

Texto extraído de

BALAN, W.C. **A iluminação em programas de TV: arte e técnica em harmonia.** Bauru, 1997. 137f. Dissertação (Mestrado em Comunicação e Poéticas Visuais) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, UNESP Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 1997.

2.0 – A Técnica: A luz e a formação da imagem na TV**2.1 - A contribuição do Olho Humano**

A natureza é sábia. E com toda sua sabedoria dotou o homem de vários órgãos que permitem ao homem se comunicar.

O olho, carinhosamente apelidado de janelas para o mundo, é sem dúvida um dos elementos inspiradores dos artistas plásticos. Através deles a sensibilidade pode ser explorada, proporcionando emoções e diferentes interpretações.

O estudo da anatomia do olho humano foi, sem dúvida, fundamental para dar a primeiras noções sobre a formação da imagem.

Esta dissertação não tem a pretensão de estudar anatomia, mas consideramos de fundamental importância entender o processo da visão, para facilitar a compreensão da formação da imagem na TV.

O globo ocular é formado pela esclera, a parte branca do olho; a córnea, que é uma lente onde primeiramente passam os raios luminosos; a íris, onde está localizada a pupila, que tem a função de abrir ou fechar, deixando passar maior ou menor intensidade de luz; o cristalino, que é a lente responsável em ajustar automaticamente o foco da visão próxima ou distante; e a retina, que é a parte onde os raios luminosos são projetados.

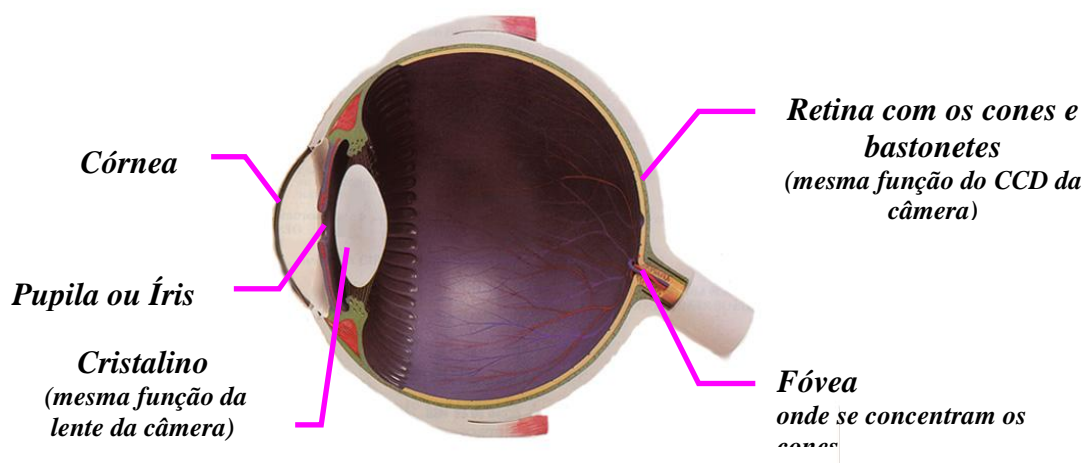


Fig. 30: Corte do globo ocular

Na área central da retina está localizada a fóvea, que é uma depressão onde se dá o centro da projeção.

A retina é formada por milhões de células sensíveis à luz. A fóvea tem a maior concentração destas células, que são sensibilizadas pela intensidade luminosa que recebem e transformam o sinal luminoso em estímulos elétricos, que enviam por meio do nervo óptico as informações ao cérebro que por sua vez identifica a imagem como um todo.

Existem dois tipos de células sensíveis a luz espalhadas pela retina: os bastonetes e os cones. Os bastonetes tem capacidade para perceber o claro e o escuro, ou seja os níveis de cinza de uma imagem, desde o preto até o branco. O homem tem capacidade de distinguir até 150 níveis distintos de tons de cinza.

Os cones por sua vez, são divididos em três categorias: os que são sensibilizados apenas pelos componentes vermelhos, os que percebem apenas os componentes verdes e os que são estimulados apenas pelos componentes azuis da luz que recebem.

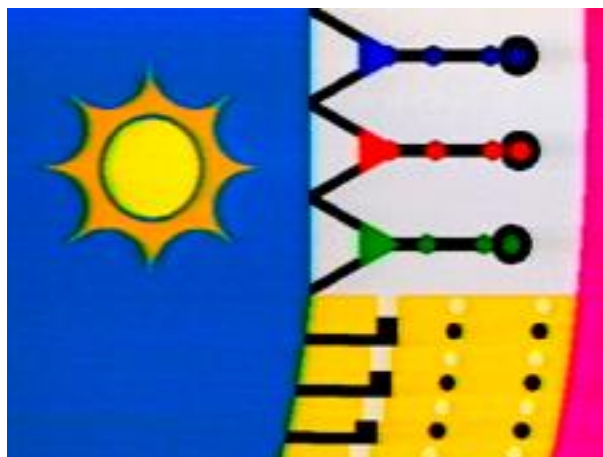


Fig. 31: Detalhe de cones e bastonetes na retina

A mistura proporcionalmente adequada destas três cores gera qualquer outra cor do espectro de luz visível.

A justificativa para o vermelho, o verde e o azul serem as cores básicas é que o vermelho é a menor frequência de luz visível percebida pelo homem, abaixo dela está o infravermelho. O azul é a maior frequência de luz visível percebida pelo homem, acima dela está o ultravioleta. E o verde é a frequência de nível mais alto e intermediário entre o vermelho e o azul. A mistura proporcional destas três cores gera qualquer outra cor visível. Por isso o vermelho, o verde e o azul são consideradas as cores básicas para a luz e estão na faixa de frequência visível cujo comprimento de onda vai de 400 a 700 nanômetros ⁽¹⁾.



Fig. 32: Espectro da luz visível

¹ Nanômetro: unidade de medida que corresponde a 10^{-9} mm.

Vale lembrar que as cores básicas para tinta diferem das cores básicas para luz. A tinta é pigmentação e a luz é frequência do espectro de frequências.

2.2 - A formação da imagem na televisão

Com o conhecimento da formação da imagem no olho humano e com a união de várias descobertas da física o homem pode dar seu passo para a invenção da TV.

As dimensões 4 para 3 da tela foram herdadas do cinema, que na época utilizava o filme de 16 mm, e apresentava este formato.

Com o tempo o cinema evoluiu para a dimensão 9 x 5, cinemascope, cinerama e outros, porém a TV só vislumbra a mudança de formato com o surgimento da TV de alta definição.

O princípio de tudo é a luz. Tanto no cinema quanto na fotografia, a câmera possui um conjunto de lentes que projeta sobre um elemento sensível os raios de luz refletidos pelos objetos enquadrados. Os elementos sensíveis à luz estão dispostos no filme ou película.

Na câmera de TV, ou cinema, a córnea e o cristalino foram substituídos pelo conjunto de lentes. A íris do olho humano nomeou a íris do conjunto de lentes, com a mesma função: controlar a quantidade de raios luminosos que penetram nos elementos sensíveis. A retina deu lugar à película, no caso do cinema e fotografia, e ao tubo de imagem ou CCD no caso da televisão.

Na película, tanto do cinema quanto da fotografia, os raios luminosos sensibilizam os elementos quimicamente fotossensíveis registrando assim a cena com seus tons de claro e escuro. Quando na projeção, novamente uma fonte de luz passa seus raios luminosos pela película projetando na tela os tons de claro e escuro reproduzindo as cenas registradas.

A película tem seus elementos fotossensíveis formados por minúsculos pontos dispostos lado a lado, como se fosse um mosaico onde cada elemento é sensibilizado por um ponto da imagem captada. Quanto mais pontos, maior número de detalhes podem ser registrados.

A televisão funciona com o mesmo princípio. A câmera de TV é composta pelo conjunto de lentes, pelo corpo processador da luz e pelo sistema de monitoração do vídeo chamado “*viewfinder*”.

A luz refletida pelos objetos enquadrados é projetada através das lentes para um conjunto de elementos sensíveis da câmera que transforma os sinais luminosos em sinais elétricos. A semelhança com o cinema e fotografia terminam neste ponto.

Na TV estes sinais, a partir do momento que a luz é transformada em sinais elétricos, passam a ser processados eletricamente através de amplificadores, redutores de ruído e filtros eletrônicos, de tal forma que possam ser gravados ou transmitidos ao vivo.

Mas qual é o processo da formação da imagem na TV?

Para que a imagem possa ser formada eletronicamente, a luz projetada sobre os elementos que transformam a luz em sinais elétricos são varridas ponto a ponto.

Vamos falar primeiro do sistema de transformação da luz em sinais elétricos utilizando o tubo de imagem. O Tubo de Imagem, ou Tubo de Raios Catódicos - CRT, foi o primeiro sistema utilizado, hoje substituído com muitas vantagens pelo CCD - *Charge Couple Device*. Porém para melhor compreensão deixaremos para falar do CCD quando o sistema estiver claro com o Tubo de Imagens.

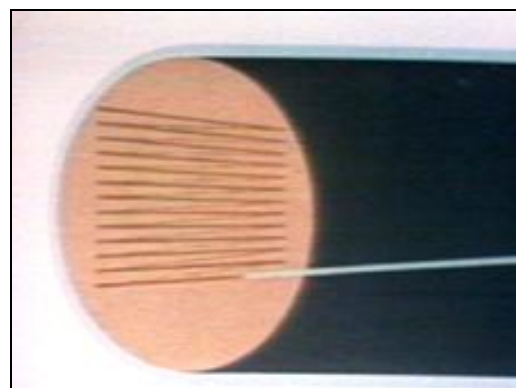
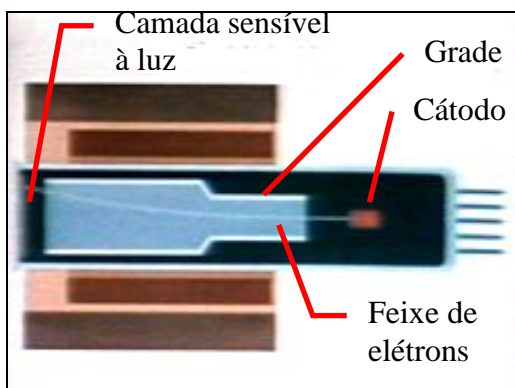


Fig. 33: Desenho esquemático do tubo da câmera Fig. 34: Feixe de elétrons fazendo a varredura no elemento sensível do tubo

Como no olho humano, a imagem não pode ser formada como um todo. Ela é varrida ponto a ponto, onde cada ponto registra a intensidade de luz que aquele ponto representa no todo da imagem. É como a pintura com a técnica do pontilhismo. Se olharmos bem de perto veremos apenas pontos claros e escuros com seus tons intermediários. A distanciarmos o olhar da tela percebemos

que o conjunto de pontos forma uma imagem. Quanto mais pontos forem colocados, mais detalhes percebemos na imagem.

O Tubo de Imagens é formado por um cilindro de vidro onde, de um lado tem uma superfície construída com muitos elementos químicos individuais dispostos lado a lado formando uma linha. Cada ponto, também chamado "*pixel*", é um elemento sensível à luz. A TV brasileira trabalha com o padrão americano denominado "M", que utiliza 525 linhas para formar uma imagem, sem movimento, completa, chamado "quadro" ou no seu termo original "*frame*". O padrão de 525 linhas por quadro é utilizado devido ao sincronismo da nossa rede de energia elétrica que trabalha com 60 Hz (sessenta hertz) como frequência, Países onde a energia elétrica é gerada com a frequência de 50 Hz como Alemanha, Argentina, e outros principalmente na Europa, o sincronismo da imagem é formada por 625 linhas por quadro e 25 quadros por segundo para dar a sensação de movimento.

Quando a luz refletida pelo objeto enquadrado é projetada sobre os elementos sensíveis, cada elemento, ou pixel, é sensibilizado com maior ou menor intensidade, conforme a luz que bate naquele ponto. Luz mais clara, maior sensibilização, luz mais escura, menor sensibilização.

Do outro lado do cilindro é colocado um filamento que aquece quando submetido à uma alimentação elétrica. Logo a frente do filamento há um metal chamado cátodo, que emite elétrons quando submetido ao calor gerado pelo filamento. Entre o cátodo e a superfície sensível à luz há um conjunto eletromagnético chamado grade, que atrai os elétrons liberados pelo cátodo, dando-lhes velocidade. Quando a grade dá velocidade aos elétrons, eles passam a se movimentar organizadamente em uma mesma direção formando um raio ou um feixe de elétrons. Existem ainda dois eletroímãs do lado de fora do tubo, dispostos horizontalmente e verticalmente. Estes eletroímãs tem a função de desviar o feixe de elétrons para cima e para baixo, para direita e para a esquerda.

Quando a luz refletida pelos objetos enquadrados pelas lentes é projetada sobre o conjunto de *pixels*, cada ponto é sensibilizado isoladamente desequilibrando a carga elétrica positiva e negativa. Quanto mais clara a luz que atinge determinado pixel, maior o grau de desequilíbrio entre cargas, quanto menor a intensidade de luz que atinge o pixel, menor o desequilíbrio de cargas. Em seguida o feixe de elétrons em forma de raio varre

cada linha passando por todos os elementos sensíveis provocando uma compensação de cargas elétricas de tal forma a equilibrar novamente a quantidade de cargas positivas e negativas de cada elemento.

Neste momento o diferencial de cargas de cada pixel é descarregado por um circuito elétrico gerando diferentes níveis elétricos para cada ponto, seqüencialmente, sendo que para sinais claros, que provocaram maior desequilíbrio de cargas, maior a intensidade elétrica; para sinais escuros que provocaram menor desequilíbrio de carga, menor a intensidade elétrica.

Este processo, chamado de “modelo de varredura”, começa no alto da tela e “varre” ponto a ponto em cada linha, da esquerda para a direita, de cima para baixo. Cada varredura desta, forma um quadro parado da imagem.

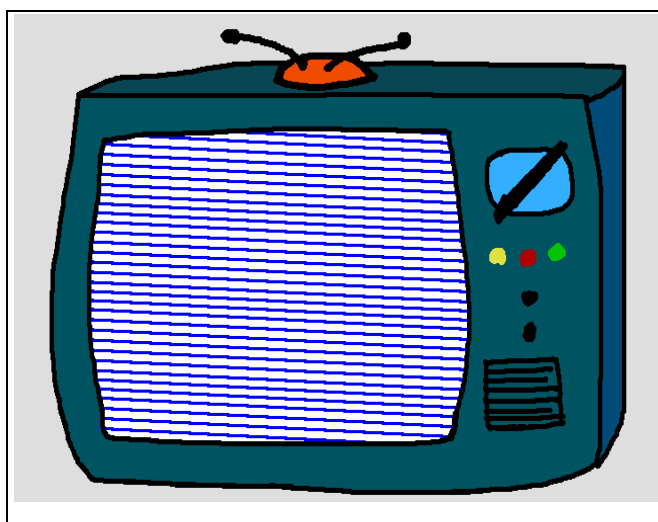


Fig. 35: Modelo de varredura no televisor

Esta varredura acontece uma vez a cada $1/30$ de segundo e se repete 30 vezes no intervalo de tempo de um segundo dando então a impressão do movimento, que como no cinema, é uma sucessão de quadros parados.

A impressão que temos ao observar o movimento da imagem na TV só ocorre por uma característica da visão chamada “persistência da visão”. No olho humano, quando a retina é sensibilizada pela luz, o cérebro recebe esta informação como se fosse uma imagem sem movimento e imediatamente as células da retina se renovam sendo sensibilizadas pela nova imagem que foi projetada sobre ela. Este processo demora um pequeno intervalo de tempo. É o tempo suficiente para que o cérebro não perceba a imagem como vários quadros parados, mas sim como uma seqüência de movimento.

O cinema adota a projeção de 24 quadros por segundo, que já é suficiente para o olho não perceber os quadros parados. No entanto a televisão utiliza-se de varredura eletrônica, alimentada pela rede elétrica que é gerada a 60 ciclos por segundo ou a 50 ciclos por segundo, conforme o país. Como os circuitos elétricos dependem de sincronização de varredura, foi necessário criar uma padronização.

Por isso, em países como Brasil, Estados Unidos, e todos que tem sua energia elétrica gerada por usinas onde o gerador elétrico gera energia a 60 ciclos por segundo, ou 60 Hertz, a imagem é formada por 525 linhas de elementos sensíveis e o movimento com a projeção de 30 quadros parados para cada 1 segundo de movimento. Em países onde o gerador elétrico gera energia a 50 ciclos por segundo, ou 50 Hz, como o Paraguai, França, Alemanha, o mosaico de elementos sensíveis é formado por 625 linhas, sendo que são varridos 25 quadros parados para cada 1 segundo de movimento.

Isto ocorre porque o feixe de elétrons que varre os elementos sensíveis são sincronizados para ler a primeira linha em tempo pré-determinado tendo por base a ciclagem da energia elétrica que alimenta o sistema. Caso esta sincronização não fosse respeitada, a imagem seria formada com faixas escuras passando pela tela, chamadas de “batimento”. Este batimento pode ser visto com facilidade quando utiliza-se uma câmera de TV enquadrando uma tela de computador. Como o sincronismo é diferente, surgem faixas passando pelas imagens que não são percebidas a olho nu.

Depois que a imagem foi captada pela câmera de TV, transformadas em sinais elétricos, ela pode ser gravada, processada ou transmitida.

No televisor ocorre o processo inverso da câmera. O tubo de imagem da TV é formado por uma superfície de vidro banhada por um produto químico, o fósforo, que brilha quando atingido por um feixe de elétrons. Como no tubo da câmera, o tubo da TV possui um filamento que aquece um cátodo, que por sua vez libera elétrons quando aquecido, tem uma grade que acelera os elétrons em uma mesma direção formando um feixe de elétrons e conta com dois eletroímãs que movimentam o feixe de elétrons de cima para baixo e da esquerda para a direita. A varredura que a câmera fez no momento de transformar a luz em sinais elétricos é sincronizada no televisor. O feixe de elétrons na câmera

começou a varrer os elementos fotossensíveis na primeira linha superior, lendo linha a linha até a última linha na parte de baixo da tela. Sincronizado com a câmera, o televisor joga o feixe de elétrons na primeira linha da tela e varre linha a linha até a última linha na parte de baixo da tela. Como cada ponto no tubo da câmera gerou uma intensidade elétrica, esta intensidade vai se reproduzir gerando feixe de elétrons mais fortes ou mais fracos no tubo da TV. Para cada ponto, o feixe de elétrons toca na camada sensível da tela, de forma que, para sinais com maior intensidade elétrica o ponto brilha mais, para menor intensidade elétrica, o ponto brilha menos. Na visão do todo, a imagem passa a ser formada pela união de todos os pontos da tela como um só conjunto, sendo que os *pixels* mais brilhantes formam as partes claras e os *pixels* menos brilhantes formam as partes escuras de uma cena. Entre o todo claro e o todo escuro para cada ponto, estão os níveis intermediários de luz, que formam as nuances dos tons de cinza.

A televisão trabalha com até 30 níveis distintos entre o preto e o branco. É a chamada relação de brilho e contraste de 1:30 (de um para trinta). O cinema consegue trabalhar entre 50 e 70 níveis de cinza enquanto o olho humano distingue entre 100 e 150 níveis de cinza. Este conceito é um componente importante para sabermos como trabalhar a iluminação, respeitando as características técnicas da TV e que veremos mais tarde, quando explanarmos as questões de diferença de qualidade de iluminação e fotografia entre TV e cinema.

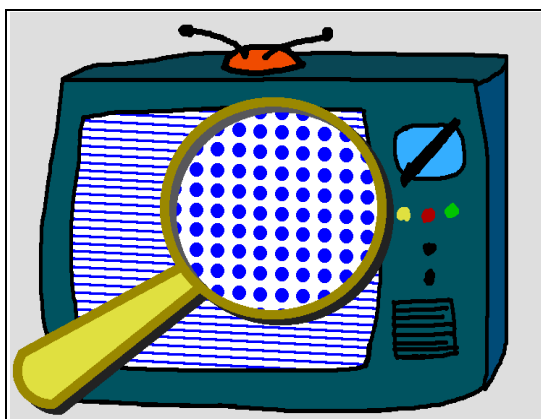


Fig. 36: *Pixels formando linhas*

Mas, voltando a falar da formação da imagem, já sabemos que um quadro parado é formado por 525 linhas, sendo cada linha formada por uma sucessão de pixels.

Mas quantos *pixels* formam uma linha?

A televisão transmite em torno de 450 pontos por linha. No entanto cada tipo de equipamento de TV tem sua característica. Por exemplo, o VT doméstico VHS trabalha com aproximadamente 180 pontos por linha; o sistema de VT profissional U-Matic trabalha entre 260 e 340 pontos por linha dependendo do modelo. Já o sistema Betacam tem em torno de 500 pontos por linha. Quanto mais pontos por linha, mais detalhes podem ser registrados, pois são mais pixels para registros individuais do todo.

Em outras palavras, quanto mais pontos um equipamento consegue registrar, armazenar e processar, mais qualidade técnica ele oferece para produção.

A quantidade de pontos por linha é chamada de “Resolução Horizontal”. É uma característica importante, pois sabendo o tipo de equipamento que vamos utilizar, conhecendo qual a resolução horizontal dele, teremos como determinar o tipo de iluminação mais adequada para registrar uma determinada cena.

2.3 - A imagem colorida na televisão

Mais uma vez copiando o olho humano o homem adaptou a câmera de TV em preto e branco para poder registrar a cor.

No olho, os cones são sensibilizados para perceber os componentes vermelhos, verdes e azuis da cor. A mistura proporcional destas cores básicas pode gerar qualquer outra do espectro de luz visível.

A câmera de TV para captação colorida faz o mesmo processo da câmera que capta preto e branco, porém com um sistema triplo de varredura.

O sistema de lentes é o mesmo, porém a luz é distribuída de forma diferenciada. Foram colocados três tubos de imagens como responsáveis em transformar a luz em sinais elétricos.

Na construção da câmera, logo após o conjunto de lentes, é colocado um cristal que desvia os componentes vermelhos da luz para um dos tubos. Este tubo recebe somente os componentes vermelhos da luz, e recebe o nome de tubo “R” de “*red*” que, em inglês, significa vermelho.

Uma vez desviados os componentes vermelhos da luz, passam pelo cristal os demais componentes. Em seguida um outro cristal desvia os componentes azuis da luz para um outro tubo. Este tubo, que só recebe os componentes azuis, recebe o nome de “B” de “*blue*” que, em inglês, significa azul.

Como a luz é a composição de componentes vermelhos, verdes e azuis e os componentes vermelhos e azuis já foram desviados pelos cristais, o que sobra são os componentes verdes. Estes por sua vez são projetados para um terceiro tubo, que recebe o nome de “G” de “*green*” que, em inglês, significa verde.

Cada tubo então, procede sincronizadamente o processo de varredura pixel a pixel, linha a linha, conforme descrito no sistema em preto e branco.

Os sinais elétricos de “R”, “G” e “B”, são processados separadamente, porém sincronizados, ou seja, enquanto o “R” está lendo o primeiro pixel da primeira linha, o “G” e o “B” também estão lendo o primeiro pixel da primeira linha. E assim sucessivamente.

Depois de passados pelos circuitos eletrônicos necessários para processamento do sinal, as três cores são unidas novamente para a saída de vídeo, que é chamada de “vídeo composto”. É composto pelos sinais elétricos das três cores, mais o intervalo de tempo para o sincronismo vertical, ou seja o momento exato em que os feixes de elétrons dos três tubos devem começar a ler a primeira linha, mais o intervalo de tempo para sincronismo horizontal, ou seja, o momento exato para que os feixes de elétrons dos três tubos comecem a ler o primeiro pixel.

No televisor ocorre o processo inverso. O tubo de imagem possui sua camada sensível formada com três tipos de fósforos: o que emite luz vermelha, o que emite luz verde e o que emite luz azul quando tocados pelos elétrons. No outro lado do tubo, onde estão filamento, grade, cátodo e eletroímãs, são gerados três feixes de elétrons. Um que tem a velocidade controlada pelos sinais elétricos lidos pelo tubo “R”, um que tem a velocidade de elétrons controlada pelos sinais elétricos lidos pelo tubo “G” da câmera e um que tem a velocidade de elétrons controlada pelos sinais elétricos lidos pelo tubo “B” da câmera. Cada feixe de elétrons toca e faz brilhar no tubo o pixel de cor correspondente: o “R” faz brilhar o pixel vermelho, o “G” faz brilhar o pixel verde e o “B” faz brilhar o pixel azul.

Como os feixes de elétrons são sincronizados com o sinal lido pela câmera, numa varredura de 525 linhas por quadro, 30 quadros por segundo, gera-se a impressão do movimento.

Novamente comparando com um pontilhismo, como vemos a tela da TV a certa distância, não percebemos os pixels coloridos, mas sim o resultado da mistura que as proporções adequadas de “R”, “G” e “B” nos oferecem, reproduzindo então a imagem com as cores que foram captadas pela câmera.

O branco e o preto, com seus 30 tons de cinza intermediários, recebe o nome de luminância, ou seja, intensidade de claro e escuro. O branco na TV recebe o nome de “Y”, que é a soma proporcional de “R”, “G” e “B”. As cores, ou seja, as misturas proporcionais de “R”, “G” e “B”, recebem o nome de chrominância. A junção de luminância e chrominância é o resultado final que vemos na tela da TV.

Com o avanço tecnológico na área de televisão, o tubo de imagens, com sua varredura por feixe de elétrons, foi substituído pelo CCD.

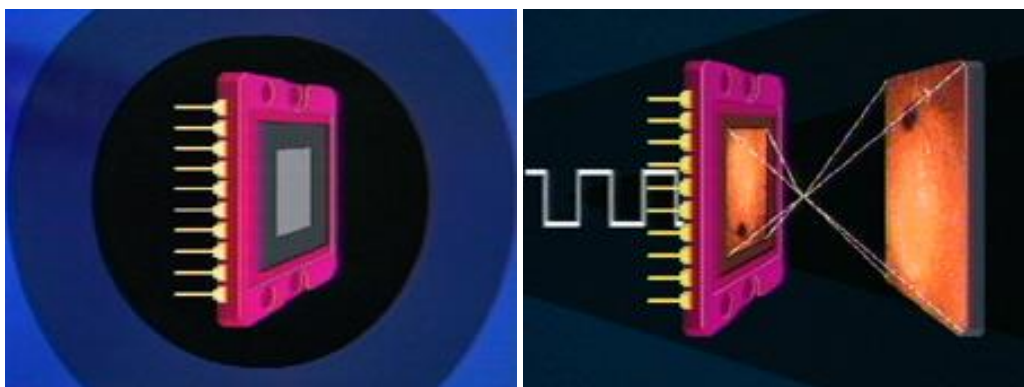


Fig. 37: CCD: substituto do tubo de imagens Fig. 38: Exemplo da varredura no CCD

O CCD tem a mesma função do tubo, ou seja, transformar sinais luminosos em sinais elétricos. Porém com tecnologia de varredura digital e não mais por feixe de elétrons, proporcionando novos recursos visuais. Entre eles o controle de velocidade de varredura que, comparando com uma máquina fotográfica, permite registro de cenas de movimentos rápidos com a mesma qualidade de uma cena parada, sem manchas nem borrões. Entre outras vantagens, a economia no consumo de energia elétrica, e menor tamanho, permitindo o surgimento de câmeras de TV com maior qualidade e definição, maior autonomia de trabalho com baterias e maior portabilidade, podendo ser transportada com facilidade. Câmeras com alta sensibilidade para captação em ambientes menos iluminados também só foi possível graças ao CCD.

Com o CCD, a tendência é aproximar a qualidade de captação de imagens de TV com a qualidade da película. Ainda vamos tratar da questão qualidade.

A tecnologia de CCD permitiu o avanço em muitas outras áreas, além da televisão. Um exemplo é a medicina, com o surgimento de micro-câmeras utilizadas dentro do paciente em cirurgias, reduzindo riscos de infecções hospitalares e menor tempo de internação.

2.4 - A temperatura de cor

Cor tem temperatura?

Se tem, então a cor azul deve ser bem fria e a vermelha deve ser bem quente.

Mas de onde o conhecimento popular tirou estas relações?

Temos todos em nosso repertório, que o vermelho é quente porque nos remete ao fogo. O branco azulado nos remete às geleiras refletindo céu azul, dando-nos a relação de cor fria.

Porém na TV não é esta a relação.

Enquanto o cinema e a TV funcionavam em preto e branco não havia esta preocupação, pois o que interessava era o branco, o preto e seus tons intermediários na escala de cinza, a relação de contraste de 1 para 30 no caso da TV.

Para iluminar as cenas do cinema ou da TV em preto e branco, bastava que a luminária gerasse a intensidade de luz suficiente para atender a relação de contraste adequada.

Com o cinema e a TV registrando cenas coloridas novos componentes começaram a surgir.

Para entender este processo, precisamos entender primeiro como a cor é composta.

Como já citamos (fig. 30), a luz visível está na faixa que vai desde o vermelho, passando pelo verde até chegar ao azul. Abaixo do vermelho está o infravermelho, já como luz não visível e acima do azul está o ultravioleta também como luz não visível.

A luz gerada pelo sol tem praticamente todos os componentes de cor. O vermelho, verde e azul são as cores primárias. As cores secundárias são o amarelo que é a mistura do vermelho com o verde, o magenta que é a mistura do azul com o vermelho e o cian que é a mistura do verde com o azul. Com todos estes componentes misturados, recebemos esta luz como sendo branca.

Porém utilizando um prisma é possível decompor a luz branca gerada pelo sol nas cores acima citadas. Quando vemos um arco-íris, na verdade estamos vendo a luz branca do sol sendo decomposta em seus

componentes de cor, pois as gotículas de água que estão no ar funcionam como prisma.

Os objetos que o olho humano vê são, na verdade, a luz refletida pelos objetos, que é transformada em sinais elétricos pelos cones e bastonetes da nossa retina. Dessa forma, o que o olho vê é a luz que foi refletida daquele objeto.

Se o objeto for branco, e o que o olho vê é a luz refletida pelo objeto, logo aquele objeto tem a capacidade de refletir todos os componentes de cor que a fonte de luz está jogando sobre ele. A somatória de todos os componentes de cor resulta no branco.

No entanto, se vemos uma folha verde, isto significa que aquela folha está recebendo todos os componentes de cor na luz que recebe, porém absorve alguns componentes de cor e reflete os componentes verdes.

Logo podemos afirmar que a folha é verde porque reflete os componentes verdes da luz que recebe. Uma maçã é vermelha porque reflete os componentes vermelhos da luz que a ilumina. Um tecido é preto porque absorve praticamente todos os componentes de cor e não reflete nada, logo é preto: é a ausência de luz..

Uma experiência que pode ser feita é a seguinte: entre em um quarto, observe quantos objetos coloridos existem no local. Em seguida feche todas as janelas, apague todas as luzes, deixe o ambiente totalmente escuro. Olhe agora para os objetos e identifique a cor de cada um. Obviamente nada será visto, estará tudo escuro, pois não houve uma fonte de luz para que os objetos refletissem e então pudéssemos identificá-los dizendo sua forma ou cor.

Dentro deste conceito, começamos a entender a importância da fonte geradora de luz para iluminar uma cena para cinema ou TV colorida. Aparentemente, com os dados que temos até agora, a cor pode mudar em função da luz que a ilumina.

Com estas informações foram realizadas pesquisas para saber qual o melhor tipo de fonte de luz para iluminar as cenas para cinema ou TV colorida. Qual a temperatura de cor adequada para que os objetos enquadrados fossem registrados com a melhor fidelidade possível do original.

Em um dos estudos feitos para determinar o padrão de luz, foi colocada uma tela branca onde na metade dela era projetada a luz do sol, e na

outra metade projetada a luz gerada por um cubo de 01 (um) centímetro cúbico cujo material era o mesmo utilizado na fabricação dos filamentos das lâmpadas elétricas: o tungstênio.

Olhando para a tela, um grupo de pessoas deveria comparar e identificar em que momento o branco da luz projetada pela luz do sol seria igual ao branco da luz projetada pelo cubo de tungstênio.

O cubo começou então a ser aquecido. Começou a ser projetada uma luz avermelhada, passando pelo alaranjado, ficando amarelado, esbranquiçado e azulado.

Quando o grupo de pessoas identificou que o branco do tungstênio estava igual ao branco do sol, foi medida a temperatura a qual estava o tungstênio aquecido. Mediu-se 3.200° Kelvin (três mil e duzentos graus kelvin). Quando a temperatura do cubo estava abaixo dos 3.200° K, a luz projetada estava amarelada, tendendo para o alaranjado ou avermelhado a medida que a temperatura caía. Quando a temperatura do cubo estava acima dos 3.200° K a luz ficava azulada, tornando-se mais azul à medida que a temperatura subia.

Com isso ficou padronizado que a temperatura de cor adequada para a fabricação dos equipamentos de iluminação era quando gerava a luz com os componentes de cor à 3.200° K.

Essa se tornou então a temperatura de cor padrão para captação de imagens em estúdios de cinema ou TV.

As películas cinematográficas para captação em estúdios ou com iluminação artificial tem seus pigmentos químicos graduados para esta temperatura de cor.

As câmeras de TV para captação colorida tem seus sistemas graduados para “enxergar” o branco de um objeto, quando a luz que incide sobre o objeto tiver os componentes de cor na temperatura de cor a 3.200° K.

Qualquer luz que tenha temperatura de cor abaixo do padrão tenderá para o amarelado, alaranjado ou avermelhado e qualquer luz que tenha temperatura de cor acima do padrão tenderá para o azulado.

2.5 - Os filtros de correção

Foi criada então a tabela de temperatura de cor, apresentando os tipos de fonte de luz e a temperatura de cor correspondente.

9600° k	Tempo nublado
6800° k	Lâmpada Fluorescente
5400° k	Luz do sol ao meio dia
3200° k	Lâmpada de tungstênio
2600° k	Lâmpada incandescente
1800° k	nascer e por do sol
1200° k	

Fig. 39: Tabela de temperatura de cor e fonte de luz.

Com esta tabela os profissionais de fotografia e iluminação passam a ter um referencial sobre as condições da luz para captar, registrar e reproduzir a cena com a maior fidelidade possível do original. Como a câmera trabalha com o padrão de 3.200° K e as diversas fontes de luz variam conforme os componentes de cor que geram, ou seja, em qual temperatura de cor ela está enquadrada, passa a ser necessário o uso de artifícios para transformar as diversas temperaturas existentes para o padrão de 3.200° K.

Estes artifícios são os filtros de correção. Também chamados de gelatinas, os filtros são confeccionados em acetato colorido. Existem filtros amarelos, âmbar, verde, azul, vermelho, enfim, em todas as cores necessárias para se atingir uma correção adequada para cada caso.

A função do filtro é permitir passar ou bloquear determinados componentes de cor de uma fonte de luz.

Sabendo que a câmera precisa receber os componentes de 3.200° K, o profissional deve conhecer qual a temperatura de cor que a fonte de luz está gerando e colocar na frente da luz um filtro de transforma aquela temperatura para o padrão.

Por exemplo, se a fonte de luz gera uma temperatura de cor a 1.200°K , significa que estão faltando componentes azuis na luz. Logo a tendência é a imagem iluminada refletir luz amarelada. Para subir a temperatura de cor deve ser escolhido um filtro que não deixe passar os componentes amarelos ou vermelhos, da luz. Se estes componentes forem eliminados, a tendência é a luz se tornar branca. Ou chegar aos 3.200°K necessários. Para esta operação deverá ser escolhido então, um filtro com estas características, que no caso, deverá ser um filtro azul. No entanto se o azul for muito denso, a temperatura subirá dos 1.200 para mais que 3.200°K , levando a imagem captada a se tornar azulada. Se o filtro escolhido for um azul menos denso, a temperatura subirá dos 1.200 para menos que os 3.200°K , tornando a imagem menos amarelada, porém não ainda branca.

Num outro exemplo, supondo que o objeto é iluminado pela luz do sol. Segundo a tabela o sol por volta de meio dia gera uma luz com temperatura de cor a 5.600°K , que para a câmera de TV estará azulada, uma vez que existem mais componentes azuis e menos vermelhos nesta fonte de luz.

Para chegar aos 3.200°K necessários para a câmera deverá se utilizar de um filtro que bloqueie os componentes azuis da cor da luz do sol. O filtro escolhido deverá ser amarelado, que não deixa passar componentes azuis da luz. Conforme a densidade escolhida, a temperatura de cor poderá estar um pouco acima ou um pouco abaixo dos 3.200°K necessários.

Para definir com precisão a escolha de qual gelatina utilizar, deve-se utilizar o kelvinômetro: um aparelho para medir a temperatura de cor da luz que chega ao objeto iluminado. Com este instrumento torna-se mais fácil decidir qual o filtro a utilizar.

Porém nem sempre dispõe-se de um kelvinômetro. Por esta razão as câmeras de TV já saem de fábrica com dois filtros padrões pré-instalados entre o conjunto de lentes e o elemento fotossensível. Um filtro é azul permitindo subir a temperatura de cor, e outro é amarelo permitindo diminuir a temperatura de cor. Geralmente são identificados como “ 5.600°K ”, para ser utilizado na luz do sol, “ $5.600^{\circ}\text{K} + \frac{1}{4}\text{ND}$ ”, que é para ser utilizado na luz do sol porém quando o dia tem muitas nuvens. As nuvens espalham os raios de luz do sol em todas as direções provocando um aumento na intensidade luminosa, logo o $\frac{1}{4}\text{ND}$, atenua a luz que entra na câmera em $\frac{1}{4}$. O “ND” significa “densidade neutra”, ou seja,

não altera a cor mas sim atenua a luz em 25 % (vinte e cinco por cento) da sua intensidade. A outra identificação na câmera é “3.200° K” que é para utilizar a câmera em condições onde a luz utilizada é artificial, como nos estúdios.

Como os filtros são de uso internacional, foram padronizados códigos internacionais de numeração, sendo que para cada número corresponde a um único tipo de filtro. Por exemplo, o filtro azul mais utilizado para subir a temperatura de cor é o n.º 85.

No decorrer do dia, a temperatura de cor da luz do sol varia conforme o horário.

A luz gerada pelo sol é a mesma em todos os horários. O que muda é o ângulo em que os raios luminosos penetram na atmosfera terrestre. Os estudos de óptica na física mostram que quando há mudança de meio por onde trafegam os raios luminosos, há o fenômeno da refração e da difração.

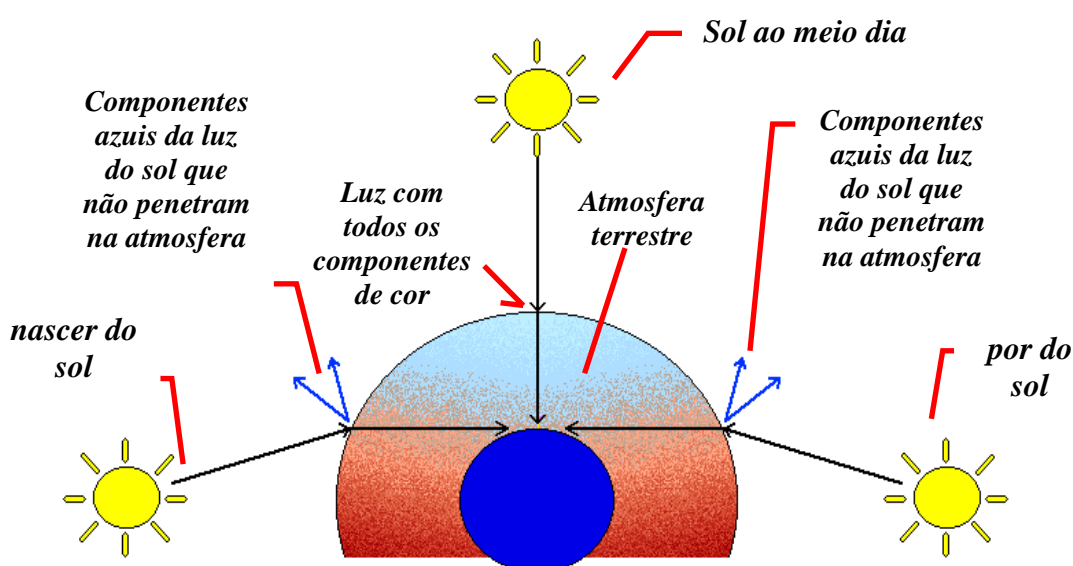


Fig. 40: Temperatura de cor conforme a posição do sol

Quando a luz do sol atravessa do meio “vácuo” para o meio “atmosfera” os raios sofrem o fenômeno e com isso alguns componentes de cor são desviados. Quando o sol está na posição do meio dia, os raios luminosos penetram a atmosfera formando um ângulo de 90 graus em relação à entrada na atmosfera. Neste horário praticamente todos os componentes de cor estão atingindo a superfície da terra. Pela manhã e ao entardecer o ângulo de entrada da

luz do sol provoca uma difração, fazendo com que muitos componentes azuis da luz sejam absorvidos ou devolvidos para fora da atmosfera, não atingindo a superfície da terra. Por esta razão tanto ao amanhecer quanto ao entardecer vemos a luz do sol avermelhada, alaranjada.

A medida que a Terra vai girando em torno do sol, os ângulos de entrada da luz do sol vão mudando, por isso a temperatura de cor que começa pela manhã em menos de 500° K, formando a imagem alaranjada do céu, vai subindo até o sol do meio dia, voltando a cair até o anoitecer. Por esta razão é necessário corrigir o balanceamento de branco da câmera a pelo menos cada hora. Este processo é explicado logo a seguir.

2.6 - O processo de balanceamento de cor

O uso do filtro sobe ou desce a temperatura de cor para próximo dos 3.200° K necessários para a câmera, no entanto nem sempre exatamente no padrão. Por isso as câmeras de TV possuem um sistema para ajustar o balanceamento necessário entre o “R”, “G” e o “B”, de tal forma que quando uma cor branca for captada ela realmente seja registrada pela câmera como branca.

Se um papel branco for observado sob a luz do sol nosso olho o enxergará como branco. Se este mesmo branco for observado sob uma luz incandescente da sala de casa, nosso olho continuará percebendo-o como branco. Porém se atentarmos detalhadamente, no segundo caso perceberemos que é um branco um pouco amarelado. Isto acontece porque a temperatura de cor da lâmpada citada é em torno de 1.200° K, onde faltam componentes azuis na luz. Como nosso cérebro tem uma capacidade muito grande de estabelecer relações automaticamente, apesar do papel estar um pouco amarelado, vamos percebê-lo como branco.

Isto não acontece com a câmera de TV. Aquele mesmo papel branco sob a luz do sol será registrado pela câmera como azulado uma vez que a temperatura de cor da luz do sol está em torno dos 5.600° K e a câmera registra com 3.200° K, e será visto pela câmera como amarelado na segunda situação. Neste momento entra o uso do filtro para corrigir a temperatura de cor.

Como já dissemos, a correção por filtros traz a temperatura próxima aos 3.200° K. A correção correta se dá com o balanceamento de branco pelo sistema eletrônico da câmera.

Existe um microprocessador na câmera com uma equação matemática com fins de correção de cor. O branco para a câmera de TV obedece à fórmula $Y = 40R + 49G + 11B$, onde Y é a luminância, ou o branco, o 40R é quarenta por cento de vermelho, o 49G é quarenta e nove por cento de verde e o 11B é onze por cento de azul. A soma destas proporções dá o branco para TV.

Sabendo destas proporções, e sabendo a fonte de luz utilizada, primeiro o profissional coloca o filtro correto na câmera, em seguida enquadra um papel branco no local iluminado e finalmente aciona o balanceamento de branco da câmera. Nesse momento a câmera assume que aquele papel com aquela iluminação é branco e ajusta a equação matemática com as proporções corretas de RGB de tal forma que o Y tenha os componentes de cor adequados para registrar aquele papel como sendo branco. Assim a câmera passa a processar os componentes de cor que receber dentro das proporções ajustadas. Logo, se um objeto é vermelho, os componentes de cor da luz refletida por ele serão registradas pela câmera como vermelho, pois ela foi previamente ajustada para a temperatura de cor de 3.200° K no momento do balanceamento de branco.

Em resumo, o filtro levou a temperatura de cor para próximo do padrão e o balanceamento ajustou a diferença que faltava para exatamente 3.200° K.

Sempre que a fonte de luz é modificada, por exemplo uma cena começa sob a luz do sol e continua dentro do estúdio, o filtro deve ser trocado e o balanceamento de branco deve ser refeito. Assim o padrão estético fotográfico será mantido e a fidelidade das cores poderá ser reproduzida pela TV.