

## PROJETO DE COMUNICAÇÃO VIA STREAMING

**ISAQUE DA SILVA FALCÃO**  
julho de 2018

# PROJETO DE COMUNICAÇÃO VIA STREAMING

Isaque da Silva Falcão  
Junho de 2018

Departamento de Engenharia Electrotécnica  
Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Área de Especialização em Telecomunicações



Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de  
Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Candidato: Isaque da Silva Falcão, Nº 1161962, 1161962@isep.ipp.pt

Orientação científica: Professor Paula Maria Marques M. G. Viana, pmv@isep.ipp.pt

Co-Orientação: Professor Cristiano Akamine, akamine@mackenzie.br



Departamento de Engenharia Electrotécnica

Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Área de Especialização em Telecomunicações

**2018**







## *Agradecimentos*

Primeiramente agradeço a Deus, pois me proveu saúde e condições de estudo.

Agradeço à minha família, que sempre me incentivou e foram meus maiores apoiadores em todas as decisões da minha vida.

Aos meus amigos Arvind, Beatriz Sandrini, Brenda Soares, David Abreu, Fernando Vinicius, George Oliveira, Henrique Dolghie, João Gropello, Marina Sandrini, Natalia Santiago, Renan Benevides, Ricardo Rabaça, Victor Lisboa, Wanessa Pereira, que me apoiaram e ajudaram na vida acadêmica.

Agradeço ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, pela oportunidade de estudar por dupla-titulação, pela disponibilidade em responder todas as dúvidas e ajudar na minha jornada acadêmica.

À Universidade Presbiteriana Mackenzie, pelo empenho de seus profissionais e de seus professores em dá todo o suporte possível para o aprendizado e crescimento pessoal e profissional.

Ao Laboratório de TV Digital por fornecer o vídeo e o ambiente para os testes, bem como o suporte dos profissionais, que ajudavam em qualquer dúvida ou problema no trabalho.

Ao Laboratório Mackenzie-ZTE por disponibilizar os recursos de rede, de hardware e software, que foram utilizados para o teste, nas pessoas do Professor Dr. José Roberto Soares e Engenheiro César Diez.





## *Resumo*

Este trabalho apresenta um estudo de streaming de vídeo, o qual pode utilizar técnicas de adaptação de qualidade implementado com protocolo HTTP. Existem diversas técnicas para codificar o vídeo para que se possa criar um streaming, entre elas existem MPEG-DASH, HLS e o MMT, que são estudadas neste trabalho. Com uma particularidade do MPEG-DASH que foi utilizado no estudo de caso. Este trabalho apresenta também uma visão do ATSC 3.0, padrão já utilizado na Coreia do Sul e que faz uso de alguns segmentos do MPEG-DASH, denominado ROUTE/DASH. O estudo de caso apresenta resultados de comutação de banda, que possibilita a visualização da mudança de imagem codificada em MPEG-DASH.

## *Palavras-Chave*

Palavras-chave: Streaming de vídeo, Codificação de vídeo, MPEG-DASH.



## *Abstract*

This paper studies video streaming, that can use techniques of adaptive streaming over HTTP. There are different video coding techniques that can be use on video streaming, among them there are MPEG-DASH, HLS and MMT, which are studied in this paper. However only MPEG-DASH is tested in this paper. This paper still presents a little about ATSC 3.0, standard already used South Korea, which also use some pieces of MPEG-DASH coding, that is named ROUTE/DASH. The test brings the results made by switching the bandwidth, which enable to see changes in image of the video coding with MPEG-DASH.

## *Keywords*

Video streaming, Video coding, MPEG-DASH.







## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1.OBJECTIVOS.....	3
1.1.1 <i>Objectivo Geral</i> .....	3
1.1.2 <i>Objectivos Especificos</i> .....	3
1.2.JUSTIFICATIVA.....	3
<b>2. TV POR ACESSO A INTERNET</b> .....	<b>5</b>
2.1.TV POR IP- IPTV.....	5
2.2ON DEMAND.....	6
2.3ADVANCED TELEVISION COMMITTEE - ATSC 3.0.....	7
<b>3. STREAMING</b> .....	<b>12</b>
3.1DYNAMIC ADAPTIVE STREAMING OVER HTTP (DASH).....	14
3.1.1 <i>Padronização</i> .....	16
3.1.2 <i>Visão Geral</i> .....	16
3.2HTTP LIVE STREAMING (HLS).....	17
3.3MPEG MEDIA TRANSPORT (MMT).....	17
<b>4. ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>19</b>
4.1OBTENÇÃO DO VÍDEO.....	19
4.2CODIFICAÇÃO DO MPEG-DASH.....	20
4.2.1 <i>Mudança de resolução</i> .....	20
4.2.2 <i>Conversão para formato .mpd</i> .....	21
4.2.3 <i>Transmissão e Decodificação do MPEG-DASH</i> .....	22
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>27</b>
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....	28





## *Índice de Figuras*

<b>Figura 1</b> Empresas do ramo streaming [3].	3
<b>Figura 2</b> Diagrama de interligação ATSC 3.0 [5]	3
<b>Figura 3</b> Diagrama de funcionamento ATSC 3.0 [12].	3
<b>Figura 4</b> Sistema de proteção contra cópias ilegais [13].	3
<b>Figura 5</b> Decodificador IPTV [16].	6
<b>Figura 6</b> Diagrama multicast [20].	13
<b>Figura 7</b> Diagrama broadcast [22].	14
<b>Figura 8</b> Diagrama funcionamento DASH [25].	15
<b>Figura 9</b> Dispositivo MackTuner-8 [34].	19
<b>Figura 10</b> Diagrama de obtenção de vídeo [34].	19
<b>Figura 11</b> Símbolo FFMPEG [35].	20
<b>Figura 12</b> Alienware 17 R2 [36].	20
<b>Figura 13</b> Imagem QQVGA e Imagem Full-HD	21
<b>Figura 14</b> Dados do novo vídeo	21
<b>Figura 15</b> Informações atuais do vídeo convertido	21
<b>Figura 16</b> Criação dos buffers	22
<b>Figura 17</b> Rótulo de instalação do Native MPEG-DASH + HLS Playback	22
<b>Figura 18</b> Diagrama de conexão do servidor entre internet e rede local	24

**Figura 19** Gráfico Largura de banda x Resolução de vídeo, taxa de bits crescente. 25

**Figura 20** Gráfico Largura de banca x Resolução de vídeo, taxa de bits intermediária. 25









## *Acrónimos*

AHS	Adaptive HTTP Streaming
ATSC	Advanced Television Committee
DASH	Dynamic Adaptive Streaming over HTTP
HAS	HTTP Adaptive Streaming
HD	Hard Disk
HDR	High Dynamic Range
HDS	HTTP Dynamic Streaming
HEVC	High Efficiency Video Coding
HLS	HTTP Live Streaming
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IBB	Integrated broadcast-broadband
IP	Internet Protocol
ISDB-T <sub>B</sub>	Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial
ISP	Internet Service Provider
MMT	MPEG Media Transport
MPD	Media Presentation Description
MPEG	Moving Picture Experts Group
QoE	Quality of Experience
ROUTE	Real-time Object delivery over Unidirectional Transport
TCP	Transmission Control Protocol
TS	Transport Stream



TxID Transmitter Identification

UDP User Datagram Protocol

UHD Ultra High Definition

WWW World Wide Web





# 1. INTRODUÇÃO

Com o advento da internet e o aumento de sua capacidade de comunicação global, surgiram novos métodos para fazer comunicações de ponto a ponto, ou ponto multiponto. As capacidades atuais das redes de comunicação permitem aceder a informação de forma simples e rápida, permitindo assistir a programas inteiros de reportagens, ou a filmes recentes, tudo a partir do dispositivo móvel ou computador pessoal.

Em meio ao advento de novas maneiras de transmissão de conteúdo áudio/visual a emissão de sinal televisivo aberto continua altamente relevante como meio de comunicação em massa, comum e de fácil acesso a população. Por conta da sua infraestrutura está mais consolidada e acessível, pensando no território brasileiro [1].

Com o advento dos smart phones, o consumo de vídeo por streaming, ou seja a capacidade de assistir vídeo sem a necessidade de fazer descarga de dados (download) aumentou nas

redes de telefones móveis. Dados estatísticos do YouTube sugerem que pelo menos um terço dos usuários de internet usem o YouTube e que pelo menos a metade deles sejam via internet móvel em smart phones. Os vídeos disponibilizados no YouTube são exemplos de streaming de vídeo, pois seus conteúdos de áudio/visual são transmitidos e disponíveis via internet para usuário [2].

Para estreitar ainda mais a relação do usuário com as emissoras de televisão aberta foi criado um novo modelo de transmissão de conteúdo de entretenimento televisivo, agora por meio da internet, fornecendo o mesmo conteúdo a qualquer momento e podendo ser assistido inúmeras vezes. Assim as emissoras de televisão aberta vêm disponibilizando mais e mais seus conteúdos passados, gravados em arquivos físicos e passando para arquivos digitais em nuvem (plataforma de arquivamento em servidores espalhados pelo mundo, podendo acessar remotamente com a acesso a internet), onde o público em geral pode ter acesso e assistir a esse conteúdo por streaming.

Além do conteúdo produzido pelas emissoras de televisão aberta, surgiram também novos mercados, como por exemplo o de disponibilização de filmes, séries e música via streaming, para entretenimento pessoal, possibilitando que várias pessoas do mundo tenham acesso a conteúdo de qualidade de maneira fácil e simples.

Exemplos de empresas que fazem streaming de vídeo são Netflix, Hulu, Amazon Prime, Vudu, Showtime, Playstation Vue, DirecTV Now, YouTube TV, Globo Play, SKY Online, NOW, VIVO Play, entre outras figura 1. Essas empresas possuem conteúdo variado, todos disponíveis online, em diferentes qualidades e em diversas línguas, em alguns casos até sendo possível fazer o download de conteúdo para ser aberto na aplicação da empresa.



**Figura 1** Empresas do ramo streaming [3].

## 1.1. OBJECTIVOS

O objectivo base desta tese é o de estudar as tecnologias de streaming de vídeo e realizar testes no MPEG-DASH utilizando software livre.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Estudo das tecnologias de streaming existentes, tais como MPEG-DASH, HLS (HTTP Live Streaming) e MMT (MPEG Media Transport);
- b) Codificação do MPEG-DASH;
- c) Distribuição do MPEG-DASH;
- d) Recepção do MPEG-DASH;
- e) Obter resultado prático com teste em rede local da pesquisa e implementação.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

A utilização de vídeo e áudio via streaming tem aumentado muito com o passar dos anos, no ano de 2017 cerca de 74,73 % de todo o consumo de internet mundial foi somente

destinado a vídeos na internet. A previsão é que até 2021 esse consumo aumente para 81,43 %, que apresenta um crescimento significativo para o uso de streaming de vídeo [4]. Empresas como Netflix ou Spotify irão contribuir fortemente para aumentar o mercado. Como foi reportado pelo Jornal O Globo, “A netflix surpreende mercado e ganha 19 milhões de assinantes em 2016” [5], o que mostra um crescimento expressivo de assinante de serviços de streaming de vídeo.

A Netflix tem perdido um pouco na sua margem de lucro para investir em programação original, com séries como “Black Mirror” entre outras. Mesmo assim em 2016 a empresa chegou a um faturamento de 2,4 bilhões de dólares no quarto trimestre e ficou com um lucro líquido de 67 milhões de dólares, mais do que previsto pela própria empresa [5]. Toda essa movimentação monetária somente por conta de streaming de vídeo, que gera mais desenvolvimento na área e um aumento de recursos e de mais empresas entrando no mercado.

## 2. TV POR ACESSO A INTERNET

### 2.1. TV POR IP - IPTV

A recepção de conteúdo televisivo através de IP é designada por IPTV. O sinal de vídeo é comprimido, multiplexado e encapsulado em TCP/IP e transmitido na forma de bits até o receptor, que por sua vez irá transformá-lo na imagem televisiva.

Na prática, o vídeo e o áudio permanecem como se fossem de uma televisão comum, sem necessidade de autenticação no sistema, pois o receptor já faz o controle do sistema e a entrada no serviço.

Como está vinculada a um endereço IP o nível de segurança contra pirataria é superior aos sistemas de radiodifusão e é possível monitorar o conteúdo distribuído para cada



assinante, com a opção de escolha de programa, diferente da programação linear, a qual o usuário assiste o que está sendo exibido no determinado momento.

Um exemplo de decodificador do IPTV está colocado na figura 2, basicamente possui uma entrada ethernet, para obtenção dos dados por IP, uma porta HDMI para ligação com o televisor do usuário ou uma porta AV que pode fazer a mesma função.



**Figura 2** Decodificador IPTV [6].

## 2.2 ON DEMAND

O conceito de entrega de conteúdo das emissoras de televisão por meios diversos, e com capacidade de escolha de programação sem horário estipulado, é denominado televisão não linear, que está crescendo entre as operadoras de TV por assinatura e aberta.

Algumas operadoras de TV por assinatura já estão se adaptando ao conceito de televisão não linear, e já possuem métodos de distribuição de conteúdo via streaming. Além de criar seus próprios modelos de streaming on demand, alguns exemplos clássicos são o Net Now, Vivo Play, Oi Play, Total Play e Sky Online.

Isso mostra que o conteúdo da TV já está migrando para um modelo mais moderno e prático. Ainda como outra medida para continuar com o crescimento, alguns radiodifusores nos Estados Unidos como a MSNBC, E!, Telemundo e NBC, estão criando estratégias de mercado de diminuição do número de propagandas, para ser mais atrativo a programação ao consumidor [7].

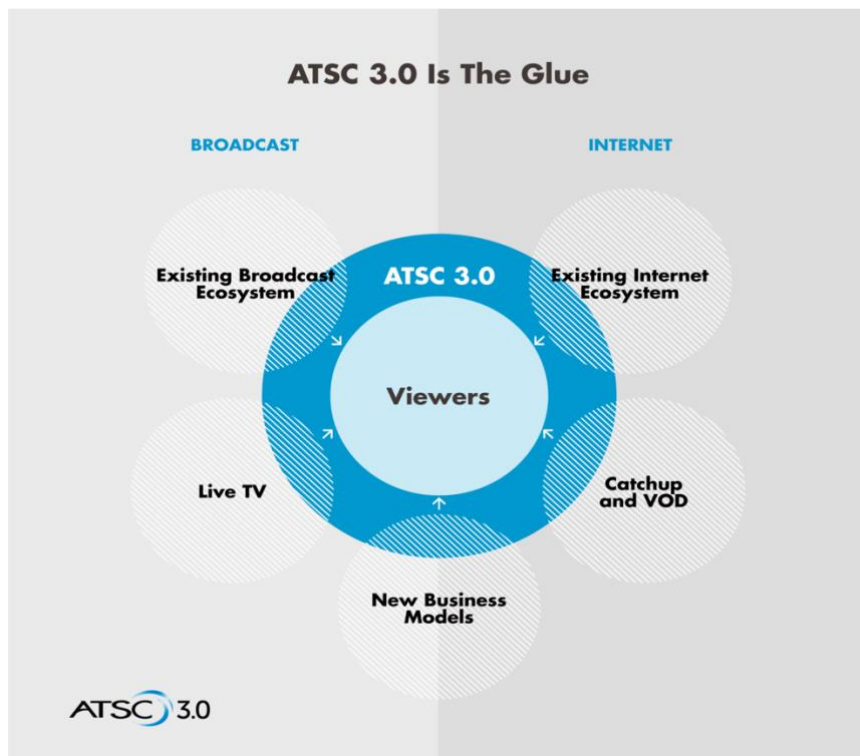
## 2.3 ADVANCED TELEVISION COMMITTEE - ATSC 3.0

Visando esta nova tendência de transmissão de vídeo sobre Internet Protocol (IP)/streaming as emissoras de televisão aberta começam a contemplar a integração do streaming. Este é o caso do Advanced Television Committee (ATSC) na versão 3.0, chamado de ATSC 3.0, que possibilita que a emissora de televisão aberta se interligue com a internet [8].

Outro segmento de inovação do ATSC 3.0 está na capacidade de transmitir em 4K Ultra HDTV ou Ultra High Definition (UHD), além do sistema High Dynamic Range (HDR) ou Amplo Range Dinâmico em português. Aumentando assim a qualidade das imagens para o usuário como as de áudio também, fornecendo maior qualidade e variedade de configurações de áudio [9].

A proposta de uma nova camada física para o novo padrão de radiodifusão de televisão terrestre, o ATSC 3.0, foi publicada em março de 2013 e seu processo de padronização começou em outubro de 2013 [10]. Na Coreia do Sul desde maio de 2017 radiodifusores de televisão terrestre já transmitem em 4K UHD no ATSC 3.0 [11].

A figura 3 mostra o diagrama de interligação de sistemas fornecido no ATSC 3.0, como o sistema de Broadcast utilizado na radiodifusão juntamente com o sistema de internet.



**Figura 3** Diagrama de interligação ATSC 3.0 [9]

Os receptores do ATSC 3.0 estão com modos de conexão à internet, utilizando o protocolo IP para transporte de conteúdo. Sendo assim as emissoras de televisão aberta através do Integrated broadcast-broadband (IBB) estão se conectando via internet para transmitir o conteúdo completo, ou complementar pela radiodifusão terrestre [12].

A interatividade também será aumentada: com o ATSC 3.0 o usuário terá acesso a mais informações, sendo essas sobre programações que talvez se encaixem melhor ao seu perfil, ou informações gerais de quais são os programas mais assistidos em determinada região, quais as programações mais indicadas para crianças, isso não somente pela televisão, mas pelos dispositivos móveis de maneira geral [9].

Este segmento de interação com o usuário é de tal importância, que foi integrado ao ATSC 3.0 um sistema de alerta de emergência, no qual a informação de emergência irá aparecer no dispositivo de maneira automática. Isso pode ser feito através de um sinal chamado de transmitter identification (TxID), que pode ser usado também para determinar localização geográfica [13].

Com a integração da radiodifusão de televisão terrestre com o protocolo IP a segurança é maior para a prestadora de serviço, no caso a emissora de televisão, de que o conteúdo não está sendo difundido de maneira ilegal, pois esta poderá fazer um controle maior de caminho do conteúdo e poderá criar bloqueios em determinadas aplicações via programação com mais facilidade [14].

E no ATSC 3.0 existe a interligação com a tecnologia de streaming de vídeo, denominada de MPEG (Moving Picture Experts Group) - DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP), HTTP (Hypertext Transfer Protocol). Contudo como o ATSC 3.0 é um padrão de transmissão televisiva, o MPEG-DASH foi utilizado em conjunto com um ROUTE (Real-time Object delivery over Unidirectional Transport) para ser compatível com a radiodifusão terrestre. Essa junção foi denominada de ROUTE/DASH [15].

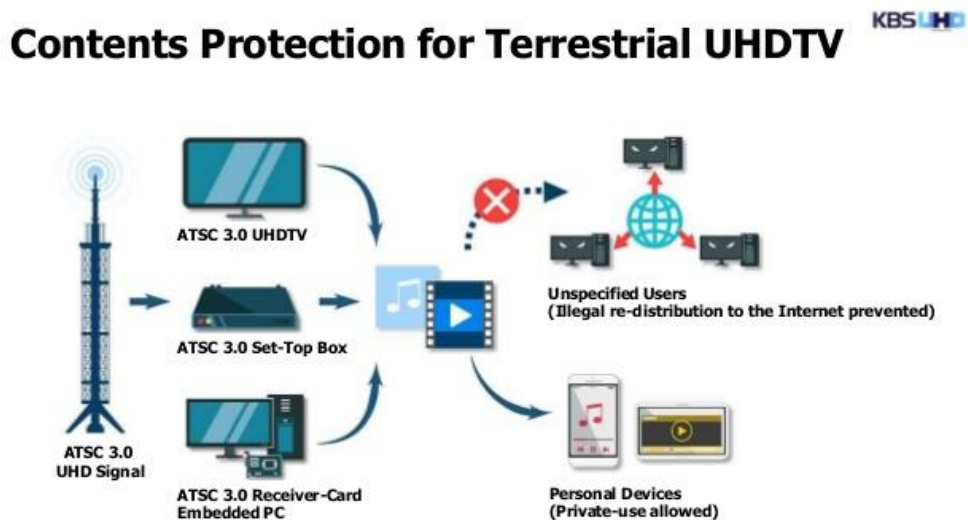
O funcionamento do ROUTE/DASH basicamente é a transmissão de um arquivo para download para todos os receptores via radiodifusão terrestre, enquanto via rede é usado o DASH com protocolos HTTP/TCP (Transmission Control Protocol)/IP. O DASH pode ser o complemento de dados da radiodifusão terrestre ou de meta dados como diferentes línguas, legendas entre outros [15].

O diagrama na figura 4, demonstra como esse sistema de internet e radiodifusão funciona, com uma fonte vídeo em qualidade 4K UHD TV passa por um codificador de áudio e vídeo, por sua vez é dividido a camada base com resolução de 1920x1080, que será transmitida por uma antena na operadora, enquanto que a camada de elevação de qualidade do ATSC 3.0 seguirá por IP, que também chega ao consumidor final e faz a verificação de tempo para sincronizar as informações vindas por ondas eletromagnéticas e pela internet.



**Figura 4** Diagrama de funcionamento ATSC 3.0 [16].

Com o uso da internet no sistema ATSC 3.0 também é possível colocar um sistema de proteção contra utilização ilegal ou até cópias ilegítimas da programação da emissora, pois o sistema faz uma verificação de como esse conteúdo está sendo utilizado e se está sendo copiado ou não, uma exemplificação do sistema está mostrada na figura 5.



**Figura 5** Sistema de proteção contra cópias ilegais [17].



# 3. STREAMING

Streaming é uma forma de transmissão de dados em fluxo contínuo, em que é mantida a comunicação com o servidor enquanto o arquivo está sendo lido, com um carregamento de buffer para que não ocorram travamentos. É uma alternativa ao método de descarga de dados (download), que obtém todo o conteúdo necessário do servidor e o armazena no dispositivo local, permitindo que esse conteúdo possa ser aberto a qualquer momento sem necessidade de conexão com outros meios [18].

A transmissão de dados em streaming é muito utilizada na distribuição de diversos conteúdos multimídia pela internet, pois não ocupará espaço no disco rígido ou hard disk (HD) ou na memória interna do dispositivo que está a usar, a não ser por um arquivamento temporário na cache do dispositivo.

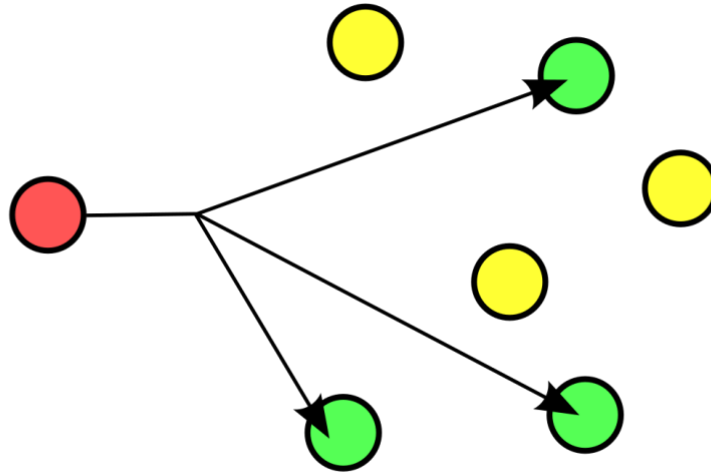
O streaming é recebido e os dados são reproduzidos à medida que chega ao usuário, dependendo da largura de banda que o usuário possui, para que se reproduza um conteúdo com qualidade e sem interrupções, caso isso não ocorra haverá interrupções na reprodução quando o buffer estiver vazio.

A transmissão via streaming permite que usuários acessem conteúdos protegidos por direitos autorais, na internet, sem que violem os direitos autorais, o oposto do que acontece no caso do download do conteúdo, que é armazenado na memória do dispositivo, que pode ser difundido na internet de maneira ilegal. Esse conteúdo streaming pode ser transmitido por multiplataformas, em duas formas Multicast IP ou em Broadband.

Multicast IP permite a entrega da informação para vários usuários simultaneamente, cada vez que o streaming é aberto por usuário é iniciado a passagem de dados, com diversos servidores de controle, gerenciamento e de armazenamento da mídia [19]. Uma das coisas mais importantes é o controle do vídeo, sendo possível pausar, voltar e avançar o vídeo.

O multicast pode ser exemplificado no diagrama na figura 6, em que o círculo vermelho pode representar um servidor, os círculos verdes representam os usuários recebendo as

informações naquele momento e os círculos amarelos representam os usuários que não tem acesso ou não requisitaram as informações.



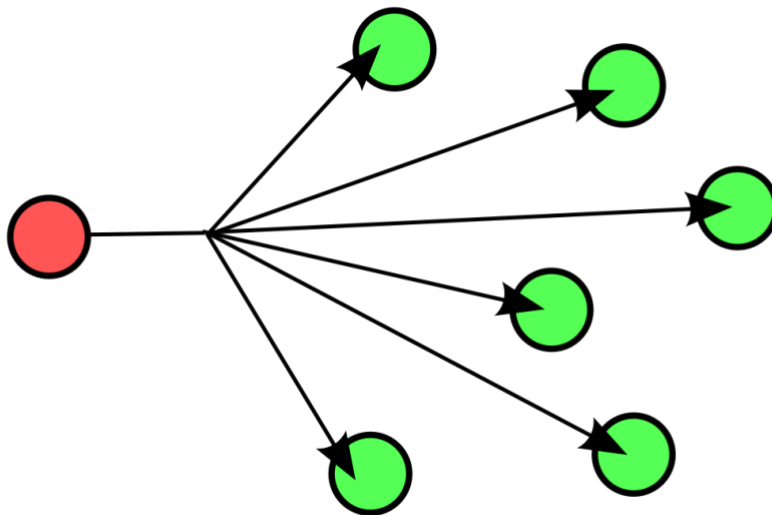
**Figura 6** Diagrama multicast [20].

Broadcast é o método que transfere uma mensagem para todos os receptores simultaneamente, diferente do multicast que transfere de acordo com a solicitação, o broadband transfere para todos os usuários existentes no determinado momento.

O broadcast no streaming de vídeo é utilizado para passagem de conteúdo momentâneo, ou seja, como um sistema de televisão linear, por um provedor, que pode ser uma emissora de televisão como uma pessoa física com disponibilidade de IP e sistemas para fazer essa aplicação. No caso estudado é utilizado um sistema de redes onde um IP está transmitindo para todos que acessarem seu endereçamento [21].

A figura 7 mostra um diagrama de funcionamento do broadcast, em que os círculos verdes são os receptores, que são todos que estão acessando aquela rede e o vermelho como por exemplo um servidor, mas também poderia ser uma antena transmitindo sinal eletromagnético e os círculos verdes são todos os usuários daquela rede, que recebem as mesmas informações.





**Figura 7** Diagrama broadcast [22].

Além do uso de streaming para vídeos, também é possível o uso para várias aplicações, como utilização de armazenamento em nuvem (Cloud) com possibilidade de alteração de conteúdo online, sem necessidade de download do arquivo. O que é possível no Google drive, onde arquivos com extensões padrões como .doc podem ser abertos e editados sem necessidade de abertura da aplicação própria, como o Microsoft Word.

### 3.1 DYNAMIC ADAPTIVE STREAMING OVER HTTP (DASH)

É uma técnica de streaming que permite transferência de conteúdo de mídia em alta qualidade pela internet, utilizando-se do HTTP convencional dos servidores de internet. O princípio de funcionamento do MPEG-DASH é o de partir o conteúdo em uma sequência de pequenos arquivos ou segmento em HTTP, cada segmento contém um pequeno intervalo de reprodução de conteúdo, que ao se juntar com todos os outros segmentos pode chegar a várias horas de duração, como um filme ou uma transmissão ao vivo [23].

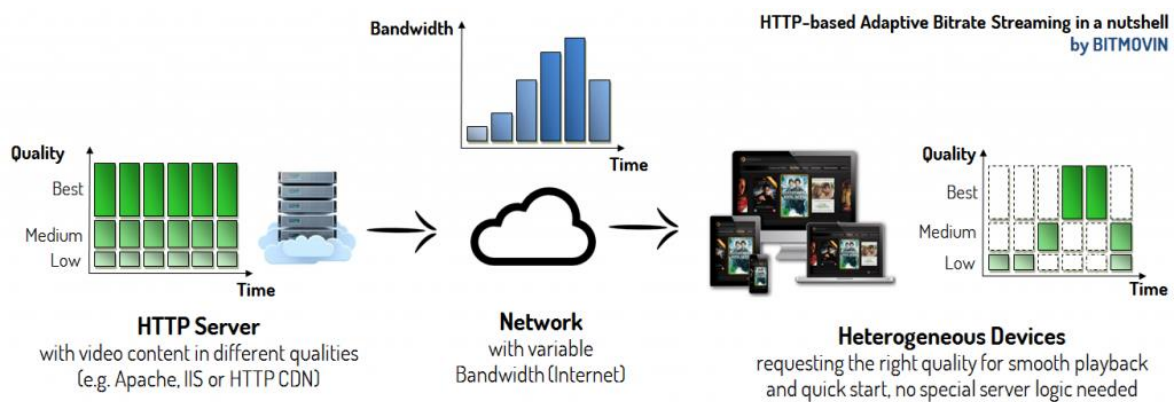
O conteúdo é codificado em várias resoluções, os segmentos com resoluções diferentes se encaixam em sequência de tempo na linha de stream ou fluxo de vídeo, o segmento que será utilizado em cada momento irá alternar, dependendo da capacidade de banda do

usuário. Cada segmento de vídeo possui uma taxa de transferência em bits, a qual é utilizada no computador do usuário juntamente com a capacidade de banda, para que a aplicação no computador do usuário solicite ao servidor o próximo segmento com determinada resolução [23].

O MPEG-DASH é o primeiro a possuir uma taxa de bits adaptativa em HTTP, baseado na solução streaming que é um padrão internacional, não podendo ser confundido por um protocolo de transporte, o protocolo de transporte que o MPEG-DASH pode utilizar, por exemplo o User Datagram Protocol (UDP) ou Transmission Control Protocol (TCP), este principalmente em aplicações para dispositivos móveis [24].

Utilizando-se da infraestrutura do servidor web HTTP, o qual essencialmente trabalha com todo o conteúdo da World Wide Web (WWW). O que permite que dispositivos diversos conectados à internet como televisões, computadores, smart phones, tablets e outros, consigam ter acesso a o conteúdo multimídia (vídeo, TV, rádio, entre outros) entregues via a internet, em diferentes qualidades [24].

Na figura 8 é possível ver a passagem das informações de vídeo, desde o servidor HTTP até a passagem pela internet com variação de taxa de bits, o que acarreta a mudança de qualidade de vídeo, ou seja, alteração de resolução pela taxa de bits e por fim um gráfico demonstrativo da mudança de qualidade do vídeo ao longo do tempo, inicialmente com qualidade baixa, passando para qualidade média até a melhor qualidade e depois voltando ao estado original.



**Figura 8** Diagrama funcionamento DASH [25].

### 3.1.1 Padronização

O MPEG-DASH foi desenvolvido a partir do padrão MPEG. O trabalho na área de streaming, como DASH começou em 2010, e se tornou um plano de padrão internacional

em janeiro de 2011, e efetivamente um padrão internacional em novembro de 2011. O padrão MPEG-DASH foi publicado como ISO/IEC 23009-1:2012 em abril de 2012.

Além do MPEG-DASH existem outros sistemas para transmissão de streaming adaptativo, como por exemplo o Adobe HTTP Dynamic Streaming (HDS), HTTP Live Streaming (HLS) e o Microsoft Smooth Streaming.

O MPEG-DASH foi baseado no Adaptive HTTP Streaming (AHS) em 3GPP e no HTTP Adaptive Streaming (HAS) no Open IPTV. Como parte de colaboração com MPEG, 3GPP versão 10 adotou o MPEG-DASH para suas redes sem fio [26].

O DASH Industry Forum (DASH-IF) promoveu e acelerou a adoção do MPEG-DASH e ajudou na transição dele para uma especificação de negócio real. Este padrão está presente na maioria das empresas que utilizam streaming, incluindo Microsoft, Netflix, Google, Ericsson, Samsung, Adobe, entre outras. Foram criados muitos guias de uso do DASH para diferentes casos na prática, através do fórum. O MPEG-DASH ainda está integrado a outros padrões, por exemplo no HbbTV a partir da versão 1.5 [27].

### 3.1.2 Visão Geral

DASH possui a tecnologia de fluxo de taxas de bits adaptável, onde o arquivo de multimídia é particionado em um ou mais segmentos e entregue ao cliente via HTTP. A descrição da apresentação da mídia ou Media Presentation Description (MPD), descreve as informações do segmento (tempo, URL, características de mídia como resolução de vídeo e taxa de bits). O MPD é escrito em código xml, e nele podem ser feitas modificações para retirar ou colocar resoluções, como também legendas e outros dados desejáveis [28].

O MPD pode ser organizado de diferentes modos, como lista de segmentos (SegmentList), Template do segmento (SegmentTemplate), base do segmento (SegmentBase), linha de tempo do segmento (SegmentTimeline), dependendo de cada uso [28].

Segmentos podem conter qualquer tipo de arquivo de mídia, entretanto a especificação prover os formatos e o guia da especificação para o uso dos dois tipos de conteúdo: Internet Service Provider (ISP) base media file format (exemplo MP4) ou MPEG-2 Transport Stream.

O MPEG-DASH possui resoluções com diferentes taxas de bits para cada resolução, a seleção por sua vez é feita baseada nas condições de rede, capacidades do dispositivo e preferências do usuário, escolhendo assim a melhor taxa de transmissão de bits para uma melhor qualidade de experiência ou Quality of Experience (QoE) [29].

## 3.2 HTTP LIVE STREAMING (HLS)

O HLS é uma implementação de protocolo de comunicação de mídia via streaming baseada em HTTP de utilização da Apple, como parte de seus programas QuickTime, Safari, OS X e iOS [30].

A utilização do HLS tem aumentado graças ao seu novo complexo de subsistemas, o qual oferece a opção de atualização do sistema, assim podendo evoluir seus padrões internos, como codificação de imagem e vídeo [31]. Uma importante característica considerando os avanços tecnológicos que são feitos, para que o sistema não fique obsoleto com tanta facilidade.

Além de possuir decodificadores de vídeo padrão H.264 como também do seu sucesso o High Efficiency Video Coding (HEVC) [31].

## 3.3 MPEG MEDIA TRANSPORT (MMT)

MMT é uma norma especificada como ISO/IEC 23008-1, que contém um padrão de desenvolvimento digital pela MPEG e que suporta vídeo HEVC. O MMT foi desenvolvido com intuito de transferência de dados usando o protocolo IP de rede [32].

Basicamente o MMT trabalha com a convergência de transporte por IP e HTML5, o que gera uma facilidade em desenvolvimento, já que a maior parte do uso de rede é utilizando protocolo IP [33].

Trabalha também com comunicação multiplexada, ou seja, faz a transmissão de vários componentes streaming de diferentes fontes, aumentando a confiabilidade como também o controle de qualidade de vídeo pode ser alterado de um pacote para outro caso necessário [33].

O MMT pode ser suportado por vários dispositivos dado os parâmetros de funcionamento dele, serem normas já utilizadas em dispositivos atuais. Além da conversão simples entre o sistema de arquivamento para o formato de streaming em si.

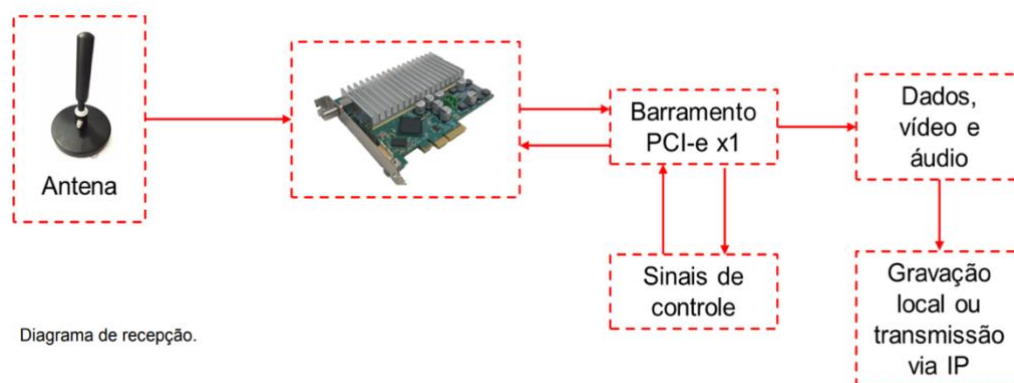
# 4. ESTUDO DE CASO

## 4.1 OBTENÇÃO DO VÍDEO

O vídeo no formato *Transport Stream* (TS) utilizado para teste foi obtido no Laboratório de TV Digital da Escola de Engenharia Mackenzie, através de um *hardware* desenvolvido pelo laboratório chamado de MackTuner-8 [34]. O dispositivo realiza a captura simultânea de até 8 canais (Octo) de TV digital aberta do sistema *Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial* (ISDB-T<sub>B</sub>), sendo utilizado para análise qualitativa do sinal de RF, gravação ou transmissão via IP dos sinais de vídeo e áudio capturados.



**Figura 9** Dispositivo MackTuner-8 [34].



**Figura 10** Diagrama de obtenção de vídeo [34].

## 4.2 CODIFICAÇÃO DO MPEG-DASH

Foi utilizado um computador com sistema operacional WINDOWS 10 Education para a codificação do vídeo, com o programa FFMPEG colocado na raiz de controle do terminal do sistema operacional do computador [35].

O computador para codificar o vídeo foi um Alienware 17 R2, com um processador Inter® Core™ i7-6700HQ CPU @ 2.60GHz 2.59 GHz. Foi utilizado o programa FFMPEG para criar as diversas resoluções de vídeo, assim podendo depois uni-las para transmissão do MPEG-DASH.

### 4.2.1 Mudança de resolução

Através do prompt de comando do Windows é possível aceder as funções do FFMPEG, podendo assim utilizar os comandos para criar arquivos de resoluções diferentes, como por exemplo o comando `“ffmpeg -i tuner0.ts tuner0.mkv”`, linha de comando utilizada para mudar o formato do arquivo, de uma extensão TS para uma .mkv.

No comando `“ffmpeg -i tuner0.ts -vf scale=160:120 tuner160x120.ts”`, a linha de comando utilizada para modificação de resolução do vídeo é apresentada. O `“ffmpeg”` utilizado no começo determina que aplicação FFMPEG deverá interpretar a linha de comando seguinte, o `“-i”` é utilizado quando é feita uma conversão ou modificação qualquer no vídeo que exija uma saída. O `tuner0.ts` é o TS original obtido pelo Laboratório de TV Digital, o comando `“-vf”` é utilizado para adicionar filtros no caso o filtro é escala que vem subsequente `“scale=160:120”`, o qual modifica o vídeo para a resolução de 160x120 e por último o nome do arquivo que se chamará o vídeo modificado `“tuner160x120.ts”`.

Na figura 11, temos do lado esquerdo uma imagem com resolução QQVGA e do lado direito uma imagem com resolução Full-HD, o que mostra a diferença visível de mudança de resolução.



**Figura 11** Imagem QQVGA e Imagem Full-HD

Várias informações são trazidas à tela pelo FFMPEG como

```
"Metada: encoder - Lavf58.10.100; encoder : Lavc58.14.100
mpeg2video; Stream #0:1: Audio: mp2, 4800 Hz, stereo, s16, 384 kb/s;
frame = 12287; fps = 179; size 34048 kB"
```

entre outras informações. Onde é possível ter a identificação de fatores do novo vídeo a ser criado em novo formato, fatores como resolução, taxa de transmissão, taxa de quadros entre outras.

Ao final de todas as informações fornecidas pelo FFMPEG é informado onde está sendo feita a codificação do vídeo, em que quadro, com quantos quadros por segundo, o tamanho do arquivo atual e o tempo de vídeo gravado até o momento, a taxa de bits e a velocidade por final. Como

```
"size = 629504 kB; time = 00:55:11.90; bitrate=1557.1kbits/s
speed=5.03x".
```

#### 4.2.2 Conversão para formato .mpd

Utilizando a ferramenta FFMPEG foi possível fazer a conversão do TS para o manifesto formato .mpd, o qual possui índice de comandos de entrada de diversos buffers de vídeo ao longo de uma streaming. Além de ser criado o índice, também são gerados os arquivos de inicialização do streaming, tanto para a parte de vídeo como para a parte de áudio.

Esses arquivos de inicialização estão em formato de extensão .m4s, como também os arquivos subsequentes equivalentes aos buffers de vídeo e áudio. Com isso são criados



cerca de 470 arquivos com áudio e também 470 arquivos de vídeo, pela equivalência de vídeo com áudio.

O comando “`ffmpeg -i tuner160x120.ts tuner160x120.mpd`” foi utilizado no prompt de comando da ferramenta FFMPEG para converter o TS para .mpd. A resolução utilizada neste caso foi a de 160x120, que é denominada de QQVGA.

Foi preciso fazer a conversão de todas as resoluções em pastas distintas, pois como o FFMPEG não consegue gerar os arquivos de buffers de vídeo e áudio com outro nome automaticamente, perdendo assim o conteúdo anterior em cada conversão feita na mesma pasta.

O comando “`ffmpeg -i tuner160x120.ts tuner160x120.mpd`” gera o índice de controle, os arquivos de inicialização tanto de áudio como de vídeo e também todos os buffers que serão utilizados para transmissão, como pode ser visto na figura 12.

Na sequência foram criados os buffers, os arquivos de inicialização e o índice de controle escrito em xml com extensão .mpd.

Percebe-se também que os arquivos são utilizados em pares, os chunk-stream0 e os chunk-stream1, pois cada um equivale a um fator ou vídeo ou áudio e devem ser acionados no mesmo instante, caso contrário existirá uma defasagem entre áudio e vídeo.

```
[dash @ 000002c43a537f80] Opening 'chunk-stream0-00013.m4s.tmp' for writing
[dash @ 000002c43a537f80] Opening 'chunk-stream1-00013.m4s.tmp' for writing
[dash @ 000002c43a537f80] Opening 'tuner160x120.mpd.tmp' for writing
```

**Figura 12** Criação dos buffers

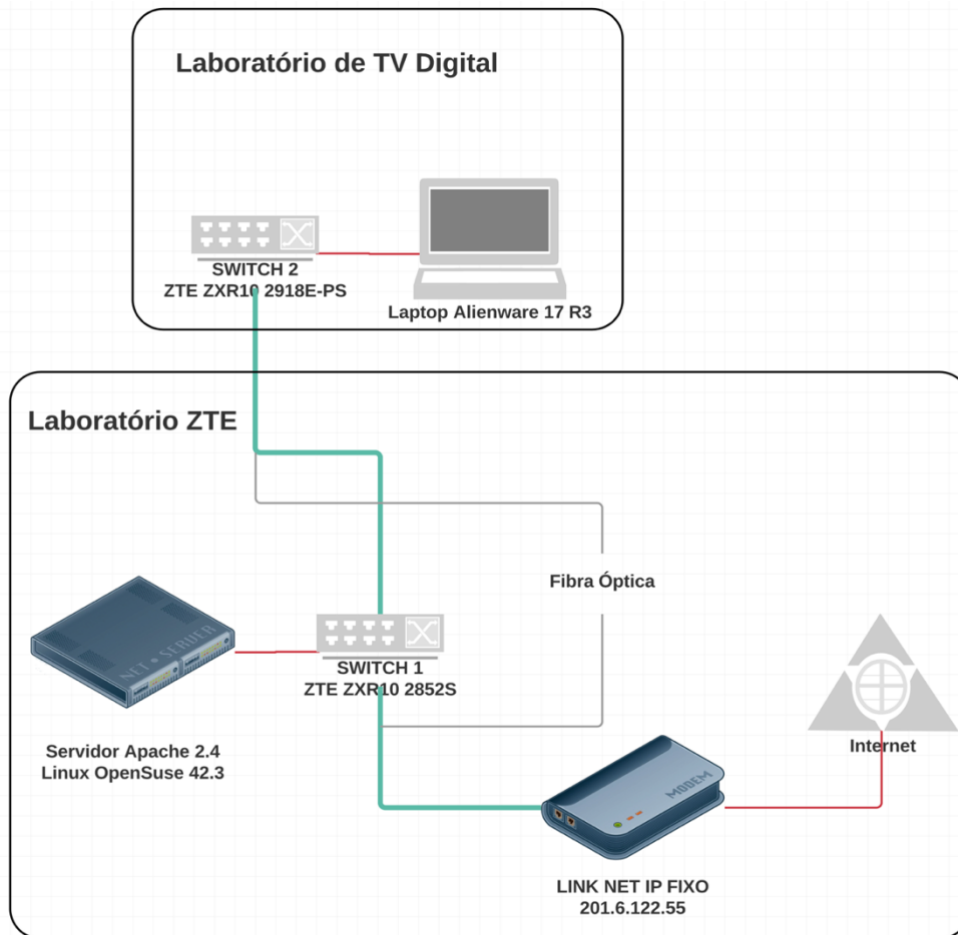
#### 4.2.3 Transmissão e Decodificação do MPEG-DASH

Para a reprodução do conteúdo em MPEG-DASH, foi instalado uma extensão no Google Chrome, denominada Native MPEG-DASH + HLS Playback [37]. Com essa extensão é possível abrir o manifesto de vídeo, que faz o controle do conteúdo requisitado (tuner160x120.mpd), o qual possui todas as informações de resolução criados que irão se adaptar dependendo da banda de recepção que o usuário recebe.

O diagrama representado na figura 13 mostra como o sistema foi montado para a transmissão. No Laboratório da ZTE, o servidor da marca Dell com processador Intel® Xeon® Quad Core E3-1220, com 8 GB de memória Ram e HD de 1TB com duas portas ethernet, sistema operacional LinuxSuse 42.3 e com Apache 2.4 foi utilizado para armazenar e distribuir o conteúdo em MPEG-DASH. O servidor foi conectado até o Switch1 ZTE modelo ZTE ZXR10 2852S (2800, 2015) com cabo Gigabit Ethernet CAT 6.

Uma das portas do Switch1 foi conectada através de uma fibra óptica ao modem Cisco DPC3925 [38] da NET com IP fixo e com cabo GigaBit Ethernet CAT 6 no sistema da operadora NET.

Em outra porta do Switch1 foi ligada outra fibra óptica que interliga os Laboratório de TV Digital com o Laboratório Mackenzie-ZTE através do Switch2 ZTE ZXR10 2918E-PS [39]. O Switch2 por sua vez ligado com cabo GigaBit Ethernet CAT 6 a placa de rede ethernet do notebook Alienware 17 R2.



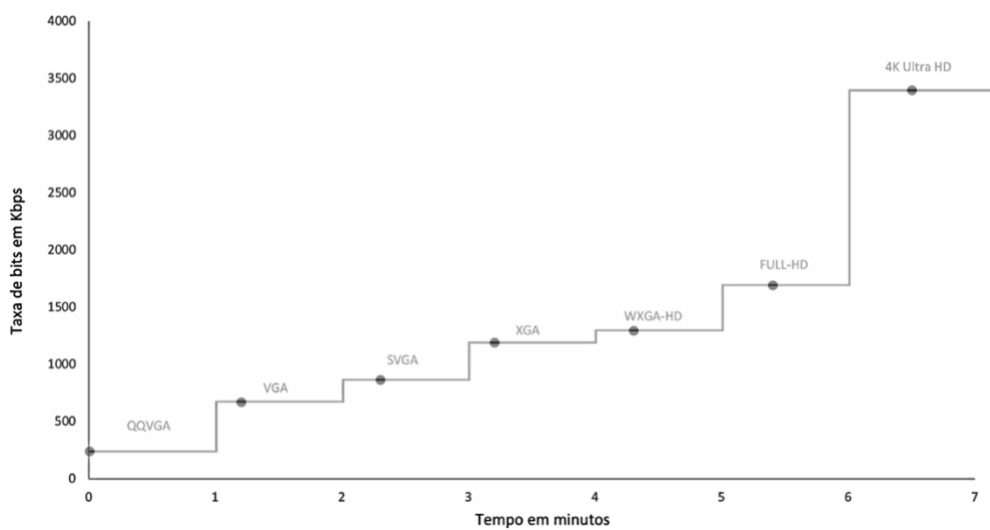
**Figura 13** Diagrama de conexão do servidor entre internet e rede local

Com o NetLimiter 4 Pro é possível limitar a banda recebida no notebook que possui a extensão do MPEG-DASH do Chrome. Dessa forma é possível visualizar a adaptação da resolução do sinal de vídeo com a taxa de bits [40].

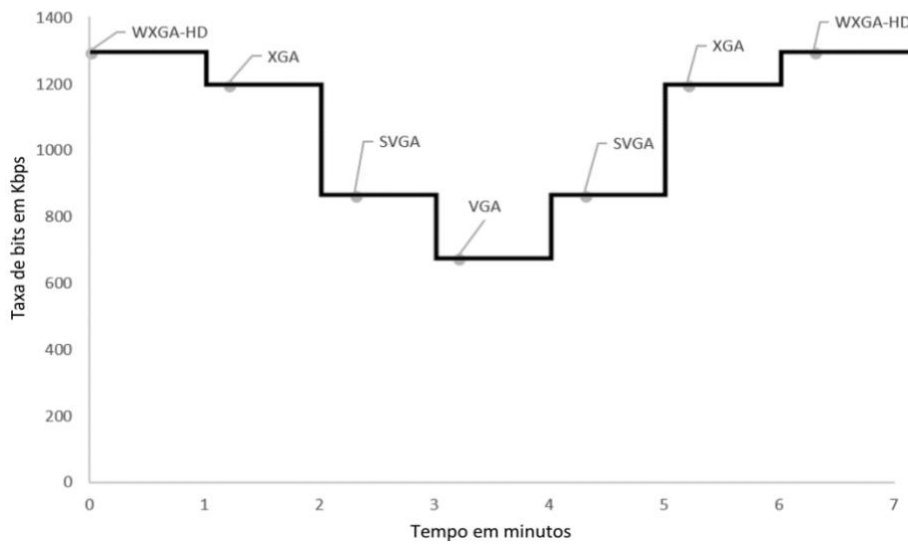
O NetLimiter 4 Pro permite escolher o navegador que se quer limitar, como por exemplo Google Chrome. Também é possível colocar filtros para determinadas redes no caso do teste a rede local ethernet, a qual foi escolhida por ter o caminho mapeado até o servidor.

Limitando a taxa de bits na recepção foi possível analisar a transição da resolução, do vídeo. O procedimento de teste consiste na variação da banda a cada minuto e medida do tempo necessário para a comutação da resolução. Através dos resultados obtidos, foi gerado um gráfico que mostra a relação entre a largura de banda utilizada e tempo necessário para mudança da resolução como mostrado na figura 14 com taxa de bits crescentes e na figura 15 com taxa de bits intermediárias.

No eixo das abscissas está o tempo de reprodução do teste em minutos e no eixo das coordenadas estão as taxas de bits, a comutação de resolução não se dá diretamente, pois tem que ser relacionado o tamanho do buffer com a largura, além de que o buffer anterior tem que finalizar, para que o próximo com a nova resolução se inicie.



**Figura 14** Gráfico Largura de banda x Resolução de vídeo, taxa de bits crescente.



**Figura 15** Gráfico Largura de banca x Resolução de vídeo, taxa de bits intermediária.



## 5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do trabalho possibilitou o estudo de técnicas de streaming de vídeo e de interligação entre streaming. Também foi possível analisar dados importantes de codificação e decodificação de vídeo. Além de abordar conceitos de redes, para transmissão em rede local.

Trabalhos futuros poderão ampliar o conhecimento em pesquisa de outros métodos para codificação e decodificação em streaming de vídeo. Podendo fazer teste em outras resoluções que ainda irão surgir, com diferentes configurações de vídeo possível, por exemplo High Dynamic Range (HDR) entre outras.

## Referências Documentais

- [1] A. B. Filho, “As novas possibilidades de uso da radiodifusão no mundo convergente,” *Revista da SET*, vol. 160, 06 2016.
- [2] S. Poojary, R. El-Azouzi, E. Altman, A. Sunny, I. Triki, M. Haddad, T. Jimenez, S. Valentin e D. Tsilimantos, “Analysis of QoE for Adaptive Video Streaming over,” *2018 16th International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks (WiOpt)*, p. 1, 11 05 2018.
- [3] J. V. Figueira, “Adoro cinema,” 27 11 2016. [Online]. Available: <http://www.adorocinema.com/noticias/filmes/noticia-125996/>. [Acesso em 20 06 2018].
- [4] Cisco, “Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016–2021,” 2017. [Online]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.html>. [Acesso em 25 05 2018].
- [5] “GLOBO,” 18 Janeiro 2017. [Online]. Available: <https://oglobo.globo.com/economia/negocios/netflix-surpreende-mercado-ganha-19-milhoes-de-assinantes-em-2016-20795666>. [Acesso em 20 Agosto 2017].
- [6] HTV, 23 05 2018. [Online]. Available: <https://www.walmart.com.br/decodificador-htv-box-3-iptv-full-hd-1080p-130-canais/4607596/pr>. [Acesso em 23 06 2018].
- [7] D. Castro, “Ameaça do Netflix faz TV aberta dos EUA cortar comerciais no horário nobre,” 03 2018. [Online]. Available: <http://noticiasdatv.uol.com.br/noticia/mercado/ameaca-da-netflix-faz-tv-aberta-dos-eua-cortar-comerciais-no-horario-nobre--19298>.

- [8] R. Chernock, D. Gómez-Barquero, J. Whitaker, S.-I. Park e Y. Wu, "ATSC 3.0 Next Generation Digital TV Standard—An Overview and Preview of the Issue,," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 62, pp. 154-158, 03 2016.
- [9] M. Moore, J. Adrick, S. Davis e D. Folsom, "ATSC 3.0 Transition and Deployment Guide," 2017.
- [10] L. Michael e D. Gómez-Barquero, "Modulation and coding for ATSC 3.0," *IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting*, pp. 1-5, 19 06 2015.
- [11] J. Jeon, "atsc.org," 2017. [Online]. Available: <https://www.atsc.org/newsletter/going-global-atsc-3-0-4k-broadcasting-launched-korea/>. [Acesso em 20 05 2018].
- [12] ITU-R, "Report ITU-R BT.2267-7," Genebra, 2017.
- [13] S.-I. Park, W. Li, J.-Y. Lee, Y. Wu, X. Wang, S. Kwon, B.-M. Lim, H. M. Kim, N. Hur, L. Zhang e J. Kim, "ATSC 3.0 Transmitter Identification Signals and Applications," *IEEE Transactions on Broadcasting*, pp. 240-249, 03 2017.
- [14] ATSC, "ATSC Standard: ATSC 3.0 Security and Service Protection," Washington, 2018.
- [15] M. Ki, J. Seok e H. Y. King, "ROUTE/DASH server system development for realtime UHD broadcasting," *2017 19th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, pp. 796-799, 02 2017.
- [16] P. Kurz, 2018. [Online]. Available: <https://www.tvtechnology.com/atsc3/nab-show-demo-to-show-power-of-shvc-encoding-in-atsc-3-0-ecosystem>. [Acesso em 20 06 2018].
- [17] S. Jeon, 2017. [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/SunghoJeon/the-status-of-atsc-3-0-broadcasting-in-korea-nab-show-2017>. [Acesso em 20 06 2018].



- [18] M. Pathan, R. K. Sitaraman e D. Robinson, "CLOUD-BASED CONTENT DELIVERY AND STREAMING," em *Advanced Content Delivery, Streaming, and Cloud Services*, 1 ed., 2014, pp. 1-30.
- [19] J. Yang, E. Yang, Y. Ran, Y. Bi e J. Wang, "Controllable Multicast for Adaptive Scalable Video Streaming in Software-Defined Networks," *IEEE Transactions on Multimedia*, pp. 1260-1274, 5 2018.
- [20] Wikipedia, 2018. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Multicast>. [Acesso em 23 06 2018].
- [21] Y. Chang e X. Jia, "Rate-adaptive broadcast routing and scheduling for video streaming in wireless mesh networks," *2014 23rd International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)*, pp. 1-8, 2014.
- [22] Wikipedia, 2018. [Online]. Available: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Broadcasting\\_\(rede\\_de\\_computadores\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Broadcasting_(rede_de_computadores)). [Acesso em 23 06 2018].
- [23] M. Seufert, S. Egger, M. Slanina, T. Zinner, T. Hoßfeld e P. Tran-Gia, "A Survey on Quality of Experience of HTTP Adaptive Streaming," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, pp. 469-492, 2015.
- [24] C.-C. Wang, Z.-N. Lin e S.-R. Yang, "Mobile edge computing-enabled channel-aware video streaming for 4G LTE," *2017 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, pp. 564-569, 2017.
- [25] C. Muller, 2015. [Online]. Available: <https://bitmovin.com/dynamic-adaptive-streaming-http-mpeg-dash/>. [Acesso em 23 06 2018].
- [26] Y. Sani, A. Mauthe e C. Edwards, "Adaptive Bitrate Selection: A Survey," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, pp. 2985-3014, 2017.
- [27] HbbTV Association, "HbbTV 2.0.2 Specification," 2018.

- [28] J. Vlaović, S. Rimac-Drlje e G. Horvat, "Overview of the QoE-aware rate adaptation algorithms used in MPEG DASH," *2017 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)*, pp. 269-275, 2017.
- [29] P. Georgopoulos, Y. Elkhatib, M. Broadbent e N. Race, "scholar.google," 2013. [Online]. Available:[https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&citation\\_for\\_view=ZDbuOE4AAAAJ:hqOjcs7Dif8C](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&citation_for_view=ZDbuOE4AAAAJ:hqOjcs7Dif8C). [Acesso em 07 05 2018].
- [30] R. Pantos, "HTTP Live Streaming 2nd Edition," 2017.
- [31] A. Takach, "Design and verification using high-level synthesis," *2016 21st Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC)*, pp. 198-203, 2016.
- [32] ISO, "ISO/IEC 23008-1: Information technology -- High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments - Part 1: MPEG media transport (MMT)," 2017.
- [33] Y. Hu, S. Xie, Y. Xu e J. Sun, "Dynamic VR live streaming over MMT," Cagliari, 2017.
- [34] L. d. T. D. E. d. E. Mackenzie, "MackTuner-8: Solução para monitoramento de cobertura terrestre , análise da qualidade de sinal para TV Digital e transmissão de TS via IP," p. 2, 2018.
- [35] FFMPEG, 2018. [Online]. Available: <https://www.ffmpeg.org/download.html>. [Acesso em 29 05 2018].
- [36] R. Pandev e K. Nikolov, 2015. [Online]. Available: <http://laptopmedia.com/review/alienware-15-r2-late-2015-review-pushing-the-boundaries-of-the-15-inch-form-factor/>. [Acesso em 24 06 2018].
- [37] CAVAR.NET,2018.[Online].Available:<https://chrome.google.com/webstore/detail/native-mpeg-dash-%20hls-pl/cjfbmleiaobegagekpmlhmaadepdeedn?hl=pt-BR>. [Acesso em 31 05 2018].

- [38] CISCO, 2012. [Online]. Available: [https://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/video/at\\_home/Cable\\_Modems/3900\\_Series/4025838\\_B.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/video/at_home/Cable_Modems/3900_Series/4025838_B.pdf). [Acesso em 31 05 2018].
- [39] Z. Z. 2900E, 2015. [Online]. Available: [http://www.zte.com.cn/en/products/bearer/data\\_communication/ethernet\\_switch/201310/t20131014\\_408358.html](http://www.zte.com.cn/en/products/bearer/data_communication/ethernet_switch/201310/t20131014_408358.html). [Acesso em 31 05 2018].
- [40] NetLimiter, 2018. [Online]. Available: <https://www.netlimiter.com/products/nl4>. [Acesso em 30 05 2018].