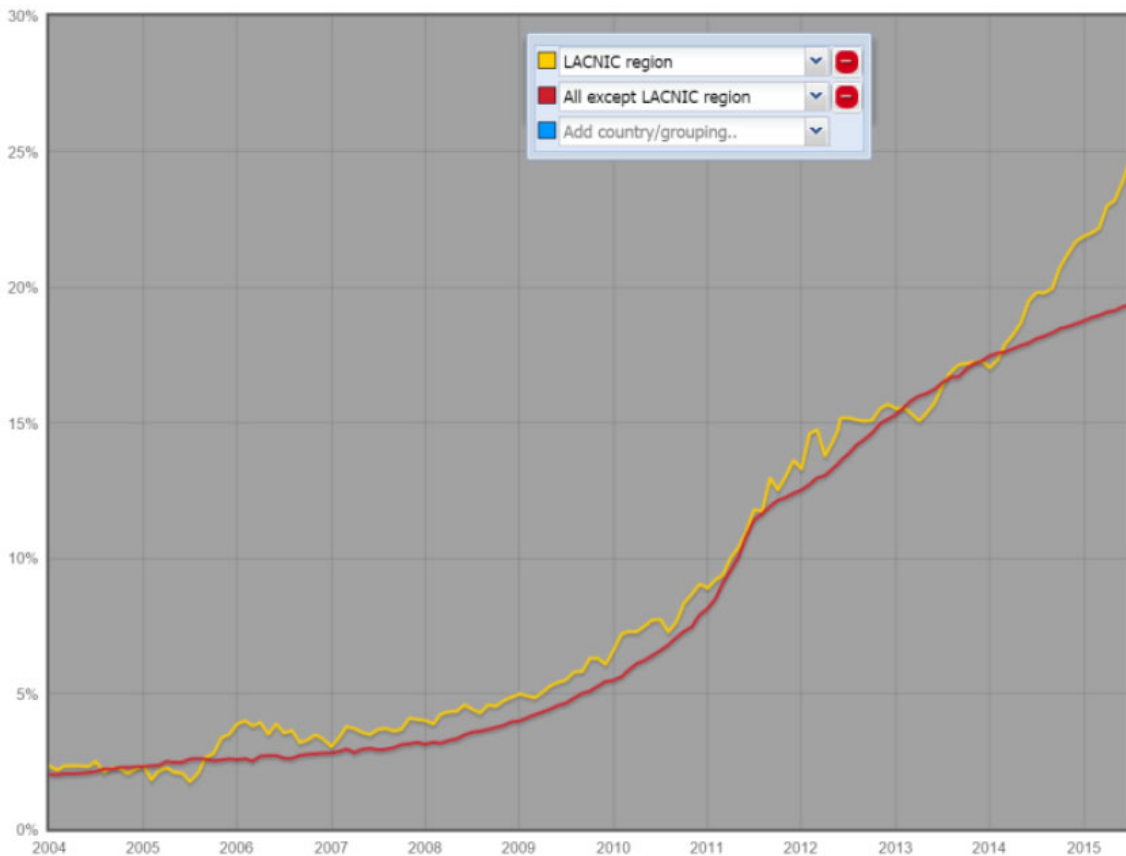
54- OECD (2014), "The Internet in Transition: The State of the Transition to IPv6 in Today's Internet and Measures to Support the Continued Use of IPv4", OECD Digital Economy. Papers, No. 234, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5jz5sq5d7cq2-en>  
 55- Fonte: <http://bgp.potaroo.net/stats/nro/v6>. Update on the statistics presented in the NRO report to the OECD Working Party on Communication and Infrastructure Services Policy, June 2009. <http://www.nro.net/news/cisp-ipv6.pdf>

das transferências de blocos, o que não acontece no roteamento IPv6. Adicionalmente no IPv6 está facilitada a agregação de rotas. Portanto as proporções de entradas IPv4 contra IPv6 não se correspondem com a realidade dos endereços registrados devido aos diferentes tamanhos das rotas.

Na tabela a seguir se observa a % dos AS que publicam um prefixo IPv6 em relação ao total de AS<sup>56</sup>. RIPE neste caso usa uma metodologia semelhante à utilizada

por Cisco, e também neste caso pode ser observada a evolução histórica. Também é possível dispor da evolução histórica desde 2004 para um grande número de países que podem ser selecionados e comparados uns com os outros, incluindo países da região de LACNIC.

O gráfico a seguir mostra a interessante evolução dos países da região LACNIC, que é superior à média de todos os países das outras regiões a partir de 2014.



Portanto, este indicador dá uma visão mais clara e positiva sobre a implementação do IPv6.

É apenas um proxy da implementação real já que não permite deduzir os serviços realmente prestados sobre o IPv6 nem os pacotes IPv6 enviados através da rede, mas é considerado importante em termos da preparação da rede de cada país para dar tráfego no IPv6. Cisco apresenta dois indicadores de Tráfego, elaborados da mesma forma, tal como descrito.

## 6.2 Indicador usando o DNS

Quando um cliente quer estabelecer uma conexão com um servidor que opera com o IPv6 passa necessariamente pelo DNS.

A contagem do número de domínios configurados com um endereço IPv6 pode dar uma visão adicional sobre a implementação do IPv6, mas também não é por si só um indicador que forneça dados relevantes sobre a implementação real.

56- [http://v6asns.ripe.net/v/6?s=\\_ALL](http://v6asns.ripe.net/v/6?s=_ALL)  
57- [www.alexa.com](http://www.alexa.com)

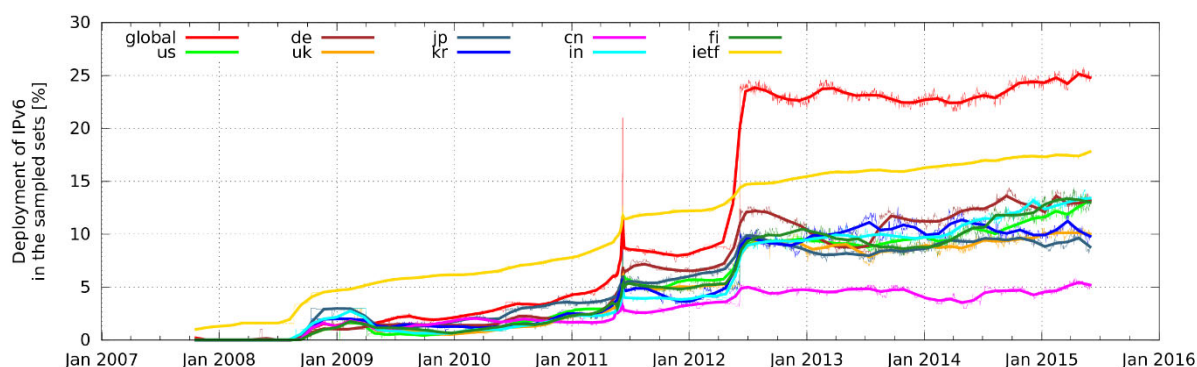
Uma abordagem para estimar esse indicador seria de observar que proporção dos domínios mais importantes tem um endereço IPv6. A fonte mais usada dos nomes de domínios mais populares é Alexa<sup>57</sup>. Identificados os domínios mais importantes é realizado um levantamento de quais usam um endereço IPv6.

Estas informações podem ser observadas no site de World IPv6 Launch<sup>58</sup>. Ali é observada a média dos 1.000 principais sites segundo Alexa, consolidados e também desagregados pela rede e pelo ASN. Até 1 de junho de 2015, 15,9% desses sites usavam endereços IPv6.

Também foi levantado este indicador por Lars Eggert<sup>59</sup> desde 2007, mas sobre a base de 500 sites, e se observam

os seguintes gráficos globais e por países selecionados até junho de 2015. Os resultados não são totalmente concordantes com os de World IPv6 Launch mas deve-se considerar que são diferentes sites. Observam-se picos de crescimento em julho de 2011 e 2012, os meses seguintes ao Dia do IPv6 e do seu lançamento.

Outro indicador também originado no DNS é a proporção de clientes que podem resolver nomes de domínio usando o protocolo DNS sobre transporte IPv6. Não é um indicador relacionado com capacidades do cliente em si, mas uma medida geral sobre a capacidade da rede da Internet, e em particular da infraestrutura de DNS, para operar na modalidade de duplo protocolo IPv4 e IPv6, e igualmente de operar sobre o IPv6 como



faz sobre o IPv4. Em setembro de 2012 observou-se que 18% de uma amostra de 2.000.000 de clientes usaram o DNS com capacidade de suportar consultas sobre o IPv6.

Este indicador, apresentado pela OECD, também é desenvolvido por Cisco sob a categoria de Conteúdo, usando também a Alexa para obter os 500 sites mais visitados, em geral e por país, e procurando a resolução IPv4 e IPv6 nos DNS.

### 6.3 Indicador usando o tráfego da Internet

Outro indicador da implementação do IPv6 é ver os volumes de tráfego sobre o IPv4 e sobre o IPv6. Esta informação não costuma estar disponível para o público por ser reservada das empresas operadoras. Este problema é resolvido através dos IXP que publicam esses resultados como os indicados nas estatísticas de LACNIC. Entre eles está o de Amsterdam. O DE-CIX da Alemanha, até junho de 2015, não está publicando estas informações devido a um problema em sua plataforma.

Portanto este indicador, que seria muito importante de ser analisado por sua relevância, é quase impossível de ser desenvolvido devido a que não há informações disponíveis.

### 6.4 Capacidades do cliente final.

Os indicadores analisados até agora referem a partes do sistema da Internet e não garantem necessariamente que a experiência completa e final do cliente seja correta sobre o IPv6. Para que isso aconteça, cada uma das partes do sistema da Internet deve ser capaz de suportar IPv6.

Uma forma simples de medir o número de clientes capazes de usar IPv6 é usar um ponto de serviço com dupla pilha de protocolos IPv4 e IPv6, e contar o número de clientes que podem estabelecer o serviço usando o IPv6. Google e Akamai estiveram usando sua infraestrutura para fornecer esses dados tais como analisados na seção anterior, mas não apenas observando o acesso no IPv6 mas o acesso potencial.

### 6.5 Conclusões sobre a OECD

A OECD faz propostas de análise de implementação do IPv6 no seu documento de 2014 usando metodologias semelhantes às desenvolvidas neste trabalho e às usadas por Cisco e outros referentes internacionais.

58- <http://www.worldipv6launch.org/measurements/>  
59- L. Eggert: [www.eggert.org/meter/ipv6](http://www.eggert.org/meter/ipv6)



O crescimento da Internet está levando ao esgotamento iminente de endereços IPv4. A implementação do IPv6 representa a alternativa mais sustentável para que a rede de redes possa continuar se desenvolvendo de uma forma segura e estável.

Este trabalho revisa vários aspectos que influenciam na transição para o IPv6 na região. Trata-se de um estudo diagnóstico sobre a situação atual da implementação IPv6 na América Latina e o Caribe que resume indicadores por país e gera evidência para facilitar a tomada de decisões de grandes e pequenos ISP, provedores de conteúdo, redes acadêmicas, universidades e governos da região.

LACNIC, o Registro de Endereçamento da Internet para a América Latina e o Caribe, é a organização responsável pela designação e administração dos endereços IP e recursos relacionados para a região da América Latina e o Caribe, sendo um dos cinco Registros Regionais no mundo todo. Para mais informações acesse [www.lacnic.net](http://www.lacnic.net).

CAF - o banco de desenvolvimento da América Latina- tem como missão impulsionar o desenvolvimento sustentável e a integração regional através do financiamento de projetos dos sectores público e privado e do fornecimento de cooperação técnica e outros serviços especializados. Constituído em 1970 e integrado hoje por 19 países -17 na América Latina e o Caribe, conjuntamente com a Espanha e Portugal- e 14 bancos particulares, é uma das principais fontes de financiamento multilateral e um importante gerador de conhecimento para a região. Para mais informações acesse [www.caf.com](http://www.caf.com).