

# Evoluções Tecnológicas de Vídeo no Padrão de TV Brasileiro

Por Erick Soares de Oliveira

## Breve histórico da evolução da TV

O histórico da TV Brasileira nos remete ao início da TV analógica preto e branco na década de 1950, com a evolução para a TV analógica colorida na década de 1970, bem como melhorias de som estéreo e *closed caption* na década de 1980. A primeira geração da TV Digital no Brasil, convencionalmente chamada de TV 2.0, remete ao início de sua implementação em dezembro de 2007, com foco em oferecer avanços tecnológicos que permitiam uma melhor experiência e qualidade para o telespectador. Nesse primeiro momento o foco foi oferecer maior robustez e qualidade na transmissão digital, ao mesmo tempo, que o telespectador se beneficiaria de imagem limpa, livre de interferências, com possibilidade de maior resolução de imagem e som. Nesse caso os ganhos de qualidade de imagem foram evidentes da evolução da resolução SD (720 x 480 pixels), até o Full HD (1920 x 1080 pixels).

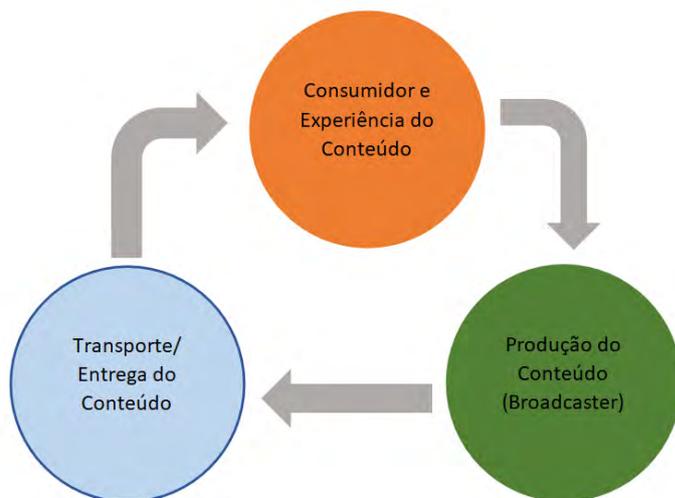
No entanto nos últimos 15 anos a indústria do audiovisual evoluiu de forma acelerada com uma série de inovações decorrentes do grande avanço da tecnologia de digitalização, e a área de produção de conteúdo passou a possibilitar criação e entrega de conteúdo de maior qualidade e com novas tecnologias para impactar a experiência

do telespectador. Com isso, novas demandas e expectativas foram identificadas no mercado, que então tenta explorar novos cenários de entrega, consumo e monetização, e que se pretende abordar com a evolução dos padrões da TV 2.5, que é uma extensão e evolução da TV Digital Brasileira, bem como com a futura TV 3.0.

Nessa evolução, a TV 2.5 focou no aspecto de integração entre broadcast e broadband e também alguns aspectos de melhoria da qualidade audiovisual. Por outro lado, o projeto da TV 3.0 é mais complexo, pois busca trazer uma série de inovações para permitir que a evolução futura da TV ofereça melhorias na experiência do telespectador, das quais podemos citar: melhor qualidade de som e imagem, conteúdo segmentado geograficamente e de acordo com o perfil do telespectador, uma integração ainda mais transparente entre TV aberta e Internet – combinando os serviços de radiodifusão e internet. Para que tudo isso seja possível, a TV 3.0 aborda essas demandas com múltiplas tecnologias que buscam trazer as melhorias necessárias na camada física e de interface, camada de transporte, tecnologias para melhorias da qualidade audiovisual e melhorias na codificação de aplicações.

## Tendências de melhorias na era digital

Quando buscamos identificar as tecnologias relevantes que podem trazer melhorias no mercado audiovisual, tentamos elencar uma cadeia de valor que ofereça benefícios não somente técnicos, mas sim em todas as etapas da cadeia. Nesse caso, em se tratando de produção audiovisual, as tecnologias precisam abordar melhorias desde a etapa de produção (produtor de conteúdo ou broadcaster), passando pela etapa de entrega ou transmissão do conteúdo (transmissão/entrega), e por fim, atingindo o telespectador para que ele tenha uma melhor experiência. De forma simplificada, podemos tentar representar esse ciclo pelo diagrama abaixo, lembrando que a área de produção de conteúdo sempre se alimenta e observa a demanda e experiência do consumidor no sentido de buscar oferecer melhorias e melhor experiência do usuário final, por isso pode ser encarado como um processo cíclico que busca melhorias de forma contínua:



Quadro 1: Fonte, autor

Na etapa da produção do conteúdo, as produtoras de conteúdo e emissoras de TV hoje contam com diversas tecnologias disponíveis para melhorar a qualidade do conteúdo audiovisual produzido. Mas é necessário que essas melhorias sejam preservadas e exploradas da melhor forma possível em cada uma das etapas da cadeia de valor. Por exemplo, na etapa de transporte e entrega é necessário que o sistema utilizado suporte e preserve as informações, bem como muitas vezes ofereça e garanta a compatibilidade com múltiplos possíveis receptores ou visualizadores, dada a diversidade hoje existente de dispositivos, que podem ser fixos ou móveis. Já na etapa da experiência do consumidor com o conteúdo, é necessário que esse transporte e entrega realizado, anteriormente de forma correta e compatível, permita ao telespectador a capacidade de vivenciar e usufruir com as melhores tecnologias disponíveis em seu dispositivo de visualização.

Nesse sentido, vamos apresentar e descrever os principais elementos tecnológicos que compõem os fundamentos essenciais para a melhor experiência de qualidade audiovisual, e que precisam estar presentes e preservados nessa cadeia de valor.

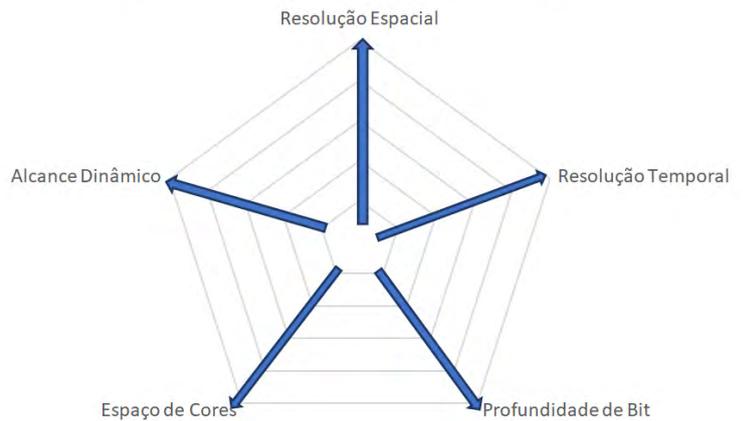
De nada adianta, por exemplo, a área de produção de conteúdo explorar todas as tecnologias disponíveis de forma conjunta com a cadeia de transmissão e no fim, o dispositivo do telespectador não ter suporte a essas tecnologias para poder usufruí-las. Ou, mesmo o elo da produção e do consumidor estarem prontos e aptos com todos os recursos, mas a etapa de transmissão não contemplar o suporte a essas

novas tecnologias. Por isso cada elo da cadeia é relevante para se garantir a experiência final do usuário.

Nesse aspecto, se tratando de qualidade audiovisual, os pilares tecnológicos essenciais que abordamos na análise e consideração se baseiam em:

1. Resolução espacial
2. Resolução temporal
3. Profundidade de bit
4. Espaço de cores
5. Amplo Alcance Dinâmico (HDR)

**Elementos da Qualidade do Vídeo**



Quadro 2: Fonte, autor

## 1 - Resolução espacial

É o elemento talvez mais comum e frequentemente utilizado, que retrata a resolução espacial de imagem, representando a quantidade de pixels utilizados por linhas e colunas, na forma M x N. Quanto maior a quantidade utilizada de pixels por linhas ou pixel por colunas, teremos uma melhor representação da imagem com maior qualidade e fidelidade se comparada à imagem original que se

tenta reproduzir.

Poderemos ter diferentes resoluções espaciais, que são comumente utilizadas dependendo da aplicação como, por exemplo, internet, celular e televisão. Para as aplicações de TV, abaixo temos um quadro resumo das mais comuns em uso:

Resolução	Pixels/linha	Linhas	Resolução	Terminologia
Standard Definition	720	480	720 x 480	SD, 480p
High Definition	1280	720	1280 x 720	HD, 720p
Full High Definition	1920	1080	1920 x 1080	FHD, 1080p
2K	2048	1080	2048 x 1080	2K
4K	4096	2160	4096 x 2160	4K, 2160p
8K	8192	4320	8192 x 4320	8K, 4320p

O elemento da resolução de imagem espacial é relevante tanto na área de produção quanto na experiência do telespectador: na área de produção a resolução espacial é importante para capturar e preservar a imagem de forma mais fiel à original; na experiência do telespectador a resolução espacial impacta de forma direta a qualidade de imagem percebida a depender do tamanho da tela e distância em relação a ela. Assim, se a tela for muito grande e relativamente próxima do visualizador, é importante que a imagem tenha resolução espacial elevada a fim de retratar e reproduzir todos os detalhes que o olho humano tem capacidade de percepção e de resolver a definição de imagem. Por outro lado, se a imagem for relativamente pequena ou distante do visualizador, não há tanta necessidade de alta resolução espacial já que o olho humano não terá tanta capacidade de resolver e perceber os detalhes.

Diferentes tecnologias podem propiciar o melhor ou pior aproveitamento desse elemento de qualidade de imagem. Vale lembrar que na medida em que aumentamos a resolução espacial, maior será o volume de informação e dados para retratar a imagem. Com isso, maiores resoluções espaciais de imagem demandam tecnologias de compressão que sejam mais adequadas e otimizadas à faixa de trabalho. Nesse aspecto surgem desafios tanto para a compressão dos dados, bem como para as técnicas de transmissão que possam viabilizar o transporte e entrega de todo o volume de informação necessário. Vale também comentar que os requisitos técnicos de compressão espacial são diferentes quando analisamos o elo de produção e

o elo de transmissão da cadeia de valor: Na área de produção é importante ter alta resolução preservada nos diversos processos envolvidos, que podem sofrer consequências de artefatos de compressão e descompressão em múltiplos processos sequenciais, enquanto que para o telespectador a imagem só será descomprimida uma única vez para ser mostrada na tela de visualização. Por isso, temas como o tipo de codec utilizado e suas evoluções, como o H.264 e H.265, bem como conceitos de uma camada de compressão base (*vídeo base layer*) e de uma camada de melhoria (*vídeo enhancement*), são relevantes e considerados nas tecnologias para a TV 3.0.

Por exemplo, com as evoluções tecnológicas existentes hoje na parte de compressão de vídeo, é possível considerar uma resolução espacial como sendo uma base comum para todos os dispositivos, no vídeo *base layer*, por exemplo, em 1080p, e assim realizar a transmissão base nessa resolução, de tal forma que para dispositivos que demandam ou tenham capacidade de realizar entrega com maior resolução é possível utilizar uma codificação adicional ou melhoria na camada de vídeo *enhancement* que vai oferecer e entregar os dados complementares necessários para compor uma maior resolução, por exemplo, em 4K ou 8K. Dentro desse exemplo de realidade e aplicação já temos hoje soluções como o MPEG-5 Part 2, também chamado de LCEVC (*Low Complexity Enhancement Video Coding*), que oferece a possibilidade de múltiplas camadas de enriquecimento para aumento da qualidade base transmitida.

## 2 - Resolução temporal

É também um dos elementos mais comuns e, talvez, um dos mais antigos utilizados pelas técnicas para melhorar a percepção de imagem. A resolução temporal representa a taxa de quadros por segundo que teremos no vídeo, o que significa que, maior resolução temporal terá maiores taxas de quadros, representando intervalos de tempo mais curtos.

Historicamente o cinema adotou a taxa de 24 quadros por segundo, e a TV evoluiu com taxas de 25 ou 30 quadros. Mais recentemente, na área de produção de conteúdo, surgiram as demandas de cobertura e transmissão de imagens de alta velocidade, também chamadas de *High Frame Rate*, por exemplo, para eventos esportivos, com taxas de 60fps (frames por segundo) ou acima.

A resolução temporal permite retratar com maior

fidelidade imagens ou elementos de imagem que possuam alta velocidade, e dessa forma, com maior quantidade de amostras em intervalos de tempos menores, é possível ter imagens com movimentos mais fluidos e naturais, sem a sensação de rastro ou blur de imagem.

É interessante também mencionar que o desafio é sempre oferecer um equilíbrio entre resolução espacial e temporal, de modo que a imagem capturada ou transmitida seja a mais adequada ao telespectador em sua tela em uso. E de forma similar à resolução espacial, na medida em que aumentamos a resolução temporal também temos o desafio de manipular volumes de dados cada vez maiores, uma vez que teremos maiores quantidades de quadros de vídeo para serem transmitidos e, que possivelmente demandem novas ou melhores

tecnologias de compressão.

O mesmo conceito de camada de compressão base para uma taxa de quadros mais baixa, por exemplo, 60fps, combinada com camadas de melhoria para taxas mais elevadas, por exemplo, a 120fps, podem ser exploradas hoje em dia e abordadas com as tecnologias de compressão mais recentes.

Abaixo temos um quadro resumo com as principais taxas de compressão espacial de acordo com a tecnologia em uso:

Vale mencionar que à medida que temos maior resolução espacial, para melhor percepção

e sensação visual também é necessária maior resolução temporal, e por isso, por exemplo, no caso do 8K a resolução muitas vezes recomendada parte de 120 fps.

Resolução	Resolução	FPS
Standard Definition	720 x 480	30p ou 60i
High Definition	1280 x 720	30p ou 60p
Full High Definition	1920 x 1080	30p, 60i ou 60p
4K	4096 x 2160	24p, 30p, 60p
8K	8192 x 4320	60p, 120p

### 3 - Profundidade de bit

Também muitas vezes mencionado como resolução de bit ou quantização do pixel, esse elemento representa a quantidade de bits utilizados para cada amostra de pixel. Dessa forma é comum adotarmos hoje em dia processamento de sinal com capacidade entre 8, 10 e 12bits para cada pixel de imagem. Em alguns casos, como na área de produção de conteúdo com câmeras de cinematografia digital, é possível ter resoluções mais elevadas da ordem de 16bits.

Na medida em que temos mais pixels para representar uma cor (ou mesmo o sinal de luminância para variações de tom), podemos ter uma escala de gradação de cor com maior precisão, e que retrata de forma mais realista o que temos como capacidade e percepção visual. Por exemplo, utilizando 8 bits, teremos uma capacidade de 256 gradações de tons (28) para uma determinada cor ou para o sinal de luminância. Já se utilizarmos 10 bits, a mesma representação visual será capaz de reproduzir uma escala de 1024 gradações de tom (210). A figura abaixo representa de forma simplificada essa diferença provocada por diferentes profundidades de bit:



comparada ao mundo real.

De forma simplificada e resumida, usando uma escala de bit (base 2), e considerando que o sinal de vídeo é composto pelos sinais RGB, podemos ter as seguintes combinações de cores cobertas por cada resolução utilizada:

Resolução	Pixels/linha	Linhas	Resolução	Terminologia
Standard Definition	720	480	720 x 480	SD, 480p
High Definition	1280	720	1280 x 720	HD, 720p
Full High Definition	1920	1080	1920 x 1080	FHD, 1080p
2K	2048	1080	2048 x 1080	2K
4K	4096	2160	4096 x 2160	4K, 2160p
8K	8192	4320	8192 x 4320	8K, 4320p

Embora a busca possivelmente seja para maximizar a profundidade de bit, vale lembrar que quanto maior a resolução utilizada implicará em maiores volumes de dados para um sinal, e assim impactará e demandará tecnologias de compressão que possam processar e manipular os volumes de dados necessários.

Esses três elementos apresentados, resolução espacial, resolução temporal e profundidade de bit, são essenciais para uma base de qualidade de imagem que permite explorar diferentes possibilidades de aplicações. Quer sejam aplicações móveis, internet/broadband ou mesmo televisão, as tecnologias envolvidas abrem um leque de possibilidades de acordo com cada necessidade existente e por isso são relevantes para o futuro da TV 3.0.

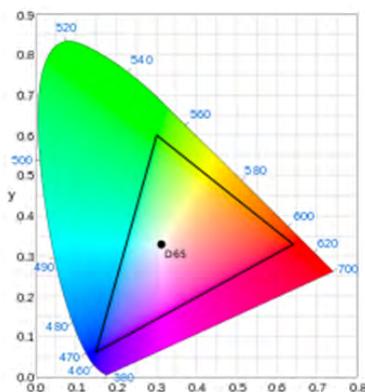
## 4 - Espaço de cores

Esse elemento representa a paleta de cores utilizada e que é coberta pela tecnologia em uso. Muitas vezes também é chamado de espectro de cores ou paleta de cores. Esse elemento é muito importante, pois determina qual a capacidade de reproduzir ou retratar cores.

No mundo real a riqueza de informações e percepção visual se dá decorrente pela capacidade de resolver e retratar as cores, sendo que o olho humano tem uma capacidade de resolução e percepção elevada dessa paleta que vivenciamos e enxergamos no dia a dia. Por outro lado, os sistemas eletrônicos que utilizamos para capturar e recriar imagens possuem limitações, e nem sempre são capazes de capturar todas as cores e suas respectivas variações tanto do ponto de vista da área de captação de imagem e de produção. Por exemplo, um sensor de uma câmera, e uma tela que será utilizada como display de imagem, e que nem sempre será capaz de reproduzir a mesma riqueza das cores capturadas.

Na medida em que as tecnologias evoluíram dos sistemas analógicos para os digitais, e mais recentemente nos últimos anos, com o grande avanço do processamento de sinais, o espaço de cor em uso passou a ser relevante e, muitas vezes, é dito ou referenciado como *Wide Color Gamut*, ou seja, Ampla Gama de Cores em tradução direta, que é um termo utilizado para representar ou fazer alusão de que a paleta de cores é a mais extensa possível com a intenção de se preservar as informações de cores. Nesse sentido é importante referenciar alguns dos padrões já existentes, entre eles o REC.709, DCI-P3 e o BT. 020.

Para representar os espaços de cores de cada padrão, utilizamos o diagrama de cromaticidade abaixo, onde dentro do triângulo temos as cores que são suportadas e cobertas pelo padrão em questão:



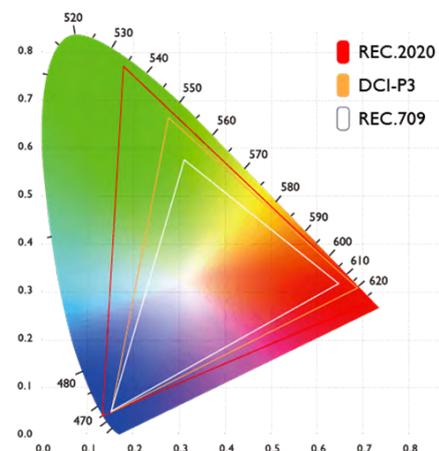
REC.709 ou BT.709

O Rec.709 é um padrão de especificação lançado pelo ITU-R que inclui uma gama de cores exclusiva como parte de sua "lista" mais ampla de especificações. Embora, estritamente falando, o Rec.709 seja um conjunto de especificações que abrange itens além da gama de cores, é comum nos referirmos principalmente à sua gama de cores quando usamos o termo "Rec.709". Em termos de especificidades, o Rec.709 foi lançado em 1990 com uma gama de cores voltada para ajudar a definir as cores para o agora dominante mercado de televisão de alta definição.

O DCI-P3, por outro lado, é um padrão de cores definido pela organização *Digital Cinema Initiatives* (DCI) em 2010. Ele é a gama de cores mais comumente usada pela indústria cinematográfica, particularmente para seus projetores de filmes digitais. Além da indústria cinematográfica, o DCI-P3 também é uma gama de cores utilizada por empresas como Apple, Samsung, Google e outras no setor de dispositivos móveis.

Mais recentemente, a ITU-R lançou o padrão Rec.2020 como uma atualização dos padrões de especificação Rec.709. Semelhante ao Rec.709, o Rec.2020 refere-se a várias especificações que abrangem aspectos de transmissões de vídeo, incluindo uma gama de cores correspondente. Mas enquanto o Rec.709 era o padrão para a TV de alta definição, o Rec.2020 é uma atualização voltada para televisores de ultra-alta definição (4K e 8K).

Em termos de gama de cores, das três discutidas, a gama de cores Rec.2020 cobre a maior área do espaço de cores visível, com um triângulo maior no diagrama de cromaticidade CIE, que abrange as outras duas gamas de cores.



Espaços de cores Rec.709, DCI-P3 e Rec.2020

## 5 - Amplo Alcance Dinâmico (HDR)

O último elemento de qualidade de imagem não menos importante é o relativo ao Amplo Alcance Dinâmico ou *High Dynamic Range* (HDR). Esse é um desenvolvimento mais recente, decorrente das evoluções de tecnologias de sensores de câmeras e de telas de imagem, que permitem reproduzir e retratar o vídeo com um maior nível de realismo no tocante às variações de luminância, ou seja, dos níveis de luz, e também da cromaticidade, de modo a possibilitar uma maior reprodução de cores que se aproximam do olhar ou percepção humana, com mais brilho e mais contraste.

A luminosidade em ambientes naturais varia de forma muito extensa, desde a faixa de 1 Nit (cd/m<sup>2</sup>) em regiões de sombra escuras, até 10 Nits em regiões de sombras claras, até 100.000 Nits em situações de céu limpo com luz solar a pino. Assim, a variação de luminosidade que já é extensa por natureza é ainda

mais extensa quando consideramos que o olho humano tem uma característica de sensibilidade e percepção que não é linear, sendo muito mais sensível.

O desafio no tema do Amplo Alcance Dinâmico é a capacidade de manter esse alcance constante ou maximizado por toda a cadeia de produção de transmissão até o telespectador, a fim de entregar a experiência com a imagem mais realista possível.

as tecnologias envolvidas abrem um leque de possibilidades de acordo com cada necessidade existente e por isso são relevantes para o futuro da TV 3.0. Na próxima edição daremos continuidade com os demais elementos que complementam essa abordagem e análise técnica, abordando as considerações sobre espaço de cor e amplo alcance dinâmico (HDR).

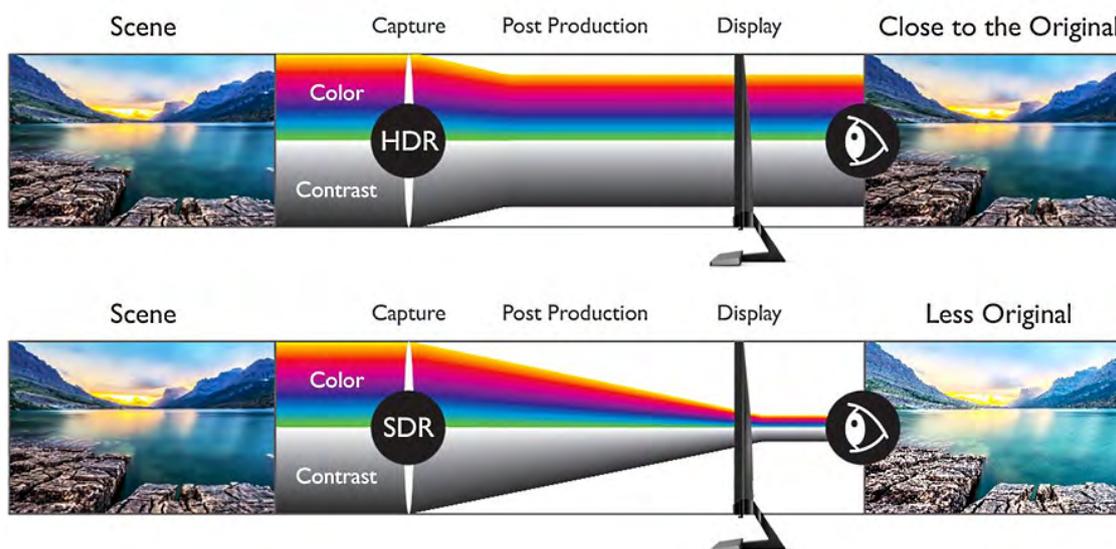


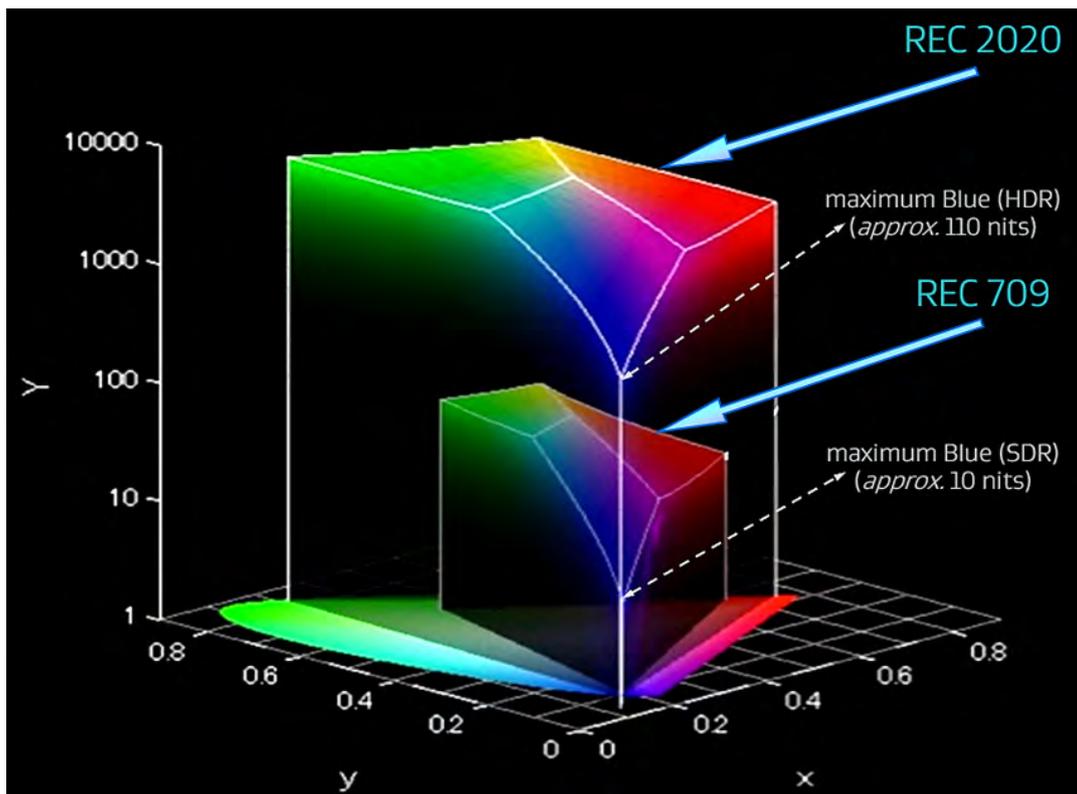
Imagem comparativa da cadeia de produção SDR vs HDR / Fonte : website Benq Europa

Para que essa entrega de imagem mais realista seja possível, a adoção de tecnologias que preservem o HDR devem estar presentes em cada etapa, tanto na cadeia de produção quanto nos elos de transmissão e experiência do telespectador. Um dos grandes desafios é relacionado ao fato de que, na cadeia de produção, os padrões e tecnologias em uso são diferentes dos padrões utilizados nos displays de uso doméstico, já que câmeras e telas de monitores têm diferentes sensibilidades de luminosidade e contraste, dadas as suas aplicações. Por isso, a tecnologia e processamento de HDR, muitas vezes, se fazem necessário com a adoção de padrões de conversão ou compatibilização para correta adequação do sinal para cada finalidade

de uso. Dentro da aplicação da tecnologia em uso, quer seja de um sensor de câmera na captação, ou mesmo de uma tela de display de um monitor ou televisor, fazemos uso de curvas de transferência de função para que o sinal necessário se adeqüe à aplicação, reduzindo assim eventuais limitações de cada elemento. Neste sentido, existem as curvas OETF – *Optical Electrical Transfer Function*, existentes e adotadas nos sensores de câmeras para converter sinal luminoso em elétrico, e as telas possuem as respectivas curvas EOTF – *Electrical Optical Transfer Function*, que convertem o sinal elétrico em um sinal luminoso. E é através dessas curvas que se constroem sistemas que contemplem maximizar a entrega do sinal HDR.

Quando consideramos a intensidade luminosa do sinal HDR vs SDR e também o espaço de cores em uso, é possível definirmos o volume de cor, que no

caso do HDR é bem mais rico e intenso que o SDR, conforme demonstrado no diagrama abaixo:



Espaço de Cores vs Volume de Cores: SDR vs HDR / Fonte: Dolby Laboratories

Diante das evoluções dos displays utilizados em televisores e dispositivos móveis que suportam de forma ampla aplicações para HDR, o suporte a essa tecnologia se torna relevante na evolução da TV 3.0, que de forma similar ao mencionado com referência à resolução espacial e temporal, é possível ser suportado e implementando, por exemplo, com o uso de tecnologias de compressão com uma abordagem

de camada base (*vídeo base layer*) e também de camadas de melhorias (*vídeo enhancement*). E dentro dessas possibilidades tecnológicas disponíveis, as mais variadas padronizações da indústria podem ser consideradas, a fim de se suportar as diferentes funções de transferências necessárias (EOTF) e tecnologias mais recentes como, por exemplo, metadados dinâmicos de conteúdo.



**Erick Soares de Oliveira** é engenheiro eletrônico pela FEI com Pós em Administração de Empresas pela FIA, com foco em novas tecnologias, fluxos de trabalho, produtos e soluções. Líder de uma ampla gama de soluções relacionadas a produções ao vivo, notícias e esportes, bem como fluxos de trabalho de cinematografia digital, arquivamento e pós-produção. Na atualidade se desempenha como especialista em Pré-Vendas apoiando atividades de vendas e marketing na Wildmoka, com um amplo conjunto de habilidades desenvolvido por meio de uma variedade de funções, desde pré-vendas e suporte de vendas até arquitetura e design de soluções, suporte ao cliente, marketing técnico de produto e tecnologia.

**Contato:** [erick.soares.de.oliveira@gmail.com](mailto:erick.soares.de.oliveira@gmail.com)