

# MULTIMEDIA ADAPTIVE STREAMING

Madalena Muller nº78709

Diogo Moreira nº78298

Instituto Superior Técnico

Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

E-mail: {madalena.muller95, diogo.simo.es.moreira19}@gmail.com

## ABSTRACT

O *adaptive streaming* sobre HTTP é uma técnica usada mundialmente para serviços e aplicações de *streaming*. É uma tecnologia que envolve protocolos de rede específicos e técnicas de compressão inovadoras, para a sua optimização. Neste artigo aborda-se todas essas componentes, estuda-se as suas principais implementações e analisa-se a importância e a presença do *adaptive streaming* nas aplicações e serviços de actuais, com especial atenção ao caso de Portugal, dando uma perspectiva futura sobre esta inovadora tecnologia.

**Termos do Índice** — *adaptive streaming, codecs, protocolos de rede, serviços*

## 1. INTRODUÇÃO

O mundo actual está a tornar-se cada vez mais digital, e em que o acesso à multimédia, seja imagem ou vídeo, é muito fácil e frequente, a partir de web sites e/ou aplicações. O *streaming* é uma tecnologia de distribuição e transmissão contínua de dados de multimédia (principalmente vídeo) pela Internet. Hoje em dia, mais de 75% do tráfego na Internet é dedicado ao tráfego de vídeo, e por essas mesmas razões optimizar a tecnologia *streaming*, torna-se uma meta essencial para muitos sites (como o Youtube), ou serviços de multimédia *over-the-top* (como o Netflix) de modo a oferecer aos utilizadores melhor Qualidade de Experiência (QoE), mas também para serem cada vez mais lucrativos.

O *streaming* de multimédia existe sobre dois tipos diferentes: *Video-On-Demand* e onde os streams estão armazenados num servidor, e podem ser requisitados pelo utilizador; ou *live streaming*, onde os streams são transmitidas e distribuídos em tempo real para o utilizador.

As diversas inovações das componentes de *hardware*, como codecs, encoders e transcoders, permitiram também optimizar aos poucos esta tecnologia de *streaming*, cuja exponencial evolução permitiu

introduzir o *adaptive streaming* ou *adaptive bit-rate streaming*. Esta tecnologia baseia-se na adaptação contínua e dinâmica da qualidade e do *bit-rate* do ficheiro de multimédia, ao longo da experiência de multimédia, consoante a largura de banda disponível da rede (que dita a taxa de transferência) e à taxa de utilização de CPU do utilizador. Esta nova tecnologia baseia-se no protocolo *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) na camada de aplicação, e no protocolo *Transport Control Protocol* (TCP) na camada de Transporte.

Neste artigo vamos primeiro analisar a evolução histórica do *adaptive streaming*, em seguida vamos estudar a tecnologia que envolve o *adaptive streaming* em termos de arquitectura, *hardware*, protocolos e principais implementações. Em seguida vamos identificar os principais serviços e aplicações que usam esta tecnologia, bem como o modelo de negócio associado a esta. Finalmente estudaremos as perspectivas futuras do *adaptive streaming* e concluiremos sobre a importância deste no mundo de multimédia em que vivemos.

## 2. HISTORIA

O *streaming* tradicional baseava-se tecnologia de *progressive download*, cujo conceito consiste em um utilizador poder usufruir de um ficheiro multimédia (por exemplo um vídeo), sem que este lhe tenha sido transmitido na totalidade. No caso dum vídeo, o utilizador não tem de ter feito o *download* completo do vídeo para vê-lo, e vai vendo o vídeo enquanto os dados deste lhe estão a ser transmitidos aos poucos. Esta tecnologia acaba por não ser óptima. Primeiro, o ficheiro multimédia é codificado numa única *bit-rate* do início ao fim, o que muitas vezes produz *buffering*, quando a conexão à rede se deteriora mais do que o normal. Em segundo lugar, o *streaming* tradicional baseia-se muito em nos protocolos *Real-Time Streaming Protocol* (RTSP) na camada de aplicação e no protocolo *Users Datagram Protocol* (UDP) na

camada de transporte, que acabam por traduzir-se em algumas falhas de eficiência, pois, usando estes protocolos, há muita perda de dados no *core* da rede, o que pode ser fatal para a QoE de *streaming*.

Para contrair estas limitações, que por vezes tinham custos de implementação muito altos, e dada a cada vez mais utilização do protocolo HTTP para o tráfego na Internet, a empresa Move Networks introduziu em 2007 a primeira versão de uma nova tecnologia: *adaptive streaming* sobre HTTP [1].

Várias implementações desta tecnologia foram adoptadas por diversas empresas. Em 2008, a Microsoft lançou a *Microsoft Smooth Streamig* (MSS); em 2009 a Apple lançou a sua própria tecnologia também, a *HTTP Live Streaming* (HLS), para disponibilizar a tecnologia *adaptive streaming* para dispositivos iOS. E, em 2010, a Adobe introduziu ao mundo o *HTTP Dynamic Straming* (HDS).

O *Moving Picture Expert Group* (MPEG) desenvolveu vários protocolos multimédia amplamente utilizados, e introduziu, em 2012, o *Dynamic Adaptive Streaming* sobre HTTP, ou MPEG-DASH. O MPEG-DASH é uma tentativa de resolver as complexidades da entrega de áudio e vídeo para vários dispositivos com um protocolo comum unificado. O desenvolvimento desta tecnologia, o MPEG-DASH, contou com a participação de muitos especialistas e com a colaboração de outros grupos. Mais de 50 empresas estavam envolvidas, incluindo Microsoft, Netflix e Apple, e o esforço foi coordenado com outras organizações do sector, como o *Digital Entertainment Content Ecosystem* (DECE), e o *World Wide Web Consortium* (W3C). Hoje em dia, a tecnologia *adaptive streaming*, em maior parte das aplicações *streaming* como Youtube e Netflix, é implementada com MPEG-DASH [2].

### 3. TECNOLOGIA

#### 3.1 Arquitectura *adaptive streaming*

##### 3.1.1 O conceito de *adaptive streaming*

O conceito principal desta tecnologia é identificar a largura de banda da rede ao qual o cliente está ligado e a utilização do CPU do cliente, e, em tempo real, ajustar a qualidade do conteúdo de multimédia (por exemplo um vídeo) consoante estas especificações.

Inicialmente, o ficheiro de multimédia (por exemplo vídeo) original é codificado por um *encoder* que codifica o ficheiro original em *streams* de diferentes *bit-rates*, e por isso em qualidades/resoluções diferentes. Em seguida, cada um destes *streams* é dividido em segmentos de igual duração (tipicamente segmentos de

2 a 10 segundos). Estes diferentes segmentos são armazenados num servidor (neste caso num servidor HTTP). Desta forma, estarão armazenados no servidor vários segmentos do ficheiro de multimédia, e cada um desses segmentos estará codificado para diferentes *bit-rates*. Nota importante que, a nível de compressão e descompressão nos *codecs*, os diferentes segmentos são independentes uns dos outros, por isso cada segmento será mais tarde descomprimido de maneira independente.

Uma vez armazenados no servidor, o cliente toma conhecimento dos vários segmentos através de um *manifest file* (disponibilizado pelo próprio servidor ao cliente após o primeiro HTTP *request*), que contém a *metadata* dos diferentes segmentos. Em seguida, e com a informação proporcionada pelo *manifest file*, o cliente vai requisitando segmentos do vídeo (em ordem), e vai escolhendo a *bit-rate* desse segmento consoante os seus próprios recursos, isto é: a largura de banda disponível, o estado actual da rede Internet (congestionamento da rede) e a taxa de ocupação do *buffer* do cliente (nota que, quanto mais cheio estiver o *buffer* melhor, pois no caso em que a conexão à Internet se deteriore, o vídeo poderá continuar a ser transmitido no cliente, pois o *buffer* terá informação guardada à espera de ser usada). À medida que o cliente vai fazendo *download* dos segmentos (e armazenados no buffer deste), o *player* do cliente vai descodificando e reproduzindo os segmentos requisitados sequencialmente e em ordem.

Na Figura 1 está representado todo este processo, e podemos observar bem que o servidor tem o ficheiro de multimédia dividido em vários segmentos, cada segmento codificado em várias resoluções (*bit-rates*) diferentes; e dado a largura de banda da rede, o *player* do cliente adaptará dinamicamente a *bit-rate* a que reproduzirá o ficheiro. Deste modo, o cliente obtém uma QoE óptima, pois não haverá *buffering* e a *bit-rate* utilizada será sempre a melhor possível, dadas as circunstâncias da rede [3].

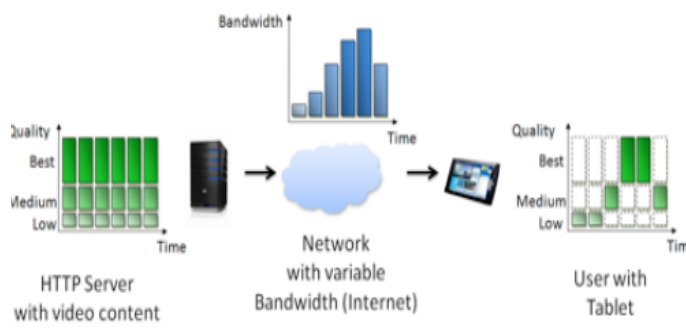


Figura 1 - Descrição do Adaptive Streaming [4]

### 3.1.2 – Buffering State e Steady State

É importante falar sobre a importância do *buffer* nesta tecnologia. Como foi dito, quanto mais cheio estiver o *buffer* melhor, pois este tem informação pronta a ser usada, mesmo durante períodos menos bons de conexão à Internet. Na Figura 2, observamos que quando o *buffer* esta demasiado vazio (quando ultrapassa o *stalling threshold*), o vídeo não processa, e fica à espera que o *buffer* volte a passar um certo limite de preenchimento (*playback threshold*) para voltar a ser processado correctamente.

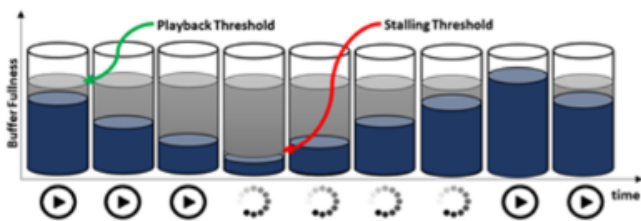


Figura 2 - Evolução do preenchimento do buffer

A tecnologia *adaptive streaming* tenta ultrapassar esta limitação. Desta feita, o *adaptive streaming* funciona em dois estados: estado de *buffering* e estado *steady*. No estado *buffering*, o *player* do cliente vai requisitando ao servidor segmentos a fim de encher ao máximo o *buffer* (normalmente estes segmentos têm *bit-rates* inferiores, pois o seu *download* é mais rápidos).

Uma vez o *buffer* cheio, o *player* passa para o estado *steady*: vai requisitando segmentos óptimos periodicamente (consoante os recursos de largura de banda da rede) para evitar ao máximo que o *buffer* esteja vazio. Durante o estado *steady*, existem os chamados períodos ON (que correspondem aos períodos em que está a haver o *download* do segmento), e períodos OFF (que correspondem aos períodos em que o cliente está à espera que servidor responda com o segmento seguinte). Este *download* periódico dos segmentos, evita que haja *overflow* do buffer, mas também não comprometendo a experiência do utilizador, pois o *buffer* nunca estará vazio [5].

## 3.2 Protocolos de rede: HTTP e TCP

O *adaptive streaming* é uma tecnologia inovadora de *streaming*, baseada nos protocolos HTTP e TCP, de modo a ser eficiente em redes como a Internet. Nesta

subsecção vamos explicar como funcionam esses protocolos, e como ajudam o *adaptive streaming* a ser óptimo.

### 3.2.1 – Protocolo HTTP

O protocolo Hypertext Transfer Protocol (HTTP) é um protocolo da camada de aplicação que permite aplicações web de comunicar e trocar informação/dados (seja áudio, vídeo, etc..) entre si. O protocolo HTTP é baseado na interacção entre um cliente e um servidor. A interacção entre cliente e servidor é chamada sessão. Quando o cliente quer aceder a algo na rede Internet, este vai fazer uma *request* (através de uma *HTTP message*) ao servido, e uma sessão é aberta. Do outro lado, o servidor envia uma *response* (também através de uma *HTTP message*) que contem a informação ou com os dados que o cliente precisava. A sessão termina após o cliente receber a resposta do servidor.

Este protocolo tem duas particularidades que o fazem ser muito eficientes. Primeiramente, o protocolo é *connectionless*, o que significa que após o cliente fazer uma *request* ao servidor, a conexão entre ambos é interrompida até a resposta do servidor estiver pronta, e só aqui a conexão volta a existir. Em segundo lugar, o protocolo HTTP é *stateless*, isto é, o servidor não guarda nenhuma informação sobre o cliente após a sessão entre ambos ter terminado. [6]

### 3.2.2 – Protocolo TCP

Na tecnologia de *adaptive streaming*, o transporte correcto de pacotes que contêm a informação torna-se importantíssimo para que o utilizador tenha a melhor QoE possível, pois a perda de pacotes no *core* da rede pode manifestar-se com a degradação da qualidade de um vídeo, por exemplo. Por esta mesma razão, o protocolo Transport Control Protocol (TCP) é o mais usado quando falamos de *adaptive streaming*. Este protocolo, da camada de transporte, é *connection-based* e permite o envio de pacotes de maneira fiável, pois quando há um pacote que se perde ao longo da conexão, este é reenviado até que chegue o pacote chegue ao seu destino desejado. Por isso, a perda de pacotes neste protocolo é muito reduzida, o que faz com que mantenha a integridade visual de um vídeo, por exemplo.

Neste protocolo, a retransmissão de pacotes pode introduzir algum atraso (*delay*) na chegada destes ao seu destino, o que é muito indesejado nesta tecnologia, principalmente quando usada em *Live streaming*. Não obstante, este protocolo acaba por ser mais fiável do que o protocolo UDP usando tradicionalmente [5], pois a

combinação entre os protocolos TCP e HTTP não permitem que os problemas introduzidos por *firewalls* e por NAT's (*Network Address Translation*) se manifestam tanto, ao contrário do que acontece quando se usa o protocolo RTP.

### 3.3 Codecs de Audio e Video

Quando falamos em *adaptive streaming*, os *codecs* são componentes essenciais para o funcionamento óptimo da tecnologia. Os *codecs* são aplicações de *hardware* ou *software* que permitem a compressão e descompressão de conteúdo multimédia. A compressão/descompressão dos dados segue alguns *standards* introduzidos pela *International Telecommunication Union* (ITU-T) e pela *International Organisation for Standardisation/International Electrotechnical Commission* (ISO/IEC) [7].

Hoje em dia, o *standard* de compressão mais usado é o H.264/AVC, e foi criado a partir dos conceitos introduzidos nos *standards* MPEG-2 e MPEG-4, mas cuja eficiência de compressão é maior. A Figura 3 mostra o processo de codificação e descodificação do

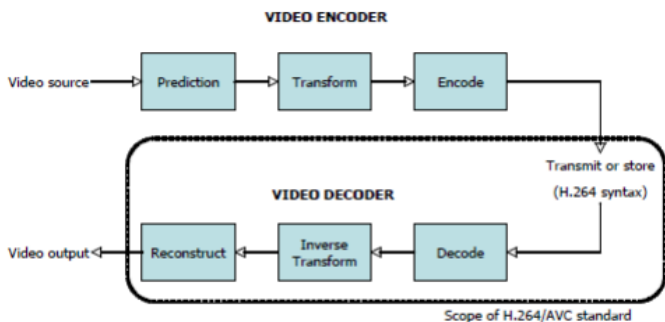


Figura 3- Processo de codificação e descodificação do H.264/AVC

*codec* H.264/AVC, que será explicado ao longo desta sub-seccção.

#### 3.3.1 Processo de codificação/descodificação

Como podemos ver na figura 3, o codificador H.264/AVC contém três fases: previsão, transformação e codificação. Inicialmente, o vídeo é dividido numa sequência de imagens, chamadas *frames*, que é dividida em que cada *frame* é dividida em macroblocos. O codificador forma uma previsão dos blocos baseado nas técnicas de codificação *intra-frame* (definida pelo JPEG), ou *inter-frame*, que permite fazer previsões entre *frames* passadas (já codificadas) e futuras com a ajuda de vectores de movimento, para obter um residual (que é a diferença entre a previsão do bloco e o bloco original). Em seguida, a cada residual é aplicada uma

transformação, usando a *Discrete Cosine Transform* (DCT). O resultado desta transformação é um conjunto de coeficientes, que correspondem a um peso, que dita a influência de cada padrão de base. Estes coeficientes são passados por funções de quantização, que reduz a precisão de alguns coeficientes, que correspondem a informação menos relevantes, de modo a reduzir a redundância espacial e temporal de um dado bloco, de modo a otimizar a codificação sem que seja perceptível ao olho humano. Esta informação da compressão é passada eficientemente para valores binários para mais tarde ser descodificada pelo descodificador do *codec* H.264/AVC.

O processo de descodificação, como podemos ver na figura 3, inicia com descodificador que recebe a informação comprimida, descodifica esta informação e extrai os componentes essenciais desta (os coeficientes DCT). Em seguida, a cada coeficiente é efectuada a quantização inversa, e em seguida a transformada inversa (IDCT), para obter os residuais, e a partir dai voltar a fazer a previsão dos macroblocos, e adiciona residuais para reconstruir a *frame* original, para ser reproduzida no *player* do cliente.

#### 3.3.2 Características do codec H.264/AVC

O *codec* H.264/AVC tem características que faz com que seja mais eficiente que outros usados previamente. Para além de codificar com melhor *bit-rate*, e de ter uma tecnologia de compressão melhor, este *codec* usa técnica de redundância espacial e temporal mais eficiente. Ou seja, é um *codec* com perdas, pois só vai codificar os bits mais importantes, de modo a ser mais eficiente. A redundância temporal é muito importante em termos de compressão de vídeo, pois em *frames* consecutivas há muitos macroblocos que não são retransmitidos, pois as similitudes entre eles são consideráveis (*I-frames*), por exemplo nas áreas que correspondem ao fundo (*background*) de uma *frame*, e nesse caso apenas os macroblocos cujas áreas da imagem são dinâmicas são mais explorados (*P-frames*). Também, este *codec* é um *standard* que usa a técnica de *motion compensation*. O *codec* separa as *I-frames* das *P-frames*, e, nestas últimas, vai prever e codificar um vector de movimento baseado nas *frames* anteriores [8]. Na fase de previsão, o descodificador vai apenas “mover” e copiar os macroblocos, já codificados nas *frames* anteriores, em função do vector de movimento, o que acaba por ser muito mais eficiente do que retransmitir e descodificar cada *pixel* de um dado macrobloco.



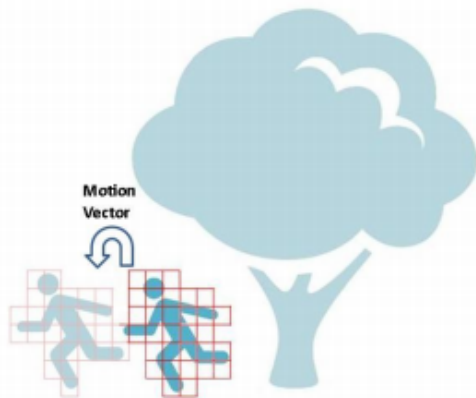


Figura 3- Ideia de vector de movimento de macroblocos [19]

### 3.3.3 – Codec H.265

Apesar do *codec* mais usado no *adaptive streaming* ser o *codec* H.264, algumas implementações da tecnologia (que serão estudadas mais à frente) são compatíveis também com o H.265, também conhecido como *High Efficiency Video Coding* (HEVC). O princípio deste *codec* é o mesmo do H.264 referido acima, mas tem uma particularidade: permite adaptar as áreas das *frames*, de macroblocos de 4x4 pixels a macroblocos 64x64 pixels, enquanto no *codec* H.264 a dimensão máxima dos macroblocos é de 16x16 pixels [9].

## 3.4 Implementações da tecnologia

Nesta sub-secção vamos comparar as várias implementações da tecnologia *adaptive streaming* sobre HTTP. As quatro principais implementações desta tecnologia são: *Microsoft Smooth Streaming* (MSS), a *Apple HTTP Live Streaming* (HLS), a *Adobe HTTP Dynamic Streaming* (HDS) e a *MPEG Dynamic Adaptive Streaming Over HTTP* (MPEG-DASH).

### 3.4.1 Microsoft Smooth Streaming (MSS)

Esta tecnologia, criada em 2008, usa a codificação MPEG-4, e onde um ficheiro de vídeo (por exemplo) é dividido virtualmente em fragmentos que são guardados num ficheiro MP4 “fragmentado” chamado fMP4, que são guardados no servidor. Este ficheiro fMP4 tem a particularidade de permitir a separação dos segmentos de áudio e de vídeo que são em seguida combinados no *player* do cliente.

Em contrapartida é uma tecnologia que necessita a instalação em separado do *plug-in Silverlight*, o que limita muito o seu uso. Adicionalmente, hoje em dia,

uma vez que a utilização de *plug-ins* do tipo *Netscape Plugin Application Programming Interface* (NPAPI) foi bloqueada pelos browsers mais utilizados (Chrome, Firefox, Safari, ...) e sendo *Silverlight* pertencente a essa categoria, isto veio ainda mais limitar a utilização de MSS.

### 3.4.2 Apple HTTP Live Streaming (HLS)

Criada em 2009, esta tecnologia (ou protocolo), tem algumas características interessantes. É uma tecnologia baseada no padrão de codificação MPEG-2 *transport stream*, ou MPEG-2 TS. Por isso, é uma tecnologia que gera para o servidor ficheiros com extensão “.ts”, o que pode ser considerada uma vantagem devido à facilidade de monitorização e de verificação do ficheiro. Também, devido a que o *manifest file* (nesta tecnologia também chamado *playlist*) usa a extensão “.m3u8”, torna este muito fácil de aceder e modificar. Por isso, o HLS é uma tecnologia simples e eficaz de *adaptive streaming*. Não obstante, o HLS não é suportado por plataformas cujo sistema operativo é *Windows*, o que também limita muito o seu uso [10].

### 3.4.3 Adobe HTTP Dynamic Streaming (HDS)

O Adobe HDS foi criado em 2010, e utiliza o mesmo formato de ficheiros que o MSS (ou seja usa a codificação MPEG-4). Esta tecnologia tem a particularidade de usar *player* específico, o *Adobe Flash Player 10.1*, que é fácil de integrar em todas as plataformas existentes hoje em dia. Porém, o Adobe Flash Player está em constante evolução o que pode criar alguma instabilidade no seu próprio ecossistema.

### 3.3.4 MPEG-Dynamic Adaptive Streaming over HTTP

Dadas as limitações e a incompatibilidade das tecnologias de *adaptive streaming* baseadas em HTTP descritas acima (apesar de todas apresentarem o mesmo princípio, apresentado na sub-secção 3.1), foi criado, em 2012, o protocolo unificado MPEG-DASH. Esta tecnologia, para além de englobar a maior parte das especificações que as descritas acima, tem algumas particularidades que a distinguem das anteriores. Primeiro, este *standard* é compatível com qualquer tipo de *codec*, como o H.264 e H.265, e por isso pode trabalhar com ficheiros fMP4 e MPEG-2 TS. Também, o MPEG-DASH é compatível com vários *players*, e diferentes sistemas operativos, e também é compatível com a Media Source Extension (MSE) do HTML5. Por último, o MPEG-DASH usa o *standard* Common Encryption (CENC), que permite ao distribuidor de

ficheiros apenas encriptar uma vez um dado ficheiro, antes de transmitir para diferentes clientes, respeitando as normas de Digital Rights Management (DRM).

Hoje em dia, a maior parte das aplicações e serviços de vídeo implementam o *standard* MPEG-DASH, como por exemplo o Youtube e o Netflix, mas também a *Hybrid Broadcast Broadband TV* (HbbTV).

#### 4. APLICAÇÕES E SERVIÇOS

O mundo está a evoluir cada vez mais tecnologicamente, e o acesso à multimédia é cada vez mais fácil e agradável para o utilizador. Como foi visto ao longo deste artigo, o *adaptive streaming* é uma tecnologia que otimiza a QoE do utilizador, e, dado o crescimento do mercado de *streaming*, muitas aplicações e serviços surgiram, usando esta tecnologia, principalmente em serviços *over-the-top* (OTT).

Hoje em dia, quando navegamos pela internet, muitos *sites* contêm conteúdos de multimédia por exemplo vídeos, em que na maior parte a tecnologia de *adaptive streaming* é utilizada.

O Youtube, criado em 2005, é um dos melhores exemplos da aplicação desta tecnologia. O Youtube é das maiores e mais antigas empresas a distribuir vídeos *on-demand*, de forma gratuita. Hoje em dia usa o *standard* MPEG-DASH para a implementação da tecnologia *adaptive streaming*.

Importante falar também noutra plataforma de distribuição de vídeos *on-demand*, que surgiu recentemente em Portugal, que também dá uso ao *adaptive streaming*: a Netflix. Hoje em dia, esta plataforma é usada mundialmente para ver filmes ou séries, que permitem ao utilizador usufruir de uma experiência com a melhor qualidade possível e sem *buffering*.

Interessante referir outra plataforma onde o *adaptive streaming* é constantemente usado: o Spotify. No caso do Spotify, os dados transmitidos são principalmente de áudio. Não obstante, e apesar do *adaptive streaming* ser mais visível e usado em plataformas de vídeo *on demand*, o Spotify também dá uso a esta tecnologia [11].

Hoje em dia, no ramo de operadoras de telecomunicações, o *adaptive streaming* também está presente. Com a criação de protocolos como o *Internet Protocol Television* (IPTV) permitiram que o *adaptive streaming* abrange-se os seus horizontes. Esta tecnologia permitiu distribuir canais televisivos e serviços OTT *on-demand* aos seus utilizadores [12], utilizando a rede Internet, e por isso utilizando *adaptive streaming*, uma vez que o IPTV permite que utilizador

disfrute da experiência televisiva em diferentes dispositivos (seja televisão, computador, telemóvel ou tablet, por exemplo).

Em Portugal recentemente surgiu uma nova operadora que lançou um serviço baseado exclusivamente na tecnologia IPTV: a Nowo, que apenas com a ligação à Internet permite que os utilizadores disfrutem de canais televisivos e serviços OTT, que são dispostos utilizando *adaptive streaming*, mesmo estando fora de casa ou mesmo de Portugal. Também este ano, em Agosto, a Eleven Sports passou a oferecer um serviço de *streaming* OTT de eventos desportivos mediante uma subscrição mensal. Outras empresas de telecomunicações, como a NOS e a MEO, também já dispõem de aplicações que dão uso à tecnologia IPTV, e por isso usam constantemente o *adaptive streaming*. No caso da NOS, a NOS TV, e no caso da MEO, a MEO GO. Estas aplicações são consideradas como extensões da televisão, de modo a poder ser usado em diversos dispositivos.

#### 5. MODELOS DE NEGÓCIO

Como em qualquer negócio, a oferta aumenta com a procura. E, num mundo onde o *streaming* de multimédia está omnipresente na Internet, é crucial o modelo de negócio das empresas que adoptam tecnologias de *adaptive streaming* seja apelativo para os seus clientes, de modo a ser lucrativo para elas mesmas. Este modelo de negócio obviamente depende muito do comportamento do cliente. O cliente, dada a vasta oferta de serviços *adaptive streaming* está cada vez mais crítico em relação à qualidade de serviço (QoS), e ao preço a pagar por esta.

Como já foi dito anteriormente, o *adaptive streaming* é usado em diversas plataformas, que adoptam diferentes modelos de negócio. Nesta secção vamos analisar alguns modelos de negócio do *adaptive streaming* e como estes são aplicados em plataformas como o Youtube, e em serviços OTT, como o Netflix.

No caso do Youtube, que é a maior e mais usada (devido também à fraca concorrência) plataforma de partilha e visualização de vídeos por utilizadores, o modelo de negócio baseia-se na publicidade de *video-on-demand*. Com efeito, o Youtube é uma plataforma cujo conteúdo é de grátis acesso, e dado o seu enorme alcance, permite ao Youtube fazer publicidade de anúncios de entidades que pretendem ganhar um maior número de clientes, e maior dimensão no mercado. Deste modo, ambas partes saem a ganhar, pois as receitas publicitárias aumentam com o número de visualizações, e são divididas entre os proprietários do vídeo e a plataforma [13][14].

É importantíssimo referir a importância do *adaptive streaming* para o lucro do Youtube. Falando em termos generalistas, quanto menos utilizadores o Youtube tem, menos lucrativo será. E, dado que o Youtube é de grátis acesso, se estiver recorrentemente a haver *buffering* nos vídeos, os utilizadores vão muitas vezes desistir de ver o vídeo em questão, e o Youtube por sua vez perde visualizações e logo dinheiro. É por estas razões que o *adaptive streaming* está implementado no Youtube, mais precisamente pelo intermédio do MPEG-DASH. É importante entender que, hoje em dia, o Youtube é maioritariamente utilizado para ver vídeos didácticos ou de lazer (pois dada a oferta de serviços OTT, o Youtube é pouco usado para ver filmes ou séries), e por isso se o vídeo não estiver na melhor qualidade ou se apresentar demasiado *buffering*, o utilizador não hesitará em abandonar a plataforma. Este tipo de modelo de negócio tem uma desvantagem: os *ad-blockers*, que bloqueiam o aparecimento de alguns anúncios numa dada plataforma.

Por outro lado, nos serviços OTT, como a Netflix, o modelo de negócio baseia-se em subscrições para *video-on-demand*. Ou seja, os aderentes à Netflix (que hoje em dia é a maior plataforma de *video-on-demand* através de subscrições) pagam uma mensalidade e têm acesso a todos os conteúdos de multimédia disponíveis, que são principalmente filmes e séries. Por isso, no caso da Netflix, as receitas vêm inteiramente dos utilizadores que pagam a subscrição ao serviço. Ao contrário do Youtube, a Netflix tem a concorrência de outros serviços OTT que disponibilizam conteúdos de multimédia, como a Amazon Prime ou a Hulu. Desta forma, o *adaptive streaming* é essencial para a Netflix melhorar a QoE dos seus aderentes. Para disponibilizar os conteúdos de multimédia a Netflix estabelece parcerias com fornecedores para obter as licenças de *streaming*. Os aderentes à Netflix podem ter a desvantagem de não conseguirem encontrar o filme ou série que desejam ver, porque nem todos os filmes ou séries podem estar disponíveis na plataforma. Não obstante, nos dias que correm, as séries mais vistas mundialmente são maioritariamente séries originais da Netflix, e cujos direitos de transmissão pertencem exclusivamente à Netflix. [15]

## 6. IMPLICAÇÕES LEGAIS E IMPACTO SOCIAL

O crescimento da indústria de serviços de *adaptive streaming* está a ter grande impacto no mundo, e está a criar novos hábitos sociais.

Para começar, o *adaptive streaming* permitiu às pessoas mudar os seus hábitos televisivos e de lazer: antigamente, ninguém poderia ver uma série quando

quisesse, pois a transmissão dependia sempre da programação do canal que a transmitia. Hoje em dia, tendo acesso a serviços de *adaptive streaming*, a dependência dos horários de transmissão dos canais reduz-se consideravelmente, pois a maior parte das séries ou filmes estão disponíveis em diversas plataformas já mencionadas ao longo do artigo. Porém, uma vez que os serviços OTT permitem que o conteúdo multimédia seja disponibilizado em vários dispositivos, e dado que *adaptive streaming* otimiza a QoE dos utilizadores, a experiência de ver televisão em conjunto ou em família perde algum peso.

Quando se fala em serviços de *adaptive streaming*, é importante referir alguns impactos legais que podem implicar, nomeadamente no caso da pirataria. É de esperar que, dado que o *adaptive streaming* é uma tecnologia usada globalmente na maior parte dos conteúdos de áudio e vídeo (maioritariamente filmes ou séries) que circulam na Internet, significa que nos sites piratas, que não têm licenças para disponibilizar esse tipo de conteúdos, a qualidade dos conteúdos é bastante boa, e a QoE acaba por o ser também. E, dado que esses sites são de livre acesso, muita gente acaba por não subscrever a serviços OTT para ter acesso a conteúdos multimédia, de modo a não ter de pagar mensalidades por esses mesmos conteúdos.

## 7. FUTURO

Como foi dito anteriormente, o utilizador tem consciência da possibilidade em aceder a qualquer vídeo, em qualquer lugar em qualquer dispositivo. Com o avanço da tecnologia exige-se uma qualidade cada vez melhor na visualização de um determinado ficheiro multimédia e um tempo de espera para a sua inicialização cada vez mais reduzido. [16]

Esta adaptação passará naturalmente por uma optimização contínua de *adaptive streaming* que terá eventualmente uma adopção genérica do MPEG-DASH.

Ocorrerá uma transição no uso de codecs melhores como o VP9, apresentada pela HEVC, que tem a intenção de reduzir a taxa de bits em 50% mantendo a mesma qualidade de imagem. Assim, haverá suporte para o YouTube transmitir conteúdo em HD até 4K diretamente para computadores, TVs e dispositivos móveis [17].

A utilização do protocolo QUIC fará com os protocolos da camada de transporte sejam melhorados. Com este protocolo os utilizadores que se conectarem ao Youtube reportam menos 30% de *buffering* ao verem um vídeo e utilizadores com menor largura de banda estão a experimentar menores tempos de *loading*. Este

protocolo já é usado por metade dos pedidos do *Chrome* aos servidores da *Google* [18].

A introdução do *multicast adaptive bitrate* terá grandes benefícios como a escalabilidade exclusiva para vários ecrãs que proporciona uma melhor QoE e com custos de rede drasticamente reduzidos. Além disso ter a entrega de HTTPS em conformidade, live 4K para qualquer dispositivo, latência baixa e nenhum atraso extra no arranque. [19].

Esta otimização será acompanhada por uma generalização na introdução de anúncios customizados. Tendo isto em conta, desenvolvimentos futuros podem vir a transmitir conteúdos em 3D por *streaming*. A ideia consiste em transmitir *frames* de vídeo diferentes para cada olho que cria diferentes perspetivas de profundidade que requer a melhor execução da tecnologia de *adaptive streaming*. Nesta sequência exigir-se-á conteúdos de realidade virtual e realidade aumentada transmitida em *streaming*. Resumidamente, a transmissão de conteúdos de *streaming* com a melhor qualidade será feita de uma forma exponencial que necessitava que optimização de *adaptive streaming* seja constante. [20]

## REFERÊNCIAS

- [1] <https://www.theguardian.com/media-network/media-network-blog/2013/mar/01/history-streaming-future-connected-tv>
- [2] <https://www.encoding.com/mpeg-dash/>
- [3] <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01249840/document>
- [4] <http://santoniadis.blogspot.com/2016/03/a-model-for-identifying-misinformation.html>
- [5] <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7976298>
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=eesqK59rhGA>
- [7] <https://www.vcodex.com/an-overview-of-h264-advanced-video-coding/>
- [8] <https://www.salientsys.com/files/whitepaper/Undertanding%20H%20264.pdf>
- [9] <https://medium.com/advanced-computer-vision/h-264-vs-h-265-a-technical-comparison-when-will-h-265-dominate-the-market-26659303171a>
- [10] <http://santoniadis.blogspot.com/>
- [11] <https://community.spotify.com/t5/iOS-iPhone-iPad/Streaming-Quality-Automatic-option/td-p/1161630>
- [12] <https://www.uscreen.tv/blog/what-is-iptv/>
- [13] <https://www.feedough.com/youtube-business-model-how-does-youtube-make-money/>
- [14] <https://www.investopedia.com/articles/personal-finance/032615/how-youtube-ad-revenue-works.asp>
- [15] <https://fourweekmba.com/how-does-netflix-make-money/>
- [16] <https://delight-vr.com/adaptive-streaming/>
- [17] <https://www.encoding.com/vp9/>
- [18] <http://www.pcmánias.com/google-quer-acelerar-a-internet-com-o-seu-protocolo-quick/>
- [19] <https://broadpeak.tv/solutions/multicast-abr/>
- [20] <https://www.youtube.com/watch?v=GsdjEvfwQa8>
- [21] <https://www.youtube.com/watch?v=z1m9NadpGAg&t=17s>
- [22] <https://www.youtube.com/watch?v=xtmXNBnwYLk>