

TV de Ultra-Alta Definição

Guilherme Queiroga Castro & Daniel Andrade Nunes

Abstract— The purpose of this document is to gather exact information concerning Ultra High Definition TV, also known as UHDTV or Super Hi-Vision, named by its creators, the Japanese. The document will present the history of Ultra High Definition TV evolution, from its creation until nowadays. Will also be presented, technical explanation regarding the technological features and how the physiology of human visual system impacts the researches for a visual experience through a display screen with the goal of generate an image as similar as possible of a real object. Thus, visual experience, equipments and standards will be explored, and also, the main differences between this new system and its predecessors.

Index Terms— Sensation of reality, UHDTV, visual field, 7680 x 4320.

Resumo— O propósito deste documento é reunir informações corretas e pertinentes à tecnologia de TV de Ultra-Alta Definição, a UHDTV ou Super Hi-Vision, nome atribuído pelos seus idealizadores, os japoneses. Será apresentado um histórico da evolução da TV de Ultra-Alta Definição, desde a sua concepção até os dias atuais. Será apresentada também uma explicação técnica sobre as características da tecnologia e sobre a fisiologia do sistema visual do ser humano impacta na busca por uma experiência visual através de uma tela com o objetivo de gerar uma imagem o mais semelhante possível a um objeto real. Dessa forma será explorada a experiência visual, equipamentos utilizados e padrões estabelecidos, além de destacar as principais diferenças entre este novo sistema e seus predecessores.

Palavras chave— Campo de visão, Sensação de realidade, UHDTV, 7680 x 4320.

I. INTRODUÇÃO

A. O que é UHDTV

UHDTV é a sigla para *Ultra High Definition Television* (TV de Ultra-Alta Definição) e representa a mais recente tecnologia em termos de qualidade de imagem para proporcionar a maior sensação de realidade já experimentada em um sistema de TV, através do uso de 4000 linhas de resolução de imagem e áudio com 22.2 canais. Este novo padrão começou a ser desenvolvido no Japão pela empresa de TV NHK (*Nippon Hōsō Kyōkai* ou *Japan Broadcasting Corporation*). Inicialmente, ficou conhecida como TV de 4K e 8K (nomes referentes às resoluções inicialmente propostas de 3840 x 2160 e 7680 x 4320 pixels respectivamente). Posteriormente o nome *Super Hi-Vision* foi adotado no Japão, uma vez que a tecnologia HDTV é atualmente conhecida no país como *Hi-Vision*.

Guilherme Queiroga Castro (guilherme_castro@jabil.com) é formado pelo CEFET MG e atua como Analista de Pesquisa e Desenvolvimento na empresa Jabil do Brasil Indústria Eletroeletrônica Ltda. Daniel Andrade Nunes (danielnunes@inatel.br) é formado pelo INATEL e atua como Professor e Especialista em Sistemas também no INATEL.

B. Diferenças da UHDTV e sistemas anteriores

A principal diferença entre os sistemas de TV é a resolução, ou seja, a quantidade de detalhes que as imagens fornecidas pelo sistema podem apresentar. Nos sistemas analógicos, a resolução da imagem é medida através da quantidade de linhas. Já nos sistemas digitais a unidade que é normalmente utilizada na representação da resolução é o pixel. Assim, quanto mais pixels uma imagem apresentar, maior será o nível de detalhamento oferecido por esta imagem.

A tabela 1 [1][2] mostra a quantidade de pixels na horizontal e vertical, respectivamente, e a quantidade total de pixels em cada quadro da imagem para os principais padrões de imagens digitais utilizados para sinais de TV.

TABELA 1 – PIXELS PARA CADA FORMATO DE IMAGEM

PADRÃO	RESOLUÇÃO	PIXELS
SD	720 x 483	347.760
HD	1920 x 1080	2.073.600
4K UHD	3840 x 2160	8.294.400
8K UHD	7680 x 4320	33.177.600

Considerando que cada pixel possui o mesmo tamanho, a figura 1 [3] ilustra, comparativa e visualmente, a quantidade de informações que podem ser exibidas por cada um dos formatos de imagem apresentados anteriormente.



Figura 1 - Comparativo visual das resoluções dos padrões de imagem

Outras diferenças notórias apresentadas pelo sistema UHDTV em comparação aos padrões anteriores são:

- taxa de quadros por segundo mais elevada, podendo chegar até 120 FPS;
- maior quantidade de cores oferecida por pixel (10 ou 12 bits de cor por pixel);
- maior número de canais de som para áudio com maior ambientação espacial (22.2 canais).

C. Padrões da UHDTV

A NHK conduziu estudos e idealizou propostas que compõem os parâmetros a serem utilizados para a TV de Ultra-Alta Definição. Posteriormente, estes parâmetros foram considerados pelo Setor de Radiocomunicação da União Internacional de Telecomunicações (ITU-R - *International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector*) e recomendados como padrão necessário para compor um sistema UHDTV, através da recomendação Rec. ITU-R BT.2020 [4]. Na tabela 2 são apresentados os requisitos básicos sugeridos pela recomendação:

TABELA 2 - REQUISITOS BÁSICOS UHDTV - REC. ITU-R BT.2020

PARÂMETRO	VALOR
Contagem de Pixels Horizontal x Vertical	7680 x 4320 e 3840 x 2160
Razão de proporção de imagem	16:9
Razão de proporção de pixel	1:1 (pixels quadrados)
Frequência de quadro (Hz)	120; 60; 59,94; 50; 30; 29,97; 25; 24; 23,97
Modo de varredura	Progressivo
Endereçamento de pixel	Ordem dos pixels em cada linha é da esquerda para a direita e cada coluna é ordenada de cima para baixo
Canais de áudio	22.2

Outras características importantes do novo padrão, definidas pela Rec. BT.2020, são a metodologia de representação digital e o espectro de cores.

Para a representação digital, a Rec. BT.2020 define o uso tanto de 10 quanto de 12 bits por cor.

Para o uso de representação com 10 bits a recomendação adota o código 64 para o nível de brilho na parte mais escura da imagem (nível de preto) e 940 para o pico nominal. Os códigos de 0 a 3 e de 1020 a 1023 são utilizados para referência temporal. Os códigos compreendidos entre 4 e 1019 são utilizados para a representação dos sinais de vídeo, sendo que de 4 a 63 representam níveis abaixo do nível de preto e de 941 a 1019 os níveis acima do pico nominal. O código 512 é reservado para representar ausência de cor.

Já para o uso de representação com 12 bits, é adotado o código 256 para o nível de preto e 3760 para o pico nominal. Os códigos de 0 a 15 e de 4080 a 4095 são utilizados para referência temporal. Os códigos compreendidos entre 16 e 4079 são utilizados para a representação dos sinais de vídeo, sendo que de 16 a 255 representam níveis abaixo do nível de preto e de 3761 a 4079 os níveis acima do pico nominal. O código 2048 é reservado para representar ausência de cor.

Com relação ao espectro de cores, a Rec. BT.2020 estabelece que as coordenadas cromáticas para o novo padrão devem ser (0,708, 0,292) para o vermelho primário, (0,170, 0,797) para o verde primário e (0,131, 0,046) para o azul primário. Para o branco de referência, a coordenada cromática é (0,3127, 0,3290) [4].

Comparativamente, a recomendação do ITU-R para HDTV, Rec.709 [5], estabelece que as coordenadas cromáticas devem ser (0,640, 0,330), (0,300, 0,600) e (0,150, 0,060) para os primários vermelho, verde e azul, respectivamente.

Levando-se em consideração que ambas as recomendações utilizam o espectro de cores CIE 1931 para definir matematicamente os primários RGB, é possível constatar a superioridade do sistema UHDTV em relação à exibição de cores. A recomendação para UHDTV, Rec. BT.2020 cobre 75,8% do espectro de cores, enquanto a recomendação para HDTV, Rec. BT.709, cobre cerca de 35,9% [6].

A figura 2 [3] mostra, comparativamente, a cobertura de cores utilizada pelas recomendações BT.2020 (UHDTV) e BT.709 (HDTV), além das coordenadas cromáticas. É possível visualizar também os comprimentos de onda utilizados para cada padrão. No caso da Rec. BT.2020 os comprimentos de onda são 630 nm, 532 nm e 467 nm para as cores vermelho, verde e azul, respectivamente [7].

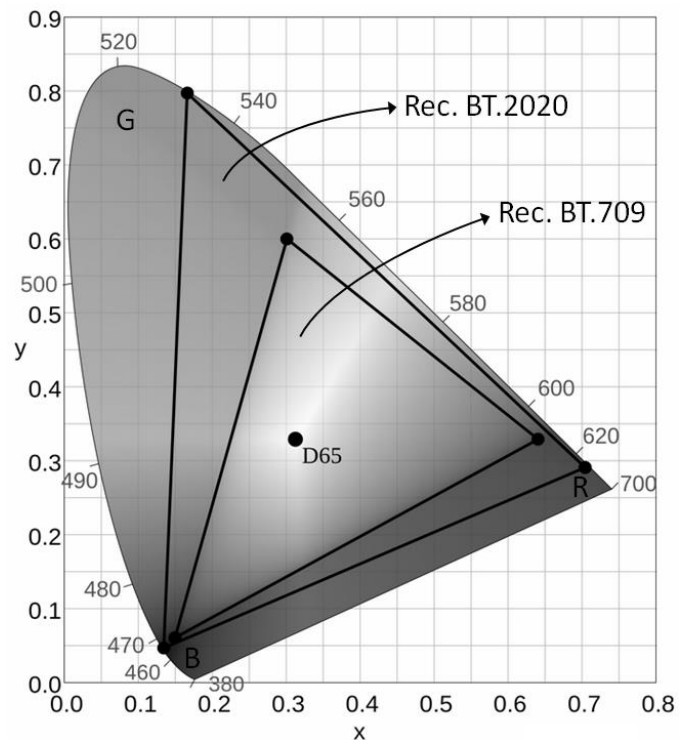


Figura 2 – Coordenadas e cobertura de cores para sistemas HDTV e UHDTV

D. Definição de Campo de Visão

Para entendermos melhor a proposta da TV de Ultra-Alta Definição, precisamos antes entender o conceito de campo visual. O campo visual humano é dividido em discriminatório, efetivo, induzido e auxiliar, classificados pelos papéis das funções visuais [8].

O campo visual discriminatório é a faixa visual capaz de julgar com precisão altas densidades de informação, como por exemplo, uma discriminação gráfica.

O campo visual efetivo é a faixa visual capaz de julgar informações simples, porém com a necessidade de se realizar movimento com os olhos. Além disso, no campo visual efetivo, a habilidade discriminatória é menor que no campo visual discriminatório.

O campo visual induzido é a faixa visual que influencia no julgamento global das informações do mundo externo, mas que possui uma capacidade de reconhecimento limitada, sendo

capaz apenas de reconhecer a presença de estímulos e realizar discriminações simples.

O campo visual auxiliar é a faixa visual com habilidade discriminatória suficiente apenas para detectar a presença de estímulos.

II. HISTÓRICO DA UHDTV

A. Campo de Visão e Resolução Visual Necessária

A história da UHDTV começou a ser escrita em 1980, quando os pesquisadores japoneses Toyohiko Hatada, Haruo Sakata e Hideo Kusaka realizaram uma pesquisa sobre o campo de visão humano [9]. Eles demonstraram pela primeira vez, utilizando técnicas controladas com um campo largo de visão, que o ser humano precisa de um ângulo de visão de 30° a 100° na horizontal e de 20° a 85° na vertical. Com estes parâmetros, e a uma distância de 0,75 vezes a altura da tela, é possível se obter a máxima sensação de realidade induzida através de uma tela.

A figura 3 [10] demonstra a relação entre o campo visual do ser humano e as áreas de exibição exploradas nos sistemas HDTV e UHDTV.

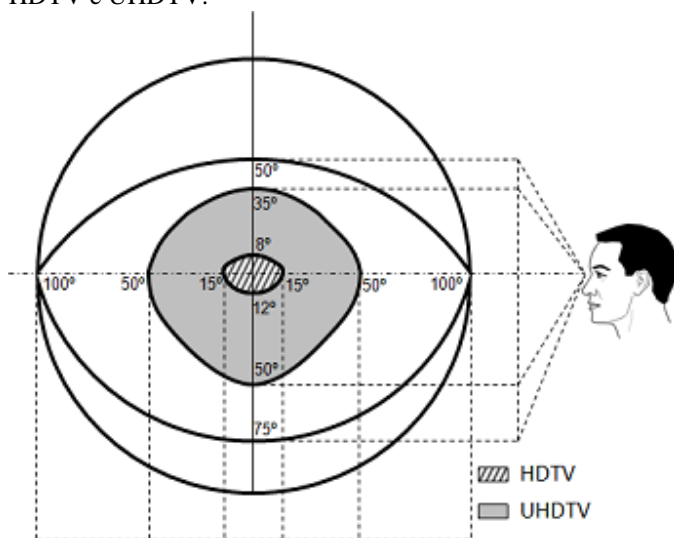


Figura 3 - Campo visual e áreas de exibição

Os sistemas HDTV utilizam o campo de visão efetivo do ser humano para visualização das imagens com um ângulo de visão horizontal de até 30° e vertical de até 20°, a uma distância de 3,0 vezes a altura da tela. Já no sistema UHDTV, as imagens são exibidas de forma a ocupar o campo de visão induzido, aumentando substancialmente a sensação de realidade.

O olho humano necessita pelo menos 60 pixels por grau para obter a melhor resolução espacial de uma tela, segundo pesquisas realizadas em 1988 [11] e 1992 [12].

Com base no estudo sobre o campo visual e na quantidade mínima de pixels por grau para melhor resolução, um grupo de pesquisadores dos Laboratórios de Pesquisa em Ciência e Tecnologia da NHK desenvolveram, em 2003, aquele que seria o primeiro sistema experimental de geração e exibição de

imagens com 4000 linhas de resolução [10]. Este sistema foi desenvolvido através do uso e sincronia de diversos dispositivos baseados em HDTV, que eram os equipamentos disponíveis na época do projeto.

B. Primeiro sistema de câmera para UHDTV

O sistema da câmera é composto por 4 painéis CCD (*Charge Coupled Device*) de 2048 x 3840 pixels e 2,5 polegadas com 60 quadros por segundo. Para se alcançar a resolução da ultra-alta definição, dois painéis foram combinados com a utilização do método de deslocamento diagonal de pixel [13] para a formação da cor G (*Green* do RGB), um painel foi utilizado para a cor R e um para a cor B (*Red* e *Blue* do RGB, respectivamente), alcançando uma resolução de 4096 x 7680 pixels. A figura 4 [2] mostra a organização dos pixels para este método.

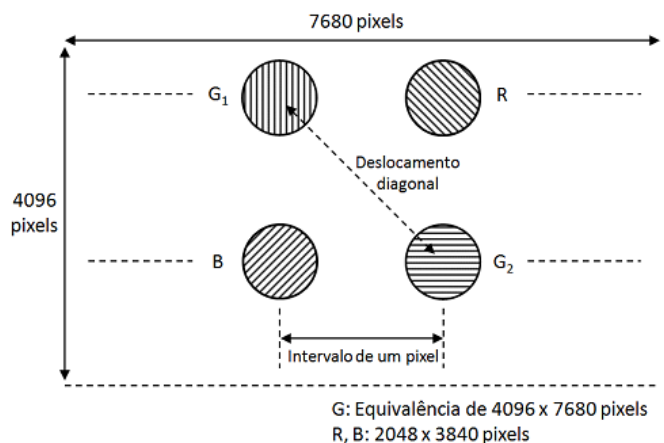


Figura 4 - Organização dos pixels no método de deslocamento diagonal

Os painéis são então fixados a um sistema composto de lentes e um prisma de separação de cores, de modo a proporcionar um deslocamento de passo de meio pixel. Assim, o padrão de amostragem da imagem dos pixels será equivalente a um sensor de imagem com um único chip [14], de resolução 4096 x 7680 pixels. A figura 5 [10] mostra a configuração do prisma de separação de cores para o sistema com 4 painéis CCD.

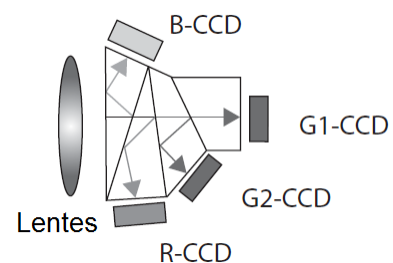


Figura 5 - Prisma de separação de cores do sistema de câmera

Para o armazenamento das imagens, foi criado um sistema de gravação em disco, formado por 16 gravadores de disco HDTV e que possui uma capacidade de armazenamento de

cerca de 3,5 TB e consegue armazenar aproximadamente 18 minutos de imagens em ultra-alta definição [10].

C. Primeiro sistema de exibição para UHDTV

O sistema de exibição é composto por quatro painéis LCoS (*Liquid Crystal on Silicon*) de 2048 x 3840 pixels cada um. Para compor o sistema, são utilizados dois projetores. No projetor 1 são instalados dois painéis LCoS verdes e no projetor 2, um painel vermelho e um azul.

Para o projetor 1 são utilizados quatro Divisores de Feixe Polarizado (*Polarizing Beam Splitter* ou PBS) e quatro placas de defasagem de fase de meio comprimento de onda. Além disso, os painéis verdes precisam possuir uma defasagem de exatamente 0,5 pixel na horizontal e na vertical para proporcionar uma imagem com a resolução de 4096 x 7680 pixels. A estrutura óptica para o projetor 1 é mostrada na figura 6 [2].

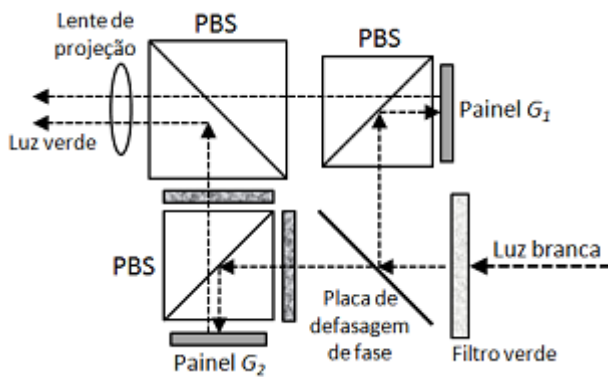


Figura 6 - Estrutura óptica do projetor 1 (Cor: G)

Para o projetor 2 são utilizados dois PBSs e um prisma cross dicróico que realizará a junção dos feixes de cores vermelho e azul para serem exibidas através da mesma lente de projeção. A estrutura óptica para o projetor 2 é mostrada na figura 7 [10].

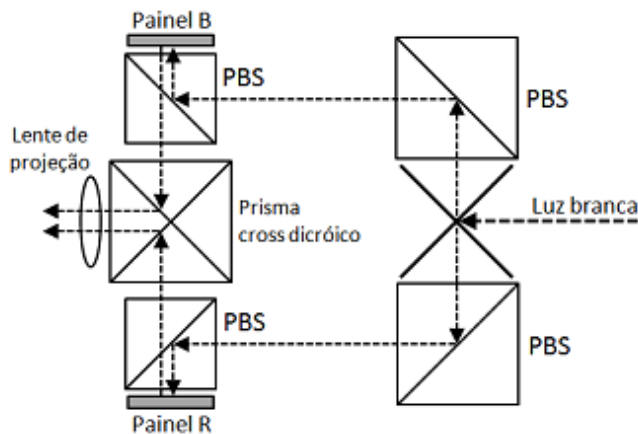


Figura 7 - Estrutura óptica do projetor 2 (Cores: R e B)

Devido ao fato do sistema de projeção ser composto por dois projetores, é necessário um ajuste bastante preciso, para que a imagem de ambos os projetores sejam exibidas exatamente com o mesmo posicionamento. Assim, um mínimo desalinhamento de pixels, pode gerar artefatos visíveis ao olho humano.

D. Primeiro sistema de som para UHDTV

O padrão multicanal de áudio proposto para o sistema UHDTV possui 22.2 canais e é dividido em quatro camadas de alto-falantes:

- uma camada superior com 9 canais;
- uma camada média com 10 canais;
- uma camada inferior com 3 canais;
- 2 canais para LFE (Low Frequency Effects).

O posicionamento dos alto-falantes para o sistema de som padrão UHDTV é distribuído conforme mostrado na figura 8 [2].

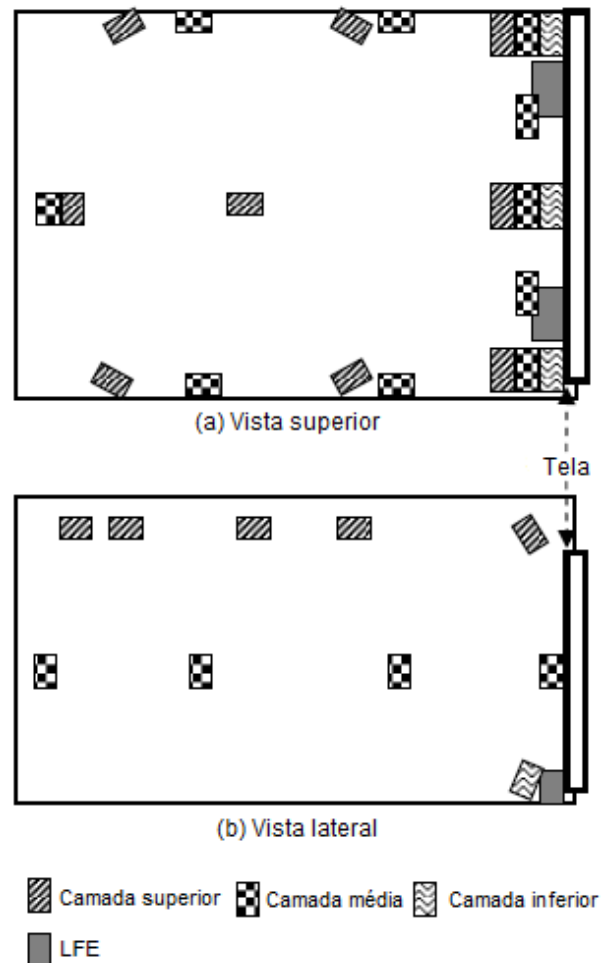


Figura 8 - Posição de canais de som para padrão UHDTV

E. Desenvolvimento contínuo de equipamentos

Após a criação do primeiro sistema de equipamentos para geração e exibição de imagens em ultra-alta definição, vários fabricantes vislumbraram o grande potencial a ser explorado e

iniciaram sua corrida para produzir equipamentos para UHDTV.

Em fevereiro de 2003, logo após a criação do primeiro sistema de câmera para UHDTV, foi desenvolvido um novo sensor de imagem com a tecnologia CMOS [15] (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*). Com seu tamanho reduzido de 1,25 polegadas e resolução efetiva de 3840 x 2160 pixels, além de um consumo de energia reduzido, o novo sensor substituir os primeiros sensores CCD. Este conjunto de melhorias proporcionaria a construção de câmeras mais avançadas e compactas para a captura de imagens UHDTV.

Em novembro de 2006, pesquisadores da NHK realizaram o primeiro experimento de transmissão ao vivo de um programa em ultra-alta definição [16]. O sistema era composto de duas câmeras e vários microfones, conectados a um equipamento de multiplexação de áudio e vídeo que produziam 16 sinais HD-SDI (*High Definition Serial Digital Interface*). Estes sinais eram então enviados a um DWDM [17] (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) que transformava os sinais digitais em um sinal óptico multiplexado, composto de 16 comprimentos de onda diferentes. Após percorrer uma distância de cerca de 260 km de fibra óptica, o sinal, sem compressão e com taxa aproximada de 24 Gbps, era então demultiplexado e exibido em um sistema de projetores e áudio padrão UHDTV.

Em maio de 2007, os pesquisadores da NHK demonstraram os resultados do desenvolvimento do primeiro protótipo de sensor CMOS de resolução completa para imagens de ultra-alta definição, com 7680 x 4320 pixels e 60 quadros por segundo de resolução [18]. Neste protótipo, o pixel resultante teria a largura equivalente a 3,8 μ m [19]. Com a criação deste sensor, passa a ser possível construir câmeras e telas com a verdadeira qualidade de imagem que a UHDTV pode oferecer.

Em maio de 2011, a NHK em parceria com a Sharp Corporation, anunciou a conclusão do desenvolvimento da primeira tela de LCD compatível com o formato UHDTV [20]. A tela, com a resolução máxima UHDTV de 7680 x 4320 pixels, possui diagonal visível de 85 polegadas (cerca de 1,9m de largura por 1,05m de altura) e brilho de cerca de 300 cd/m².

Em fevereiro de 2012, a NHK em parceria com a Universidade de Shizuoka anunciou o desenvolvimento de um novo sensor CMOS para câmeras na resolução máxima para o padrão UHDTV (7680 x 4320 pixels), porém, pela primeira vez, capaz de gravar à taxa de 120 quadros por segundo [21]. O protótipo deste sensor foi apresentado três meses depois do início de seu desenvolvimento [22]. Além da taxa de 120 FPS, foi revelado que também possuía profundidade de cores de 12 bits, tamanho óptico de aproximadamente 1,5 polegadas e consumo de cerca de 2,5 W.

Em abril de 2012, a NHK em parceria com a Panasonic, anunciou a criação do protótipo de uma tela de plasma de ultra-alta definição com 145 polegadas de diagonal [23]. A tela possui 7680 x 4320 pixels, sendo cada pixel com 0,417mm de lado e uma taxa de quadros de 60 FPS.

Em maio de 2012, a NHK apresentou a primeira câmera de ombro (portátil) para gravação de imagens em ultra-alta definição [24]. A câmera é composta de um sensor de chip

único com resolução de 7680 x 4320 pixels. O advento de um sensor de chip único proporcionou uma redução drástica no tamanho dos dispositivos de captura de imagens, aumentando sua portabilidade e maneabilidade.

A partir desse ponto, diversos fabricantes de equipamentos eletrônicos de áudio e vídeo já vislumbravam o grande potencial que a tecnologia UHDTV proporcionaria e já começavam a lançar no mercado equipamentos capazes de gerar e reproduzir conteúdo para o novo padrão. Como já era de se esperar, os primeiros lançamentos giram em torno do primeiro patamar da tecnologia, com resolução de 4K (3840 x 2160 pixels). Assim, foram lançados no mercado, até o momento, projetores 4K, TVs com tecnologia plasma, LCD, LED e OLED com resolução 4K e dimensões entre 50 e 110 polegadas, monitores com resolução 4K e dimensões entre 9,6 e 32 polegadas. Telas com resolução de 8K existem no momento apenas como protótipo.

Saindo da área de captura e exibição de imagens, o campo de reprodução e transmissão de conteúdo em ultra-alta definição se encontra em um escala avançada de desenvolvimento. Segundo noticiado pelo *Asahi Shimbun*, um dos maiores jornais do Japão, o Ministro das Comunicações e Assuntos Internos Tsukasa Omiya Satoshi, anunciou recentemente que as primeiras transmissões em 4K seriam iniciadas a partir de julho de 2014 [25][26][27].

III. CONCLUSÕES

Conhecendo melhor a origem dos conceitos que criaram o padrão UHDTV e acompanhando sua evolução, podemos perceber a sua semelhança com o padrão HDTV.

Toda a base para o desenvolvimento dos parâmetros e características adotados para o sistema de TV de ultra-alta definição está concentrada em estudos realizados em uma época bem anterior à criação do conceito do novo sistema. Estes estudos, já mensuravam de forma objetiva e subjetiva a percepção do ser humano com relação a imagens reproduzidas através de uma tela. Ficou evidente que, apesar de haver um limite onde ocorreria uma saturação, havia ainda uma capacidade muito grande a ser explorada do potencial visual humano, em comparação ao que havia sido explorado para os sistemas anteriores. Através da utilização dos parâmetros que explorassem ao máximo o sistema visual, foram definidos e padronizados os requisitos para o sistema UHDTV.

Durante o período em que este documento foi escrito, até a sua conclusão, o mercado já oferecia uma vasta variedade de telas para exibição de imagens no padrão UHDTV, porém limitados à resolução de 4K. Além disso, o custo destes equipamentos eram extremamente altos, se comparados aos equipamentos comercializados atualmente para sistemas HDTV. Entretanto, este mesmo padrão evolutivo foi notado no início do desenvolvimento das TVs de alta definição, que com a sua popularização teve o seu custo consideravelmente reduzido. Da mesma forma, com relação à resolução, assim como no início da tecnologia HDTV surgiram primeiro as TVs com resolução de 1280 x 720 pixels e em seguida as de resolução 1920 x 1080 pixels, hoje temos no mercado as TVs de 4K, que logo serão substituídas pelas de resolução 8K.

Com o contínuo aumento da velocidade com que os sistemas eletrônicos evoluem, podemos dizer com confiança que o tempo necessário para evoluirmos da alta definição para a ultra-alta definição será menor que o tempo que levamos para evoluir da definição *standard* (SD) para a TV de alta definição.

IV. GLOSSÁRIO

CCD – *Charge Coupled Device* – Dispositivo de Carga Acoplada: sensor para captação de imagens formado por um circuito integrado que contém uma matriz de capacitores acoplados. A capacidade da resolução da imagem depende do número de células fotoelétricas do CCD e é expressada em pixels.

CIE 1931 – Um dos primeiros espectros de cores representados matematicamente [28].

CMOS – *Complementary Metal-Oxide Semiconductor* – Semicondutor Metal-Óxido Complementar: tecnologia de fabricação de circuitos integrados com a inclusão de elementos de lógica digital, microprocessadores, microcontroladores, memória, etc.

Coordenada cromática – Valor percentual da intensidade de uma determinada cor padrão.

D65 – Padrão de iluminação definido pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE). Representa um valor médio relativo à luz do dia (luz branca) e possui temperatura de cor de aproximadamente 6500 K.

DWDM – *Dense Wavelength Division Multiplexing* – Multiplexagem Densa por Divisão de Comprimento de Onda: tecnologia que multiplexa portadoras de sinal óptico em uma única fibra óptica através da utilização de diferentes comprimentos de onda.

FPS – *Frames per Second* – Quadros por segundo: unidade de medida de imagens, registrados ou exibidos por determinado equipamento de vídeo, por unidade de tempo.

HD-SDI – *High Definition Serial Digital Interface* – Interface Serial Digital de Alta Definição: interface para transmissão de sinais de áudio e vídeo, utilizada normalmente em equipamentos profissionais.

HDTV – *High Definition Television* – TV de Alta Definição.

ITU-R – *International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector* – União Internacional de Telecomunicações – Setor de Radiocomunicação: agência especializada das Nações Unidas, responsável por questões relacionadas com tecnologias da informação e comunicação. No caso do Setor de Telecomunicações é especialmente responsável pela gestão do espectro de rádio frequência e recursos de órbitas de satélite a nível internacional e pelo desenvolvimento de padrões para sistemas de radiocomunicação, com o objetivo de garantir o uso efetivo do espectro.

LCoS – *Liquid Crystal on Silicon* – Cristal Líquido em Silício: tecnologia de micro-projeção que utiliza cristal líquido ao invés de espelhos individuais.

LCD – *Liquid Crystal Display* – Tela de Cristal Líquido: tecnologia utilizada em telas de TVs e monitores, baseada em

um líquido que polariza a luz. Utiliza iluminação do painel traseiro por eletroluminescência (emissão de luz em resposta à passagem corrente elétrica).

LED – *Light Emitting Diode* – Diodo Emissor de Luz: tecnologia utilizada para iluminação de painéis traseiros de TVs de LCD, deixando os equipamentos mais finos e reduzindo seu consumo de energia.

LFE – *Low Frequency Effects* – Efeitos de Baixa Frequência: termo utilizado para descrição de canal de áudio em sistemas multi-canal para emissão de ondas com faixa de frequência, tipicamente, entre 10 e 120 Hz.

NHK – *Nippon Hōsō Kyōkai – Japan Broadcasting Corporation*: empresa de TV japonesa pioneira no desenvolvimento de TV de Ultra-Alta Definição.

OLED – *Organic Light Emitting Diode* – Diodo Orgânico Emissor de Luz: tecnologia de fabricação de telas com o uso de LEDs orgânicos, que podem ser aplicados diretamente sobre a tela e possui iluminação própria, tornando desnecessário o uso de retro-iluminação, o que deixa as telas bem mais finas, leves e com o custo reduzido.

Pixel – Palavra criada a partir do termo em inglês *Picture Element* (Elemento de Imagem), com a utilização da forma abreviada da palavra *Picture*, *pix*. – Representa o menor elemento em um dispositivo de exibição digital ao qual é possível atribuir uma cor.

PBS – *Polarizing Beam Splitter* – Divisor de Feixe Polarizado: dispositivo que divide o feixe incidente em dois feixes com polarização linear diferente.

Prisma cross-dicróico – Também conhecido como X-cube, é um prisma em formato de cubo, composto por 4 prismas triangulares. Sua função é combinar feixes de cores R, G e B, formando a imagem colorida.

RGB – Abreviatura do sistema de cores aditivas formado por Vermelho (*Red*), Verde (*Green*) e Azul (*Blue*), com o propósito principal de reproduzir cores em dispositivos eletrônicos. O modelo de cores do RGB é baseado na teoria de visão colorida, de Young-Helmholtz e no triângulo de cores de Maxwell.

SD – *Standard Definition* – Definição Padrão: definição para sistemas de TV na qual os formatos de sinal mais conhecidos são o PAL e o SECAM, ambos com 576 linhas entrelaçadas e o NTSC com 480 linhas entrelaçadas de resolução.

UHDTV – *Ultra High Definition Television* – TV de Ultra-Alta Definição.

REFERÊNCIAS

- [1] *Television - 720 x 483 Active Line at 59.94-Hz Progressive Scan Production - Digital Representation, Society of Motion Picture and Television Engineers*, SMPTE 293M, Janeiro de 2003.
- [2] OKANO, Fumio, KANAZAWA, Masaru, MITANI, Kohji, HAMASAKI, Kimio, SUGAWARA, Masayuki, SEINO, M., MOCHIMARU, A., DOI, K. *Ultrahigh-Definition Television System with 4000 Scanning Lines, Japan Broadcast Publishing Co.*, 2003.
- [3] *Ultra high definition television*. Disponível na Internet. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra_high_definition_television, Maio de 2013 (acessado em 21/05/2013).

- [4] *Parameter values for ultra high-definition television systems for production and international programme exchange*, ITU-R, Rec. BT.2020, 23-08-2012.
- [5] *Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange*, ITU-R, Rec. BT.709, Abril de 2012.
- [6] *Super Hi-Vision" as Next-Generation Television and Its Video Parameters*. Disponível na Internet. URL: <http://informationdisplay.org/IDArchive/2012/NovemberDecember/OnlineTechnologySuperHiVisionasNextGen.aspx>, Dezembro de 2012 (acessado em 22/05/2013).
- [7] *Wide-color-gamut Super Hi-Vision System*. Disponível na Internet. URL: http://www.nhk.or.jp/strl/open2013/tenji/tenji20/index_e.html, Maio de 2012 (acessado em 22/05/2013).
- [8] HATADA, Toyohiko, SAKATA, Haruo, KUSAKA, Hideo. *Induced Effect of Direction Sensation with Display Size--Basic Study of Realistic Feeling with Wide Screen Display--*, *The Journal of the Institute of Television Engineers of Japan*, vol.33, no.2, pp.407-413, 1979.
- [9] HATADA, Toyohiko, SAKATA, Haruo, KUSAKA, Hideo. *Psychophysical analysis of the sensation of reality induced by a visual wide-field display*, *SMPTE Journal*, vol.89, pp.560-569, Agosto 1980.
- [10] KANAZAWA, Masaru, MITANI, Kohji, HAMASAKI, Kimio, SUGAWARA, Masayuki, OKANO, Fumio, DOI, K., SEINO, M. *Ultrahigh-Definition Video System with 4000 Scanning Lines*, *Japan Broadcast Publishing Co.*, 2003.
- [11] *Hi-Vision Technology*, *Japan Broadcast Publishing Co.*, pp.19, 1988.
- [12] NHK Science and Technology Research Laboratories. *High-definition television*. Van Nostrand Reinhold, pp.7, 1992.
- [13] SUGAWARA, Masayuri, MITANI, Kohji, SAITO, Toshinori, FUJITA, Yoshihiro. *A Study on the Advantages of Spatial-pixel-offset Method in Four-chip CCD Imaging*, *Journal of ITEJ*, vol.49, no.2, pp.212-218, 1995.
- [14] SUGAWARA, Masayuki, MITANI, Kohji, SAITOH, Toshinori, FUJITA, Yoshihiro, SUETSUGI, Keisuke. *Four-chip CCD camera for HDTV*, *SPIE Proceedings*, vol.2173, pp.122-129, 1994.
- [15] TAKAYANAGI, Isao, SHIRAKAWA, Miho, MITANI, Kohji, SUGAWARA, Masayuki, IVERSEN, Steinar, MOHOLT, Jorgen, NAKAMURA, Jun-ichi, FOSSUM, Eric. *A 1-1/4 inch 8.3M Pixel Digital Output CMOS APS for UDTV Application*, In: *Solid-State Circuits Conference*. San Francisco, CA. Fevereiro de 2003. Vol.1, pp.216-217.
- [16] *World's First Live Relay Experiment of Super Hi-Vision*. Disponível na Internet. URL: <http://www.nhk.or.jp/strl/publica/bt/en/to0025.pdf>, Novembro de 2006 (acessado em 26/04/2013).
- [17] KARTALOPOULOS, Stamatios. *DWDM: Networks, Devices, and Technology*. I. Wiley-IEEE Press, 2002.
- [18] SUGAWARA, Masayuki. *Super Hi-Vision - research on a future ultra-HDTV system*. Disponível na Internet. URL: http://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2008-Q2_nhk-ultra-hd.pdf, Junho de 2008 (acessado em 06/05/2013).
- [19] *33M-Pixel Imaging Technology*. Disponível na Internet. URL: <http://www.nhk.or.jp/strl/open2007/en/tenji/t02.html>, 2007 (acessado em 06/05/2013).
- [20] *Sharp and NHK Successfully Develop 85-Inch Direct-View LCD Compatible with Super Hi-Vision, a World First*. Disponível na Internet. URL: <http://sharp-world.com/corporate/news/110519.html>, Maio de 2011 (acessado em 06/05/2013).
- [21] *120 frames per second Super Hi-Vision camera image sensor*. Disponível na Internet. URL: <http://www.nhk.or.jp/pr/marukaji/m-gju319.html>, Fevereiro de 2012 (acessado em 06/05/2013).
- [22] *120-Hz Super Hi-Vision Image Sensor*. Disponível na Internet. URL: http://www.nhk.or.jp/strl/open2012/html/tenji/013_e.html, Maio de 2012 (acessado em 06/05/2013).
- [23] *145-inch Ultra High Definition plasma display*. Disponível na Internet. URL: <http://www.diginfo.tv/v/12-0072-r-en.php>, Abril de 2012 (acessado em 06/05/2013).
- [24] *World's first Ultra High Definition shoulder-mount camera*. Disponível na Internet. URL: <http://www.diginfo.tv/v/12-0092-d-en.php>, Maio de 2012 (acessado em 06/05/2013).
- [25] *World's first 4K TV broadcasting start in July 2014*. Disponível na Internet. URL: <http://www.asahi.com/business/update/0127/TKY201301260338.html>, Janeiro de 2013 (acessado em 13/05/2013).
- [26] *UHDTV broadcasts to begin next year*. Disponível na Internet. URL: <http://www.telegraph.co.uk/technology/news/9831078/UHDTV-broadcasts-to-begin-next-year.html>, Janeiro de 2013 (acessado em 07/05/2013).
- [27] *Japan promised Ultra HD TV broadcasts two years early*. Disponível na Internet. URL: http://www.theregister.co.uk/2013/01/28/japan_promised_ultra_hd_tv_early/, Janeiro de 2013 (acessado em 07/05/2013).
- [28] *CIE 1931 color space*. Disponível na Internet. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_color_space, Maio de 2013 (acessado em 22/05/2013).

¹**Guilherme Queiroga Castro** nasceu em Belo Horizonte, MG, em 17 de outubro de 1977. Possui o título: Engenheiro Industrial Eletricista (CEFET-MG, 2000).

De 1997 a 2009 trabalhou com implantação, operação e manutenção em equipamentos de transmissão de telecomunicações para a Telemar/Oi. Desde agosto de 2009 é “Analista de Pesquisa e Desenvolvimento”, trabalhando para a indústria eletrônica Jabil, onde desenvolveu diversos processos de melhoria para a indústria além de contribuir com a análise de projetos para justificativa do benefício da “Lei da Informática”.

²**Daniel Andrade Nunes** nasceu em Santa Rita do Sapucaí em 1973, formado como Técnico em Eletrônica na Escola Técnica de Eletrônica Francisco Moreira da Costa em 1992 e graduado em Engenharia elétrica em 1998 pelo INATEL – Instituto Nacional de Telecomunicações. Obteve o grau de Mestre em Telecomunicações, também pelo INATEL em agosto de 2007.

Trabalhou 5 anos na multinacional Ericsson como instrutor técnico e gerente de projetos principalmente na área de sistemas celular no planejamento, otimização e desenvolvimento de cursos para sistemas AMPS, DAMS, CDMA e GSM em 10 países da América latina, Estados Unidos e Europa. Atualmente é professor de matérias relativas a comunicações móveis e transmissão digital no programa de Graduação do INATEL, ministra matérias referentes às tecnologias GSM, WCDMA, LTE, WiMAX, WiFi, XDSL e DocSYS no programa de Pós Graduação do Inatel além de ministrar cursos nas áreas de planejamento e otimização para sistemas GSM, WCDMA, WiFi e WiMAX pelo ICC – Inatel Competence Center.