

# ARQUITETURA DE REDE IPTV

## com acesso baseado em tecnologia ADSL

LUCIANO HENRIQUE DUQUE\*

No cenário atual, existe muito ruído no que diz respeito ao IPTV. A tecnologia está crescendo e começa ter um efeito disruptivo nos modelos comerciais de operadoras de TV a cabo pelo mundo. IPTV é definido como uma tecnologia que possibilita a transmissão de conteúdo multimídia tais como TV, vídeo, áudio textos e gráficos, sobre uma rede IP privada de um provedor qualquer, garantindo qualidade, segurança, integridade e interatividade. Portanto, no desenvolvimento de um projeto de arquitetura desses serviços, adequando as necessidades dos clientes aos objetivos do provedor, é importante examinar as melhores práticas, pois ela será responsável pela garantia de continuidade do serviço prestado. Além disso, responde pela qualidade do serviço e pela tentativa de superação das expectativas do usuário, tornando o referido serviço, desse modo, altamente competitivo, se comparado com os serviços de TV a cabo e da TV convencional. Este trabalho tem o objetivo de apresentar uma visão geral dos elementos que integram uma arquitetura IPTV, mostrando sua implementação em redes de acesso ADSL2. A QoE (Quality of Experience) será definida ao longo da arquitetura de rede IPTV, analisando sua importância e verificando alguns parâmetros que podem afetar a qualidade do sinal de áudio/vídeo. Por fim, será apresentada uma abordagem da situação do IPTV no Brasil, e seus entraves para o efetivo desenvolvimento.

### INTRODUÇÃO

Defini-se IPTV como sendo a tecnologia que possibilita a transmissão de conteúdo multimídia como televisão, áudio, texto e gráficos, transportados em redes IP dedicadas de um provedor qualquer, oferecendo garantia de qualidade, segurança, interatividade e confiabilidade. Os sinais de multimídia são comprimidos, codificados e encapsulados sobre o protocolo IP, utilizando como transporte o protocolo UDP/RTP.

No cenário atual, uma arquitetura de rede IPTV deve ser capaz de oferecer uma qualidade de serviço (QoS), que reflita a QoE (Quality of Experience) adequada às expectativas do usuário. A Qualidade de Experiência do usuário, a QoE, representa a capacidade da percepção humana, em determinar o grau de qualidade do sinal de vídeo. Logo, garantir a QoE tornou-se uma prioridade, entre fornecedores e provedores de serviço IPTV, possibilitando garantia e continuidade do serviço. A QoE deve ser garantida em uma arquitetura de rede IPTV fim-a-fim, de forma transparente para o usuário.

### ELEMENTOS BÁSICOS DA ARQUITETURA IPTV GENÉRICA

Será descrita uma arquitetura de rede IPTV definindo os seguintes elementos: headend, core IP, rede de acesso e ambiente de usuário. Essa arquitetura de rede IPTV deve estar apta a oferecer, aos usuários, alguns serviços básicos, podendo também oferecer outros serviços de

valor agregado. Dos serviços básicos, podem ser destacados: VoD (Video on Demand) – vídeo sob demanda; TV sobre IP (Live TV) – canais de TV; SVoD (Subscription VoD) – subscrição a pacotes de filmes; e NVoD (Near Video on Demand) – canais de filmes. Como serviços de valor agregado, podem ser listados, entre outros, Time Shifted: gravação de canais de TV para assistir mais tarde.

### Elementos de uma rede IPTV

Para desenvolver um projeto de rede IPTV, buscando atender às necessidades dos clientes, é importante examinar as melhores práticas associadas, pois a arquitetura dependerá dos serviços oferecidos e da qualidade que se deseja imprimir a esses serviços. Dessa forma, a evolução das arquiteturas de rede IPTV é responsável pela garantia de continuidade do serviço; fornece, cada vez mais, serviços com qualidade garantida, adequando e superando as expectativas do usuário e, além disso, tornando o referido serviço altamente competitivo, quando comparado com serviços de TV a cabo e TV convencional.

Foram definidos os diversos componentes de uma rede IPTV, de modo a atender às exigências do usuário, baseando em uma estrutura de rede metálica ADSL. A figura 1 mostra os elementos que compõem uma arquitetura de rede IPTV, baseada em tecnologia ADSL.

### Headend

Representa a extremidade principal de vídeo, ou seja, ponto onde se encontra todo o conteúdo de vídeo (filmes, programas etc.), contendo conexões com operadoras de TV convencionais para transmissão de programas ao vivo.

O headend é constituído de vários componentes que variam de rede para rede. Inclui as fontes de vídeo analógico e digital, provedores de conteúdo, os codificadores, decodificadores e transcodificadores, para adaptar as taxas de streaming, switches, servidores para softwares de vídeo e de aplicação, servidores de gerência, entre outros. No headend, o vídeo é codificado (MPEG-1 - Moving Picture Experts Group-1,

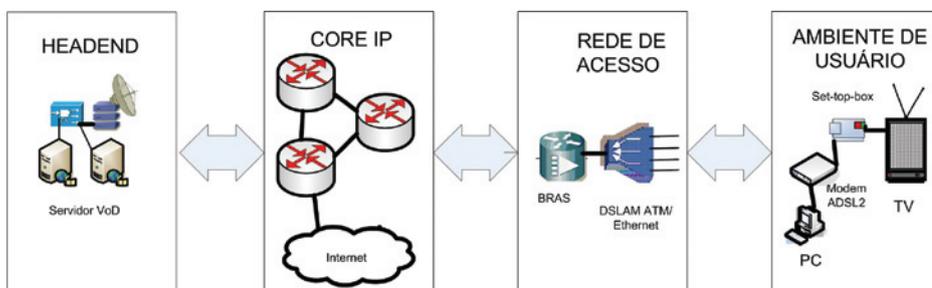


Figura 1 - Diagrama do Serviço IPTV com rede ADSL - adaptado de [1]

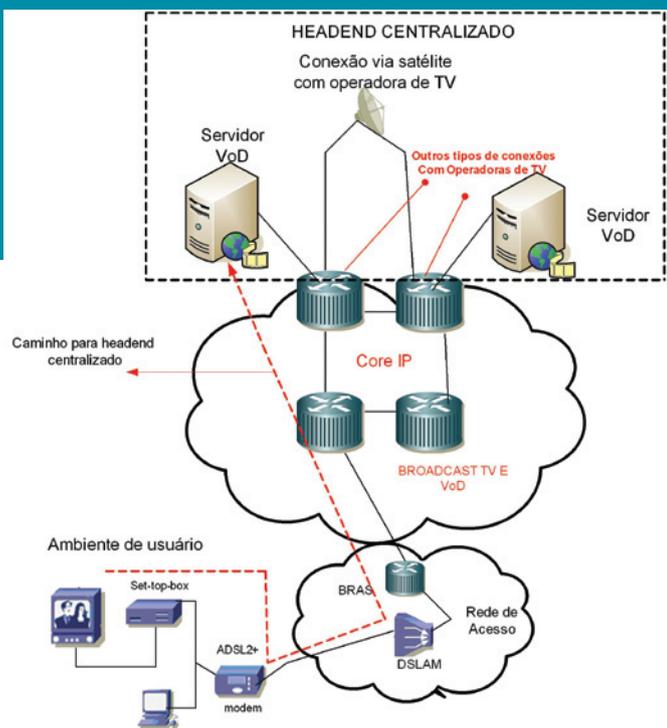


Figura 2 - Distribuição de vídeo IPTV centralizada - adaptado de [2]

MPEG-2, MPEG-4) e processado com qualidade, sendo depois entregue ao backbone IP, onde todo sinal é encapsulado com a utilização do protocolo IP e distribuído aos usuários.

A localização do headend é uma opção de implementação da arquitetura, podendo ser centralizado ou distribuído. Serviços interativos como IPTV e VoD são providos a partir de servidores de conteúdo em formato MPEG, enviando uma cópia ao usuário sob sua requisição. O servidor de vídeo precisa estar dimensionado tanto para o conteúdo total que deverá armazenar, como para o número de usuários ativos que esteja requisitando os dados; faz parte da escolha da arquitetura de rede para distribuição do serviço IPTV e VoD oferecido pela operadora.

**Arquitetura centralizada do headend** - Em uma arquitetura centralizada, o vídeo é enviado do headend central até o set-top-box do usuário diretamente. Todo o tráfego de vídeo vai trafegar a partir de um link conectado ao headend, sendo esse link capaz de suportar picos elevados de tráfego. A arquitetura ainda apresenta um problema em relação ao tempo de resposta do usuário, pois o transporte irá fluir desde o centralizado até a ponta final do cliente, aumentando o delay entre o headend e o usuário final. O backbone de transporte nesse tipo de distribuição deve ser projetado para suportar uma quantidade enorme de requisições de todas as áreas de atuação da operadora de Telecom. A figura 2 mostra a centralização do headend.

**Arquitetura descentralizada do headend** - A figura 3 mostra a topologia de distribuição do conteúdo de IPTV/VoD, distribuição descentralizada.

**SHE (Super Headend)** - É uma extremidade fi-

nal de vídeo, centralizada, na qual se encontra o conteúdo de IPTV e Vídeo sob demanda, em nível nacional. Na estrutura (figura 3), há dois SHEs que permitem o trabalho em paralelo. Em caso de falha, não haverá indisponibilidade de serviço, mantendo-se o suprimento das necessidades de seus usuários. Os SHEs são interligados aos backbones regionais para onde as informações são enviadas. Os SHEs são interligados aos backbones regionais por meio da utilização de uma rede de transporte consistente de alta taxa de transmissão; geralmente utiliza-se uma rede óptica para tal transmissão.

**VHO (Video Hub Offices)** - Os VHOs armazenam o índice de vídeo local para suportar VoD. Cada VHO consiste no equipamento de vídeo e dois roteadores (para a redundância), os quais interconectam a espinha dorsal dos SHEs aos VHOs. Nos VHOs, também são inseridos os vídeos regionais (por exemplo, inserção da propaganda local), que são transmitidos para seus usuários.

Essa forma de distribuição reduz os atrasos de rede e os recursos de transporte entre SHE e o cliente final. Os servidores armazenam o conteúdo popular em sua área de atuação e os segmentos iniciais dos programas mais acessados. Nessa arquitetura distribuída, há um servidor responsável pela localização de todos os programas disponíveis em todo o sistema.

**Tipos de compressão no headend** - O requisito básico para provimento de serviços de vídeo é a utilização de mecanismos de compressão dos sinais. Atualmente, os padrões MPEG são os mais empregados. O MPEG-1 (padrão ISO/IEC 11172) provê resolução de 352x240 pixels NTSC e 352x288 pixels PAL. É necessária uma taxa de pelo menos 1 Mbits a 1,5 Mbps para se ob-

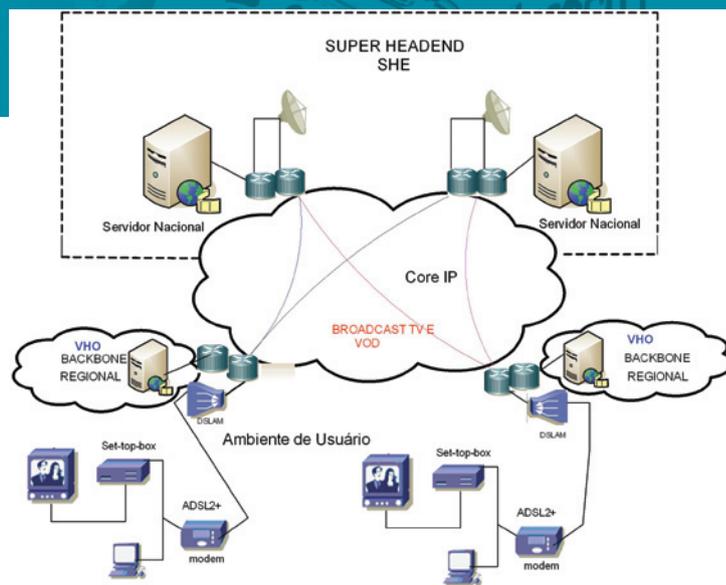


Figura 3 - Distribuição de vídeo descentralizada - adaptado de [2]

ter qualidade de VCR (Vídeo Cassette Recorder) com MPEG-1. O formato MPEG-1 SIF (Source Intermediate Format) possui uma resolução de 352x288 pixels. A resolução SIF é utilizada em aplicações como vídeo games e quiosques, onde o fator dominante é o custo de distribuição.

O MPEG-2 (padrão ISO/IEC 13818) permite uma qualidade melhor de imagem e oferece, por exemplo, qualidade de DVD com taxas elevadas de transmissão e apresenta exigências típicas de taxa de transmissão de 2 a 6 Mbps. O MPEG-4 (ISO 14.496) tornou-se standard em 1999, mas ainda não há muitos produtos no mercado trabalhando com esse padrão. Os pacotes MPEG são pacotes de 188bytes.

O padrão MPEG-2 recomenda que a resolução de entrada do sinal antes da compressão seja D-1, para aplicações high-end, tais como broadcasting via satélite. A resolução de entrada recomendada para MPEG-1 é SIF que é um quarto de D-1. Isso significa que somente um quarto da imagem original é comprimida.

O MPEG-4 é hoje propriedade de um conjunto de 23 empresas que cobram royalties por cada patente que integra o padrão MPEG4. Foi criado um órgão de licenciamento chamado MPEG LA para tratar, de forma independente, dos acordos entre as empresas detentoras das patentes e as companhias interessadas em utilizar o codec. Os termos estabelecidos pelo MPEG LA estão sendo reavaliados constantemente, sendo propostos modelos os mais variados, para a cobrança e quantificação dos royalties. Muitos acreditam que os termos finais a serem estabelecidos poderão ser muito onerosos, podendo levar a indústria a procurar outros padrões. Um dos padrões emergentes nesse sentido é o VP5 (On2

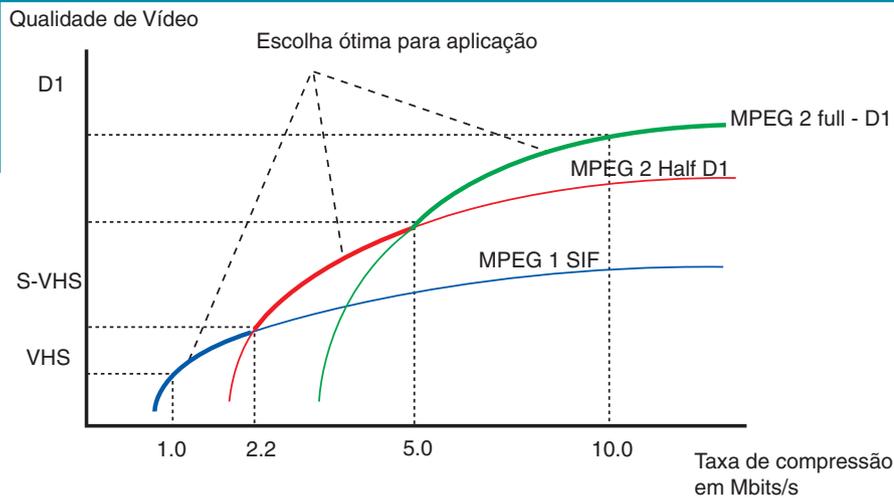


Figura 4 - Características MPEG - adaptado de [3]

Technologies), que promete qualidade de DVD com taxas de 400 kbps.

A representação digital internacionalmente recomendada para um sinal de vídeo CCIR 601 (padrão de vídeo estabelecido pelo Consultative Committee for International Radio para vídeo NTSC/PAL/SECAM) é conhecida como D-1 (formato de gravação de vídeo digital em fita de 19mm no padrão CCIR 601). Essa recomendação se refere a uma resolução de 720x576 pixels (PAL) ou 720x480 (NTSC).

Outra resolução de entrada abrangida pelo padrão MPEG-2 é o 1/2 D-1, que é metade da fonte original D-1 e, apesar disso, a perda de qualidade não é muito perceptível para a média dos espectadores. No gráfico da figura 4, são apresentadas curvas comparativas entre o MPEG-1 e o MPEG-2 (Full D-1 e Half D-1) em função da taxa de bits e da qualidade de imagem. Observe-se que com uma taxa de 2 Mbps em MPEG-2 Half D-1 já se alcança qualidade superior ao padrão VHS. A figura 4 mostra as taxas de transmissão.

O stream de vídeo MPEG de saída consiste em três tipos de quadros.

**Quadros I (Intracoded)** – Imagens completas codificadas individualmente.

**Quadros P (Predictive)** – Quadros codificados com predição relativa ao último quadro.

**Quadros B (Bidirectional)** – Diferenças entre o último e o próximo quadro.

A figura 5 mostra a sequência de formação dos quadros (MPEG) a partir de uma sequência codificada de vídeo.

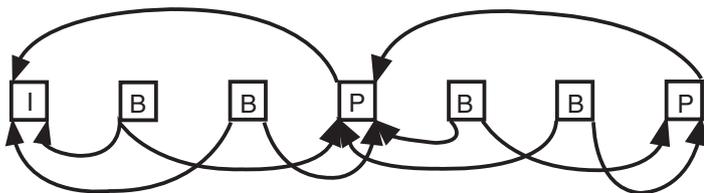


Figura 5 - Formação de quadros - adaptado de [4]

Os quadros I (imagem completa) não dependem de outros quadros para serem decodificados pelo equipamento do usuário (Set-top-box), mas são necessários para a decodificação de quadros P e B. Os quadros P são necessários à decodificação de quadros do tipo B e são baseados na previsão antecipada pelo último quadro de referência, que pode ser do tipo I ou P. O quadro do tipo P possui a referência do vetor de movimento passado, utilizando-o para referenciar o bloco do quadro anterior na mesma posição do quadro atual. Os quadros do tipo B são previstos e baseados em referências de quadros anteriores e próximos, os quais podem ser do tipo I ou P. O quadro do tipo B possui a referência do vetor de movimento no futuro, utilizado para referenciar o bloco do próximo quadro na mesma posição do quadro atual. Assim, se um quadro I for perdido durante a transmissão, não será possível decodificar os quadros que chegarem antes do próximo quadro I.

### Core IP

Agrupa os canais de vídeo codificados, transportando sobre a rede IP do fornecedor de serviço (backbone IP da operadora). São redes preparadas para a transmissão de vídeo, garantindo uma QoS (Quality of Service) que reflita uma QoE (Quality of Experience) aceitável pelo usuário, sendo sua qualidade comparada ou superior à das TV a cabo ou via satélite. O core IP ainda contempla os protocolos de transporte em modos unicast e multicast e a sinalização.

O core IP é uma rede, cuja estrutura física de transporte é baseada em fibras ópticas ou em outras redes de transporte como o DWDM. O core deve ser dotado de implementações de QoS, que

possam garantir "jitter" atraso e principalmente, a "perda de pacotes" em limites aceitáveis, refletindo uma qualidade de vídeo também aceitável para o usuário final.

O core IP deverá transportar dois tipos de tráfego específicos: multicast e unicast; onde o multicast é destinado às transmissões ao vivo, e o unicast correspondente aos serviços interativos, ou seja, o serviço de VoD.

**Protocolo de Transporte UDP** – Streams MPEG são transportados diretamente sobre uma rede IP utilizando UDP/RTP, e como protocolo de multicast utiliza a sinalização IGMP. A distribuição de vídeo sobre redes IP pode ser custosa em termos de banda e recursos de rede. O protocolo UDP é utilizado para comunicações em que não é garantida uma transmissão confiável. Suas características são: não estabelece uma conexão prévia para o envio/recepção de dados; os dados são enviados em blocos (datagrams); cada datagram contém o endereço e a porta de destino; admitem multicast (comunicação um a vários).

A figura 6 mostra o formato do pacote DP. **Porta Origem e Porta Destino** – Identificam o processo de aplicação que está enviando dados e o processo de aplicação que irá receber os dados.

**Tamanho** – Representa o tamanho total do frame UDP.

**Checksum** – calculado usando o header UDP e também a área de dados, e destina-se a verificação de erros de transmissão.

O uso do protocolo de transporte UDP é ideal para transporte de sinais IPTV, em função de não necessitar da confirmação do recebimento do pacote, reduzindo assim o tempo de resposta e aumentando a velocidade de processamento.

**Protocolo RTP** – O RTP ou Protocolo de Transporte em Tempo Real (Real-Time Transport Protocol) foi apresentado formalmente em janeiro de 1996, pelo Grupo de Trabalho de Redes (Network Working Group) do IETF (Internet Engineering Task Force), com objetivo de fornecer uma padronização de funcionalidades para os aplicativos de transmissão de dados em tempo-real, como vídeo, áudio, tanto em redes unicast como nas multicast, sem, entretanto garantir a

Porta de origem	Porta de destino
Tamanho	Checksum
Dados	

Figura 6 - Datagrama UDP [5]

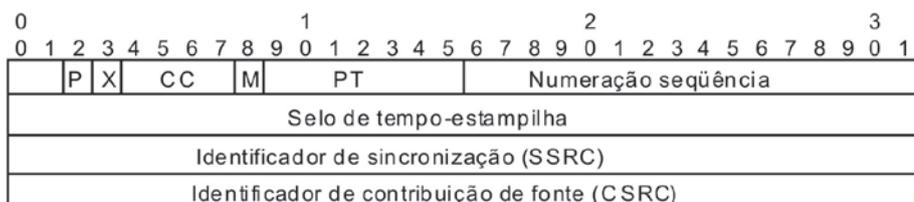


Figura 7 - Datagrama RTP [5]

qualidade de serviço QoS ou reservar recursos de endereçamento.

O RTP roda sobre a camada UDP/IP, utilizando os serviços de multiplexação e checksum do UDP e estabelecendo uma comunicação fim a fim. As porções de áudio e vídeo produzidas pelo aplicativo remetente são encapsuladas em pacotes RTP que, por sua vez, são encapsulados em um segmento UDP. Entretanto, apesar de utilizar o UDP e o IP, o RTP pode ser implementado em outros ambientes já que necessita apenas de serviços de transporte não orientado. Normalmente, o RTP é implementado como parte da aplicação e não como parte do kernel do sistema operacional. Basicamente, o protocolo permite a especificação dos requisitos de tempo e conteúdo pertinentes à transmissão de multimídia, tanto no envio quanto da recepção através de:

**Numeração sequenciada** – O RTP atribui número de ordem aos pacotes, podendo ser usado para a verificação das perdas, sequenciamento e possível redirecionamento de pacotes.

**Selo de temporização (estampilha)** – Possibilita a correta temporização dos pacotes contendo áudio e/ou vídeo.

**Envio de pacotes sem retransmissão** – Característica fundamental das transmissões em multimídia. Pequenas perdas não ofendem a qualidade do envio, e a não retransmissão torna o sistema mais robusto. O RTP apenas permite ao receptor notar as perdas e ou atrasos.

**Identificação de origem** – Necessário para indicar quem enviou o pacote. Numa conferência multicast, um mesmo fluxo pode ter várias origens.

**Identificação de conteúdo** – Permite a alteração

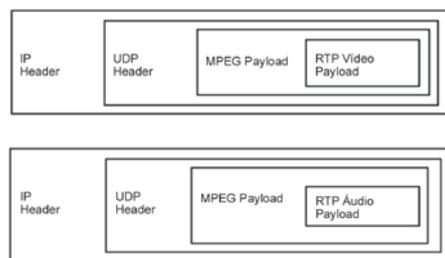


Figura 8 - Encapsulamento UDP/RTP/IP [5]

dinâmica dos vcoders em redes, sem garantia de QoS, em função das perdas e do atraso a fim de melhorar a qualidade final acústica.

**Sincronismo** – Pacotes de uma mesma corrente podem sofrer diferentes atrasos. A variação desse atraso é prejudicial à reprodução da mídia. Buffers adicionais podem então ser utilizados para eliminar a diferença entre os atrasos ("jitter"). Esses mecanismos processam de informações de tempo de cada pacote. RTP provê esta informação. O cabeçalho do protocolo RTP tem o mesmo formato mostrado na figura 7. Qualquer pacote RTP possui, pelo menos, os 12 primeiros octetos. Conforme Quadro da figura 7.

Descrição:

V – versão (2 bits): usado para especificar a versão do RTP.

0: usado para especificar o primeiro protocolo utilizado na ferramenta de áudio "vat".

1: especifica a primeira versão do RTP utilizada como teste.

2: identifica a versão do RTP especificada na RFC 1889.

P – Preenchimento/padding (1 bit): sinaliza a adição de octetos de enchimento adicionais ao conteúdo da carga (payload) sem fazer parte da mesma. O último octeto do preenchimento contém a informação de quantos octetos foram inseridos. Este preenchimento adicional é normalmente utilizado para uso de algoritmos de criptografia de tamanho de blocos fixos ou para transmissão de pequenos conteúdos.

X – Extensão/extension (1 bit): com esse bit marcado, é acrescentado uma extensão ao cabeçalho original.

CC – Contador CSRC/CSRC count (4 bits): esse campo contém o número de identificadores CSRC. M – marcador/marker (1 bit): Usado para identificar as fronteiras de um quadro numa corrente de pacotes.

PT – Tipo de carga/payload type (7 bits): esse campo identifica o formato da carga do pacote RTP como também a determinação de sua interpretação pela aplicação.

Numeração sequenciada/sequence number (16 bits): a numeração sequenciada põe em ordem

os diversos pacotes de RTP. A cada novo pacote, a numeração é incrementada de uma unidade. Basicamente, esse ordenamento serve para o receptor detectar os pacotes perdidos e restaurar a sequência de pacotes.

Selo de temporização\timestamp (16 bits): esse campo reflete o instante de amostragem do primeiro octeto no pacote RTP.

SSRC (32 bits): esse campo identifica a fonte de sincronismo. Essa identificação foi escolhida aleatoriamente tencionando-se que duas fontes de sincronismo com a mesma sessão RTP não teriam o mesmo identificador SSRC.

CSRC (itens de 0 a 15, 32 bits cada): a lista CSRC identifica a contribuição da fonte no conteúdo da carga (payload) de cada pacote. O número de identificadores é dado pelo campo CC. Se houver mais de 15 fontes contribuintes, somente 15 serão identificadas.

O RTP provê certas capacidades de multiplexação e controle independentes do método de compressão do áudio e vídeo. O RTP adiciona seus próprios timestamps a cada stream de áudio e vídeo independentemente, permitindo a transmissão independente sobre a rede. O receptor usa então os timestamps do RTP para estabelecer o sincronismo entre o áudio e o vídeo recebidos sobre RTP/UDP/IP. O pacote UDP/RTP/IP após encapsulado, segundo a WT-126, possui tamanho de 1 362bytes, transportando 7 pacotes de mídia de 188bytes por pacote IP. A figura 8 ilustra o encapsulamento UDP/RTP/IP.

**Protocolo de Multicast IGMP** – O IP Multicast baseado em IGMP (Internet Group Management Protocol) possibilita maior eficiência na utilização da rede. O IGMP permite a distribuição de conteúdo a grande número de usuários, sem causar impacto na rede, pois o tráfego é enviado somente a um GDA (Group Destination Address). Os clientes utilizam o IGMP para se registrar e receber um determinado grupo multicast.

Através do IGMP, o cliente manifesta a intenção de se juntar, aceitar ou deixar um streaming do grupo multicast. Somente clientes registrados para um GDA específico são influenciados pelo tráfego multicast. Usando o protocolo IGMP, um transmissor envia um stream e mensagens adicionais de controle ao próximo roteador da subnet. Esse, ao receber a informação, cria um GDA que é definido por um endereço IP Classe D (Range entre 224.0.0.0 e 239.255.255.255). O roteador, então, verifica se existe algum host ou roteador para esse grupo. Se não houver cliente, descarta os pacotes (ver figura 9).

Se, entretanto, houver um cliente, mesmo localizado em uma outra rede, os seguintes procedi-

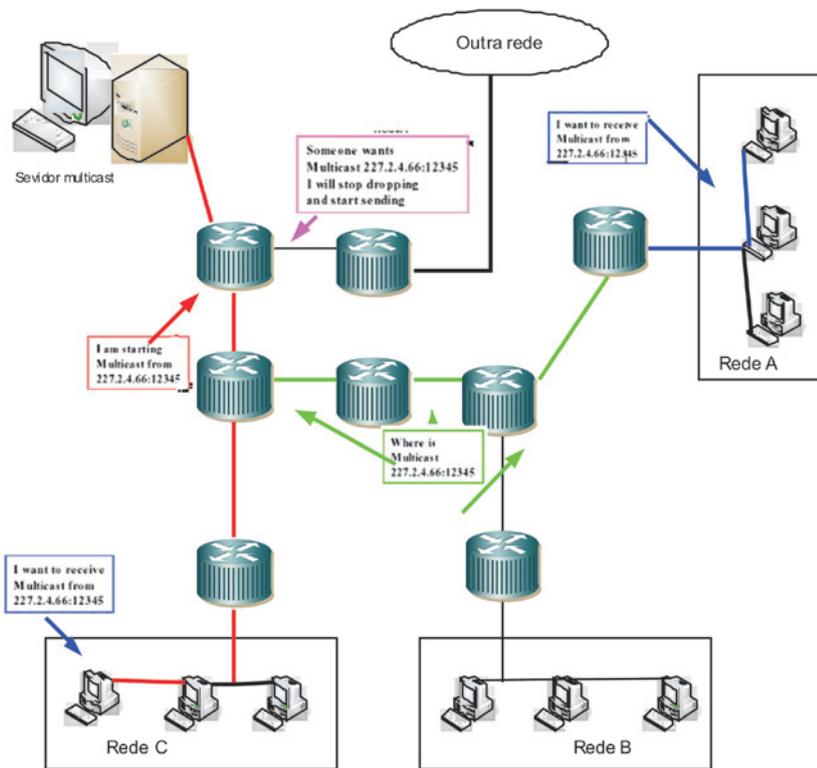


Figura 9 - Funcionamento do IGMP - adaptado de [6]

mentos ocorrem conforme ilustrados na figura 9.

- O receptor envia um endereço IP multicast dedicado a todos os roteadores da subrede, solicitando um join ao grupo multicast.
- Se o roteador na subrede reconhece o grupo, inicia o envio de pacotes ao solicitante. Se o roteador não reconhecer o grupo IGMP, envia uma mensagem para os demais roteadores procurando pelo grupo.
- Os roteadores comunicam-se através de protocolos de roteamento adaptados para multicast, como o MOSPF, DVMRP ou PIM (padrão de fato utilizado atualmente).
- Quando o grupo de multicast é encontrado, o outro roteador age como fonte, enviando um stream duplicado para o roteador solicitante.
- O protocolo IGMP tem três versões: v1 (RFC 1112) e v2 (RFC 2236) e, mais recentemente, a v3.

O IGMPv1 trabalha com duas mensagens básicas: Query e Report. Periodicamente (default = 60s), o roteador que figura como fonte do stream envia uma Query a todos os hosts da subrede. Esses recebem a mensagem e aquele que requer o stream envia um Report avisando a todos os roteadores que existe pelo menos um host requerendo o stream. Os demais hosts também recebem a mensagem de Report e, assim, se abstêm de gerar a mesma mensagem, caso tam-

bém estejam requisitando o mesmo grupo, o que reduz o total de tráfego na rede. Um host também pode mandar um Report sem recebimento da Query (unsolicited report).

O IGMPv1 não possui mensagem de Leave, para deixar o grupo multicast; ele simplesmente cessa o envio de reports, de forma que o roteador de origem (Querier) somente percebe que não há mais solicitantes quando para de receber reports.

O IGMPv2 possui algumas features mais aprimoradas. A mensagem de Query pode ser geral ou específica por um certo grupo multicast. Os reports podem ser para a versão 1 ou para a versão 2, para manter compatibilidade com o IGMPv1. Além disso, existe uma mensagem explícita de Leave enviada pelo host, sinalizando seu desejo de interromper o recebimento de tráfego do grupo multicast.

A versão mais recente é o IGMPv3, que suporta source filtering, possibilitando que o host terminal receba, somente, pacotes multicast de origens especificamente selecionadas. Na prática, a versão mais utilizada nas arquiteturas de rede IPTV é a versão 2, recomendada pelo DSL Forum na recomendação H.610.

#### Rede de acesso

A rede de acesso faz parte da arquitetura

de uma rede IPTV, representando a ligação do fornecedor de serviço (operadora de telecom) à casa do usuário, ou seja, "a última milha". A conexão do usuário pode ser realizada com a utilização de várias tecnologias de rede de acesso. As operadoras de telecomunicações estão utilizando a tecnologia DSL (linha digital de assinante); também estão começando a usar a tecnologia de fibra, como redes PON (networking ótico passivo), e Metro Ethernet, permitindo estender distâncias e aumentar velocidade.

Neste trabalho considera-se, para rede de acesso, a utilização da tecnologia ADSL2, aproveitando infraestrutura de rede metálica. Pode, a depender do comportamento e da demanda do serviço IPTV, futuramente podemos ter implementação de redes de acesso tipo PON e Metro Ethernet. Neste trabalho toda pesquisa é baseada em rede de acesso ADSL2, cuja topologia de rede é representada na figura 10.

O DSLAM (Digital Subscriber Access Multiplexer) conecta os usuários através do par telefônico, e possui conectividade com o BRAS (Broadband remote Access Server); sua saída pode ser ATM, Ethernet ou Gigabit Ethernet, de acordo com a tecnologia a ser utilizada. O BRAS pode terminar sessões PPPoE (Point-to-Point Protocol over Ethernet), aplicar políticas de tráfego, fornecer o endereço IP etc. O BRAS é conectado diretamente ao Core IP. O BRAS realiza toda a concentração de usuário ADSL2, atendendo o IPTV em uma dada região, em função da demanda, existe a necessidade de termos mais de um BRAS por localidade. A rede de acesso para uma arquitetura de distribuição de IPTV sobre ADSL segue a recomendação H.610 do ITU (conforme figura 11).

É baseada na arquitetura de distribuição xDSL, a arquitetura do sistema e o equipamento do cliente definem uma arquitetura de alto nível padrão para a entrega de vídeo, dados, e dos serviços da voz. Nessa arquitetura, o sinal de telefone, ou seja, a porta do telefone (POTS) é preservada, e com um filtro chamado splitter (divisor) irá multiplexar os sinais de IPTV e voz em um mesmo par metálico. Preservando o serviço telefônico juntamente com o serviço IPTV e dados.

#### Ambiente de usuário

O ambiente de usuário contém: o modem ADSL2 plus o Set-Top-Box (STB), seu microcomputador e sua TV (conforme figura 12).

**Modem ADSL2/ADSL2+** - Deve ser utilizado quando sua rede de acesso for a tecnologia xDSL, que é objetivo de análise nesse trabalho. O modem permite velocidade de até 24Mbps em Downstream e 1 Mbps para Upstream. O modem

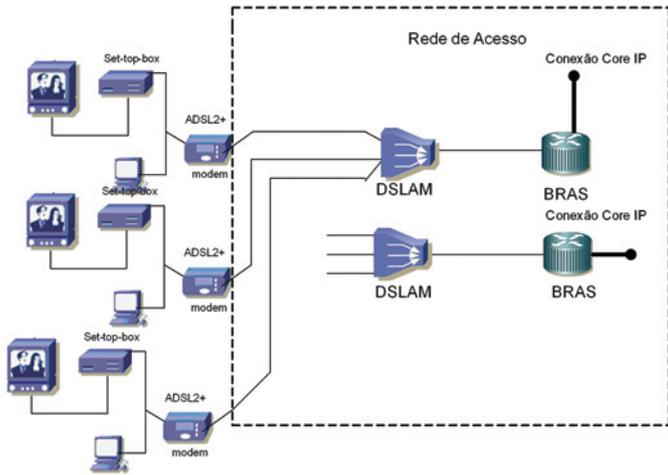


FIGURA 10 - REDE DE ACESSO ADSL - ADAPTADO DE [1]

se conecta a linha telefônica, preservando o canal de voz de 4 KHz. Como a rede conectada ao modem é metálica, devemos ficar atentos quanto aos limites estabelecidas em relação à distância do usuário até o DSLAM, de forma a termos uma qualidade de vídeo adequada. Nesse trabalho, a linha ADSL2 com IPTV estará em condições de máxima distância e atenuação, para obtenção da perda máxima admitida na rede, sem comprometer a qualidade do vídeo (a figura 13 mostra a banda utilizada pelo ADSL).

**Set-top box** - Elemento terminal de usuário que irá converter os streams de vídeo para uma saída de vídeo composto ou outra qualquer, de acordo com o padrão do aparelho de TV do usuário. Geralmente é baseado em tecnologia de PC, podendo incorporar interfaces xDSL para conexão direta a DSLAM's, sem necessidade de modems ADSL externo. Ele ainda possui funções de gravação e reprodução de som e vídeo, suportando mídias como

DVD e MP3. Deve permitir a autenticação da mídia recebida e controlar o tempo de permanência desta mídia no disco interno.

A qualidade do sinal de vídeo está intimamente ligada a qualidade do set-top-box, que a existência de um buffer adequado permitirá suportar "jitters" variados. O Set-top-box terá um software compatível com o middleware do headend possibilitando o controle e a oferta dos serviços IPTV na casa do cliente.

**Iniciativas da indústria para padronizar o IPTV**

Similar aos setores de TV a cabo e TV por satélite, o setor industrial de IPTV exige um conjunto de padrões que promoverão à competição, permitido a oferta de IPTV a custos mais baixos, e melhora da qualidade de entrega dos serviços IPTV. Padronizar o IPTV não é uma tarefa fácil porque há uma escala complexa de componentes envolvidos em sua estrutura, e com fornecedores diferentes de equipamentos e softwares. Entretanto, como toda à tecnologia emergente, um número de agências de normalização e de consórcios da indústria são envolvidos para desenvolver uma padronização do IPTV. Os órgãos envolvidos na padronização são descritos a seguir: DSL Forum; Moving Pictures Experts Group (MPEG); European Telecommunications Standards Institute (ETSI); Open IPTV Forum; Broadband Services Forum (BSF); WirelessHD Consortium;

State Administration of radio, Film, and Television (SARFTI); ITU-T FG IPTV; The Alliance for Telecommunications Industry Standard (ATIS); The Internet Protocol Detail Record Organization (IPDR); Internet Streaming Media Alliance (ISMA); IPTV Principles Initiative; DVB-IPI.

Cada um dos órgãos de padronização citados contribuem para a padronização do IPTV.

**QUALIDADE DE EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO E QUALIDADE DE SERVIÇO**

Assegurar a QoE (Quality of Experience) para IPTV vem se transformando rapidamente em prioridade entre vendedores e fornecedores de serviço IPTV. A Qualidade de Experiência (QoE - Quality of Experience) é um parâmetro que representa o desempenho global de uma rede IPTV do ponto de vista dos usuários, e que coloca uma perspectiva pessoal de satisfação dos sinais de mídia oferecidos pelo provedor. Para os usuários IPTV, o que importa é como um serviço satisfaz os seus objetivos e expectativas - a sua qualidade de experiência. O usuário utiliza como parâmetros para avaliar a QoE do IPTV, os serviços de TV a cabo e TV por satélite.

Muito se confunde a QoE com a QoS. Na realidade, a QoS é a qualidade do serviço IPTV em nível de pacote na rede, e a QoE é a qualidade na percepção da imagem IPTV por parte do usuário, sendo a rede do provedor transparente para o usuário. A QoS tem como função permitir que o pacote IPTV possa ter garantias de entrega até o usuário final, utilizando os mecanismos de QoS apropriados (Diffserv). Ele objetiva refletir para o usuário final, uma qualidade de mídia aceitável, ou seja, refletir a

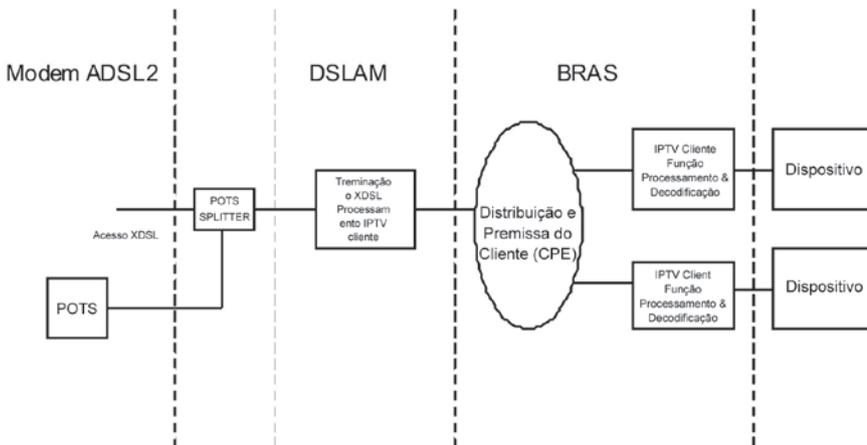


Figura 11 - Recomendação ITU [7]



Figura 12 - Ambiente de usuário adaptado de [1]

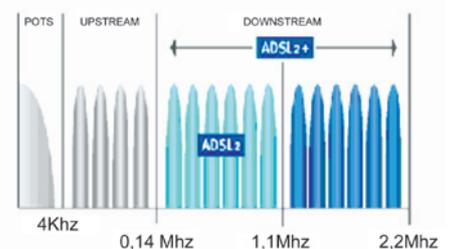


Figura 13 - Banda do ADSL2/ADSL2+ [8]

QoS adequada. Essa QoS é influenciada por fatores comerciais, tais como: preço, serviço e fatores técnicos, incluindo o tempo de resposta de pacotes IPTV, do tempo de atraso e a qualidade da própria mídia. A figura 14 ilustra as diferenças entre QoS e QoE em uma arquitetura IPTV.

Observa-se pela figura 14 que a QoS é definida entre os equipamentos ao longo da arquitetura de rede IPTV, e a QoE é uma avaliação final do usuário, envolvendo sentimentos, emoções e até mesmo a cultura. A avaliação de QoE do usuário é baseada em conceitos tais como: ruim, regular, bom, muito bom e excelente. Portanto, a avaliação da QoE é subjetiva, onde dependerá do conhecimento do usuário, isso é, o que o usuário tem de parâmetro para comparação.

Assim, um usuário acostumado em assistir TV analógica, apresentará um grau de QoE menor, se comparado ao usuário acostumado a assistir uma programação em transmissão digital (TV digital). Contudo, uma arquitetura de rede IPTV deve dispor de uma qualidade mínima que seja capaz de atender a todos os usuários. Para garantir essa qualidade é importante conhecer quais os parâmetros que podem afetar a QoE de forma mais acentuada, que será mostrado através da recomendação WT-126.

### Valores recomendados pela WT-126 para o IPTV

Com a disponibilidade maior do acesso à banda larga, entregar o vídeo, através das redes IP, transformou-se em uma solução cada vez mais atrativa. Entretanto, as redes IP podem sujeitar o vídeo a uma variedade de intempéries, causados pela perda de pacotes e o "jitter". Avaliar o sinal de vídeo, de certa forma, é comparar o sinal transmitido com o sinal recebido no set-top-box.

Obviamente, isso é insustentável para o uso em grande escala, porque requer a disponibilidade dos vídeos recebidos e originais. A perda de um pacote IP, pode resultar em uma perda de sequência de imagens, sendo a característica de maior impacto na qualidade do vídeo observada pelo usuário, associada ao "jitter" sofrido pelo pacote IP.

Quando se fala em avaliar a qualidade de vídeo em uma rede IPTV, na realidade está se aferindo a QoE para essa rede, e a aferição será no nível das variações que o pacote IP possa sofrer, tais como: perda de pacotes e "jitter".

**Perdas de pacotes** – A sensibilidade das aplicações de vídeo, em relação ao número de pacotes perdidos, motiva o estudo dessa métrica, sendo a que mais afeta a qualidade de vídeo, principalmente para o IPTV. Obviamente, todas as apli-

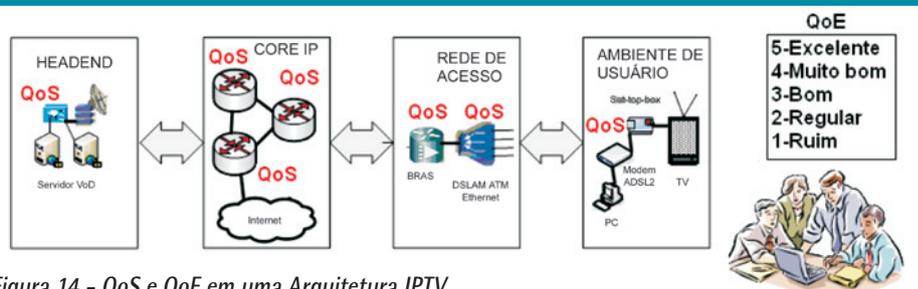


Figura 14 - QoS e QoE em uma Arquitetura IPTV

cações são sensíveis à perda de pacotes e em especial, o vídeo. Essas perdas são recuperadas via retransmissão, entretanto aplicações como as de transmissão de vídeo em tempo real (IPTV ao vivo) não permitem que haja retransmissão, tornando-as particularmente sensíveis a perdas.

Assim, é importante conhecer as características de perda de pacotes e analisá-las, verificando a perda máxima permitida em uma arquitetura IPTV, sem que a QoE seja afetada.

**Jitter** – O "jitter" é o intervalo entre a chegada de dois pacotes IPTV consecutivos, em relação ao intervalo de sua transmissão. Diferente do atraso fim-a-fim, se os instantes de envio forem conhecidos ou o intervalo entre eles for constante, essa métrica não possui problemas para ser estimada entre máquinas com relógios não sincronizados. Uma vez não garantindo o "jitter" adequado, o mesmo irá provocar a perda de pacotes, em função, por exemplo, de buffer congestionado ao longo do trajeto da rede IPTV.

Uma medida que pode ajudar a controlar a qualidade de vídeo sobre IP é a MDI (Media Delivery Index), utilizada para controlar de forma passiva a atividade de voz e vídeo sobre IP. A MDI é definida na RFC4445, que associa pontuação de "jitter" e perdas de pacotes a fim de determinar a capacidade de uma rede de transportar vídeo de boa qualidade e, sendo assim, as medições de MDI podem ser usadas como ferramenta de diagnóstico de qualidade.

Nas tabelas 1, 2 e 3 são apresentados os valores recomendados para jitter, perda de pacotes e taxa de erro para fluxos IPTV, segundo a recomendação WT-126 [1].

### SITUAÇÃO DO IPTV NO MUNDO E NO BRASIL

O movimento de queda na receita de voz na telefonia fixa, em virtude da concorrência com a telefonia móvel, gera o desafio de busca por novas fontes de receita e novos modelos de negócios, em que o IPTV surge como uma alternativa. O gráfico da figura 15 mostra a previsão de

crescimento do IPTV no mundo.

No fim de 2006, os serviços de pesquisa da TVMentors estimou que aproximadamente 4,8 milhões de usuários em torno do mundo estariam utilizando o serviço de IPTV, e alcançará 37,4 milhões em 2010. A TVMentors publica relatórios e base de dados periodicamente, para prever o número de usuários de IPTV no mundo. Os leitores que estiverem interessados em um detalhamento maior das pesquisas acessem o site ([www.tvmentors.com](http://www.tvmentors.com)). Logo, com essa previsão de crescimento do IPTV, justifica-se o ruído que a tecnologia tem provocado no mercado de telecomunicações.

### Os entraves do IPTV no Brasil

A oferta de televisão será um fator chave para decisão do usuário em ofertas conjuntas, assim as operadoras de telecomunicações devem entrar no mercado de distribuição de TV. A TV sobre o IP é, principalmente, uma plataforma de convergência envolvendo comunicação e entretenimento. Assim, as operadoras de telecomunicações vão buscar através do IPTV os objetivos a seguir.

- 1) Aumentar a oferta de serviços triple-play (serviços de: voz, internet, vídeo).
- 2) Aumentar a competitividade no mercado convergente.
- 3) Estimular o desenvolvimento da banda larga.
- 4) Atrair novos clientes através do IPTV.
- 5) Fidelizar da base de usuários da banda larga existentes.
- 6) Buscar novas receitas com a oferta do IPTV.

A PL 29 (Projeto de Lei 29) que regulamenta a TV paga no Brasil proíbe que as exploradoras do Serviço Telefônico Fixo Comutado ofertem TV paga em suas redes. A Associação de Empresas de Telefonia Fixa (Abrafix) enviou uma carta à Anatel pedindo uma alteração na Lei da TV a cabo para permitir a distribuição e produção de conteúdo pelas operadoras. Com isso, elas poderão oferecer TV através da rede telefônica, o IPTV. Algumas delas já oferecem TV por meio de parcerias com outras empresas.

Tabela 1 - Valores recomendados para compactação MPEG-2 em qualidade SDTV [1]

Fluxo de Vídeo (Mbit/s)	Jitter	Perda de pacotes IP em 30 minutos	Taxa média de perda de pacotes IP
3.0	<50ms	1 pacote IP	1.9E-06
3.75	<50ms	1 pacote IP	1.6E-06
5.0	<50ms	1 pacote IP	1.2E-06

**Tabela 2 - Valores recomendados para compactação MPEG-4 em qualidade SDTV [1]**

Fluxo de Vídeo (Mbit/s)	Jitter	Perda de pacotes IP em 30 minutos	Taxa média de perda de pacotes IP
1.75	<50ms	1 pacote IP	3.3E-06
2.0	<50ms	1 pacote IP	2.9E-06
2.5	<50ms	1 pacote IP	2.3E-06
3.0	<50ms	1 pacote IP	1.9E-06

**Tabela 3 - Valores recomendados para compactação MPEG-2 em qualidade HDTV [1]**

Fluxo de Vídeo (Mbit/s)	Jitter	Perda de pacotes IP em 30 minutos	Taxa média de perda de pacotes IP
8	<50ms	1 pacote IP	9.14E-08
10	<50ms	1 pacote IP	7.31E-08
12	<50ms	1 pacote IP	6.09E-08

A dificuldade para concluir a votação do PL 29 na Comissão de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática (CCTCI) da Câmara dos Deputados não é por falta de apoio ao texto pelos parlamentares. Pelo menos é esta a percepção do deputado-relator, Jorge Bittar (PT/RJ), que incluiu no projeto, inicialmente para regular a entrada das teles no mercado de TV por assinatura, uma política de fomento ao audiovisual. Essa alteração na PL 29 irá impulsionar a oferta do IPTV, essa alteração é descrita da seguinte forma: "Para as concessionárias da telefonia fixa, exploradoras do Serviço Telefônico Fixo Comutado, é facultada a obtenção de licenças para exploração do serviço de televisão a cabo. Exceção é feita para as localidades que já possuam o serviço há menos de um ano da promulgação da lei". Sem aprovação da PL 29, as teles ainda não podem ofertar o IPTV, essa questão regulatória trava o desenvolvimento do IPTV no Brasil.

O relator da PL 29 Jorge Bittar, foi substituído pelo então deputado Vital do Rêgo Filho (PMDB/PB). O deputado Vital do Rêgo Filho surpreendeu alguns representantes das teles e radiodifusores ao propor no relatório do PL 29, que trata da convergência dos dois setores no mercado de distribuição de vídeo, a manutenção do princípio de cotas para produção nacional. Essa distinção tinha sido aprofundada pelo deputado Jorge Bittar em seu relatório para a Comissão de Ciência e Tecnologia que acabou não sendo votado. No relatório entregue no dia 15/05/2009 na Comissão de Defesa do Consumidor, ele define em mínimo de 30% a necessidade de programação nacional em um canal. A PL 29 ainda continua sem votação, impedindo o crescimento do IPTV no Brasil.

## CONCLUSÕES

A utilização de uma rede IP para oferecer serviços de IPTV aos usuários está em amplo crescimento no mundo, e para o Brasil as questões regulatórias não permitiram seu efetivo crescimento. O serviço IPTV é geograficamente limitado à localidade atendida pela rede de acesso do provedor, e o modelo é semelhante ao dos serviços de TV a cabo, porém com transmissão do fluxo de mídia pela linha telefônica, através das tecnologias ADSL2, ou

com a utilização direta de fibra óptica no ambiente do usuário, possibilitando o aumento da capacidade de transmissão e do alcance.

Com as grandes possibilidades fornecidas pelas redes IPTV faz-se necessária a implementação de QoS que reflita uma QoE adequada aos usuários. Atualmente é praticamente impossível imaginar o avanço da tecnologia das redes e de suas aplicações, sem que essas tenham a implementação desses mecanismos que garantam a QoE. Medições de MDI avaliam o efeito de uma rede na entrega de vídeo, através de dois componentes, o jitter e a taxa de perda de pacotes.

Apesar de toda a complexidade da arquitetura IPTV, a tecnologia necessária já está disponível e tem sido padronizada. Similar aos setores de TV a cabo e TV por satélite, o setor industrial de IPTV exige um conjunto de padrões que deverão promover a competição, permitindo a oferta de IPTV a custos mais baixos, e melhorando a qualidade do serviço. 📺

*\* Luciano Henrique Duque é graduado em engenharia elétrica pelo INATEL (1994), ênfase em eletrônica e telecomunicações, mestre em engenharia elétrica pela Universidade de Brasília (UnB 2007), professor da Anhanguera Educacional-FNT no curso de engenharia elétrica e consultor da Oi/Brasil Telecom desde 1997. e-mail: lduque@facnet.com.br*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DSL FORUM - "Triple-play Services Quality of Experience (QoE) Requirements and Mechanisms". Working Text WT-126, Version 0.5, fevereiro 2006.
- [2] CHOUDHURY, G.; YATESY, J.; SHAIKH, A.; MOON, S. KAIST - "Case Study: Resilient Backbone Design for IPTV Services", Ed 3. Nova York: McGraw-Hill, 2006.
- [3] BRASIL TELECOM - "Sistema de Distribuição de Conteúdo", SDC/IPTV, SEP-30 0724 - 0100002135, setembro 2005.
- [4] WEBER, J.; NEWBERRY, T. - "IPTV Crash Course", McGraw-Hill, Chicago San Francisco, junho 2006.
- [5] SOARES, L. F. G. - "Redes de Computadores", Rio de Janeiro, Campus, 1994, Ed. 4.
- [6] RABINOWITZ, A. - "Paper Internet Group Management Protocol, By Networking Support Engineer", junho 2006.
- [7] DSL FORUM, TR-101 - "Migration to Ethernet-Based DSL Aggregation", abril 2006.
- [8] DSL FORUM, TR-092 - "Broadband Remote Access Server (BRAS). Requirements Document", agosto 2003.
- [9] HARTE, L.; OFRANE, A. - "Introduction To IPTV Billing". USA: Althos, junho 2006.
- [10] ITU-T - "Subjective video quality assessment methods for multimedia applications". Geneva, fevereiro 1996.
- [11] CORRIVEAU, P.; WEBSTER, A. - "VQEG evaluation of objective methods of video quality assessment", setembro 1999.
- [12] DSL FORUM, TR-102. - "Service Interface Requirements for TR-058 Architectures", dezembro 2005.
- [13] IETF, REQUEST FOR COMMENTS 4445 - "A Proposed Media Delivery Index (MDI)". IneoQuest & Cisco Systems, junho 2006.
- [14] DSL FORUM - "IPTV Architecture Overview", Disponível em: <http://www.dslforum.org/arcitecture>, acesso em: 18 abril 2009.
- [15] AGILENT TECHNOLOGIES - "IPTV QoE Test Solution", Disponível em: <http://www.home.agilent.com>, acesso em: 20 setembro 2007.
- [16] INEQQUEST - "Testing Triple Play Networks With Controllable Video Signal Test Sources and Simultaneous MDI Measurements", Disponível em: <www.ineoquest.com>, acesso em: 13 agosto 2007.
- [17] SIEMENS COMMUNICATIONS AND JUNIPER NETWORKS - "High Quality and resilient IPTV Multicast Architecture", Disponível em: <www.siemens.com/resip>, acesso em: 19 abril 2006.
- [18] POSSEBON, S. - Disponível em: <http://www.telaviva.com.br/revista/159/capa.htm>, acesso em 30 abril 2008.
- [19] GILBERT HELD - Understanding IPTV, Aurebach Publications, June 2007.
- [20] GERARD O. DRISCOLL - Next Generation IPTV Services and Technologies, John Wiley & Sons, Inc, Publication 2008 in Canada.
- [21] TVMENTORS - (www.tvmentors.com).
- [22] LEI GERAL DE TELECOMUNICAÇÕES, LGT - Lei no 9.472, de 16 de julho de 1997.
- [23] INTERNET - (www.teletime.com.br/).