

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA - IV REGIÃO (SP)



Minicursos 2009

Cor e colorimetria

Ministrante: **Bel. em Química Paulo Cezar M. Tiano**
Diretor da Novas Tendências promoções e treinamento
Contatos: ptiano@osite.com.br

Apoio



São Paulo, 18 de setembro de 2009



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Paulo Tiano

2009



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Histórico

- Século 17
 - Isaac Newton
 - Dispersão da Luz Branca através de um prisma em vários espectros de cor
 - Goethe
 - Possui o mérito de haver proposto a dualidade psico-física das cores e das sensações luminosas.
- Século 18 – Thomas Young
 - Visão Triestímulos – Três detectores sensíveis a cor
- Século 19 – Ewald Hering
 - Teoria das cores oponentes
 - Percepção psicofísica da cor



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

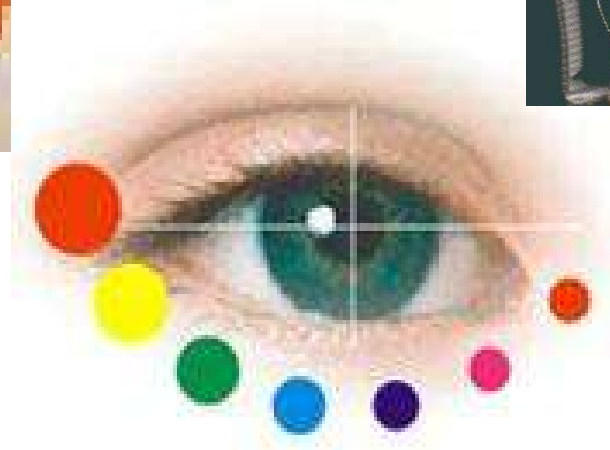
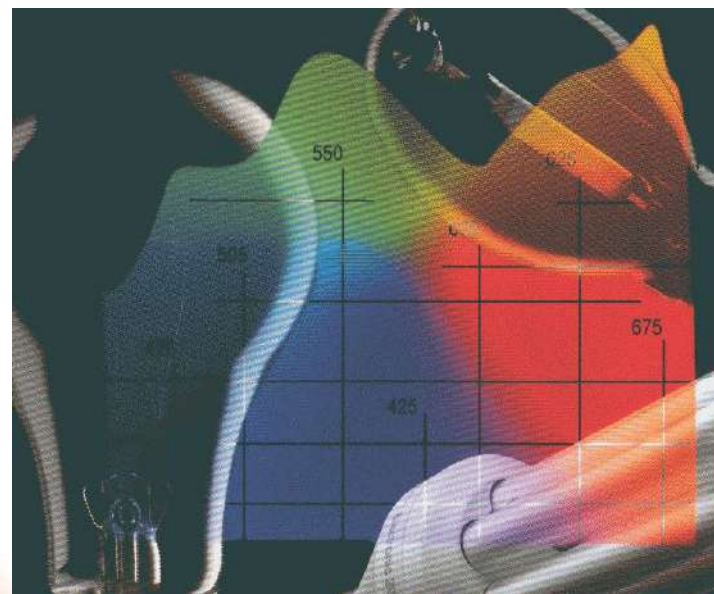
- Século 20/21
 - A.Schuster
 - Teoria da Transferência Radioativa
 - Kubelka e Munk
 - Equação K/S – Baseado nos algoritmos da formulação de corantes.
 - CIE 1924 – Primeira Reunião - Paris
 - CIE 1931 – Observadores Padrões
 - CIE 1931 – Coordenadas Triestímulos
 - CIE 1964 – Observadores Padrões
 - CIE 1976 – Espaço $L^*a^*b^*$
 - 1979 – JPC79 – CMC – Elipses
 - CIE 1994 – Extensão do espaço CIE1976 – Elipses
 - CIE 2000 - Refinamento CIE1994 com a sensibilidade do olho humano.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

O Trinômio

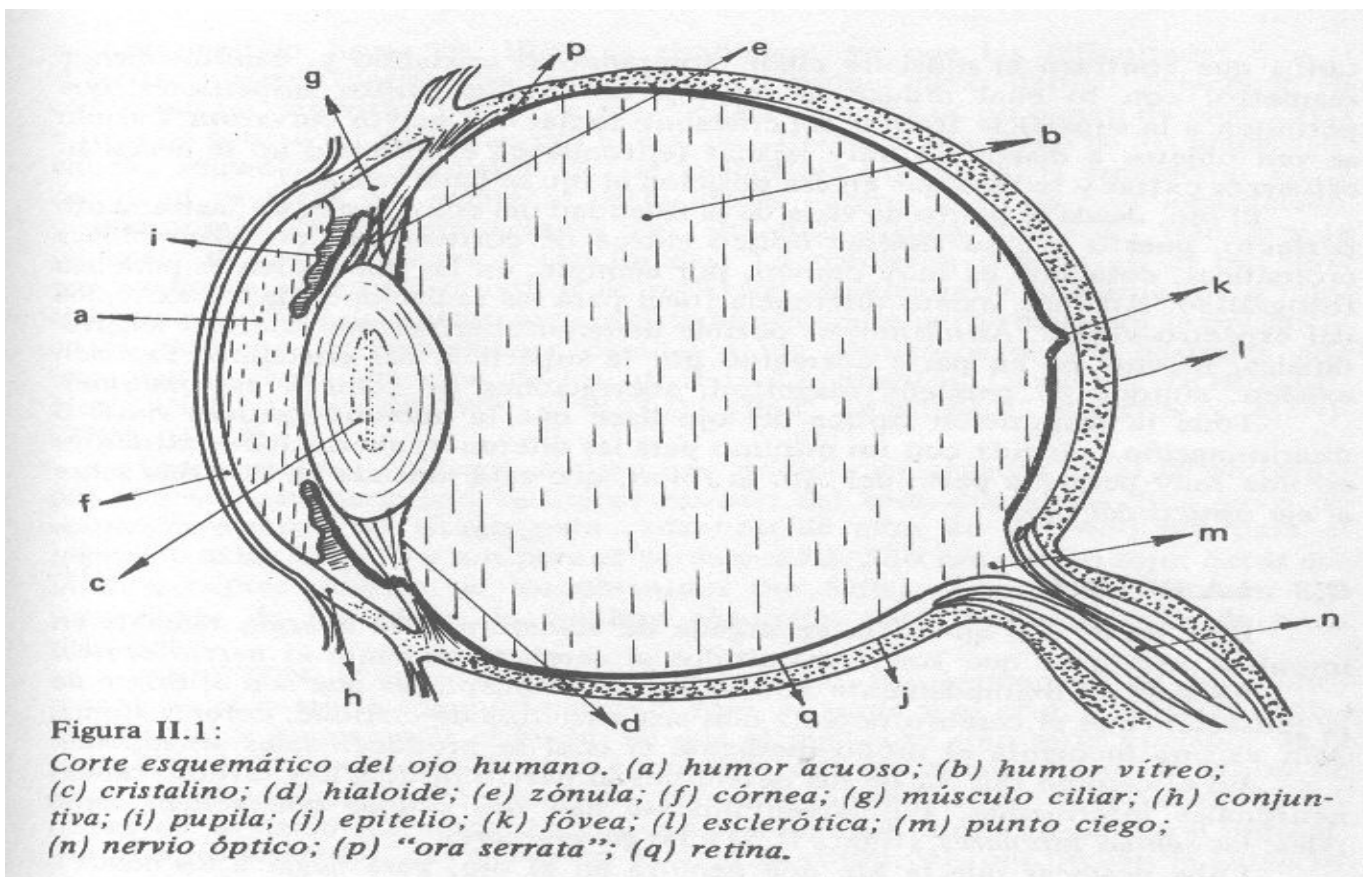




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Olho Humano





Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Mecanismo da Visão

- Retina transforma energia radiante em impulsos nervosos
- 130 milhões de detectores – cones e bastonetes
- Células Bipolares e Células Glanglionares
- Nervo Óptico – 800.000 fibras nervosas
- Cérebro – Córtex - Claridade, cor e forma

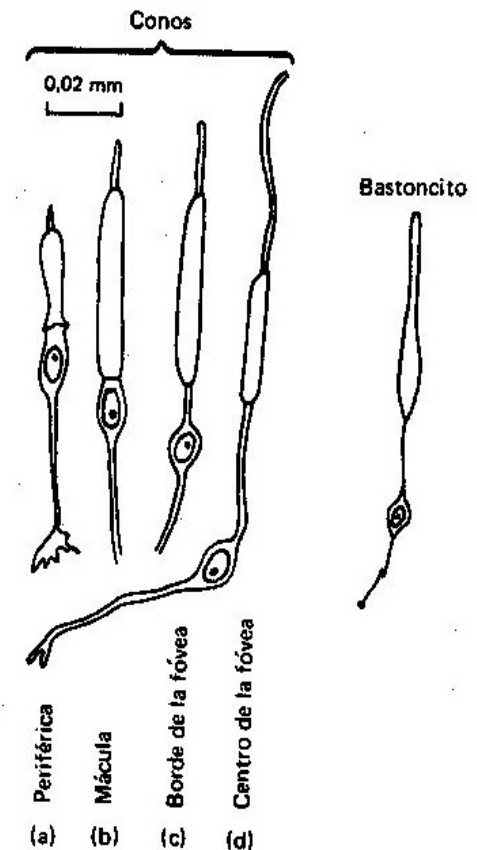


Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Cones e Bastonetes

- Cones – 6 a 7 milhões
 - Sensíveis ao Azul 440-450nm
 - Sensíveis ao Verde 520-540nm
 - Sensíveis ao Vermelho 550-560 nm
 - Visão Fotópica – Diurna
- Bastonetes – 110 à 130 milhões
 - Pigmento Púrpura Visual (Rodopsina)
 - Rodopsina é sensível a luz
 - Visão escotópica - Noturna





Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Fóvea

- Parte da Retina mais sensível
- Recoberta pela macula lútea
- Possui uma quantidade e qualidade dos receptores distinta do resto da retina - Cones.

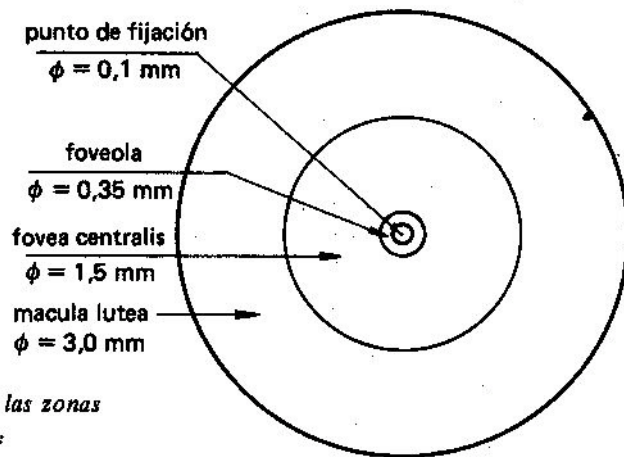


Figura II.3.a:
Dibujo esquemático de las zonas que componen la fóvea.

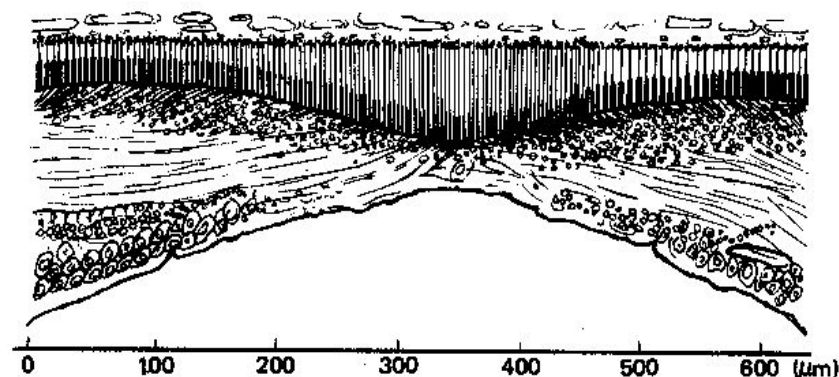


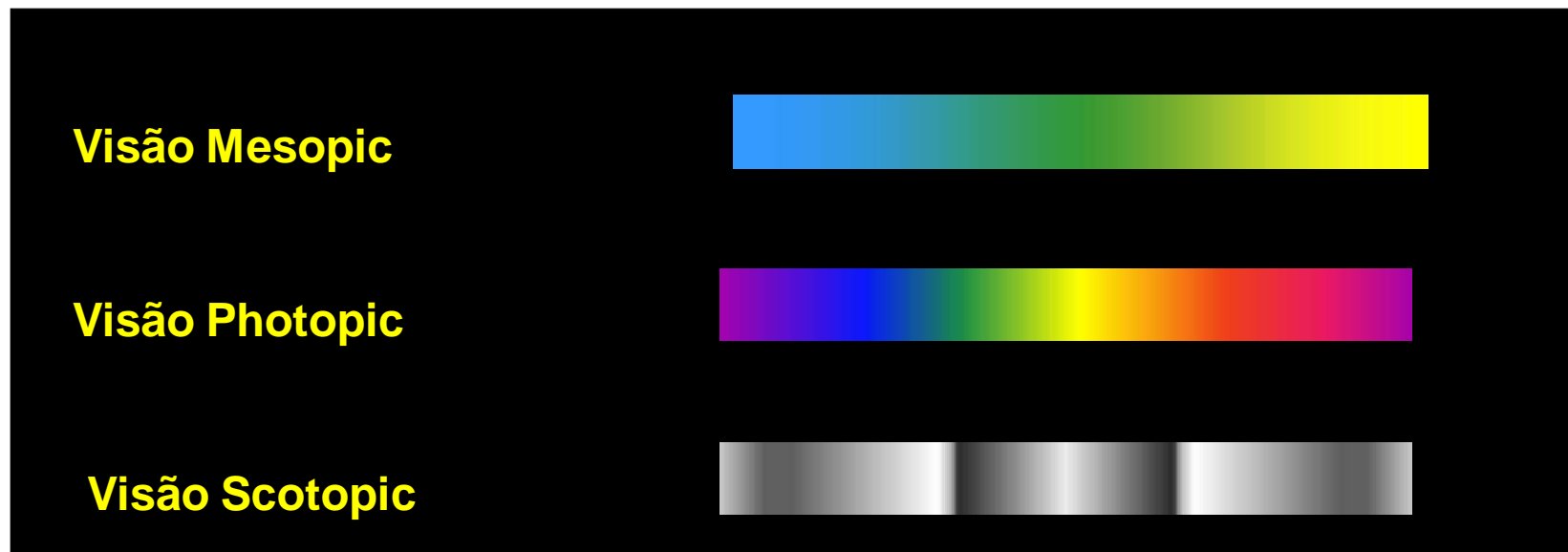
Figura II.3 b.
Diagrama de una sección de la retina a través de la fóvea central en el ojo humano. [s/POLYAK, 1941].



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Efeito Bezold-Bruke



- A visão colorida do espectro visível depende da iluminação. O Efeito Bezold-Bruke descoberto em 1873 define que ao aproximar do nascer do sol nossos cones ainda não estão totalmente ativados então nossa visão de cores limita-se ao azul verde e amarelo. Com mais iluminação temos o acionamento total da Fóvea e todo o espectro pode ser visto. Ao anoitecer somente podemos ver formas onde os bastonetes são ativados.

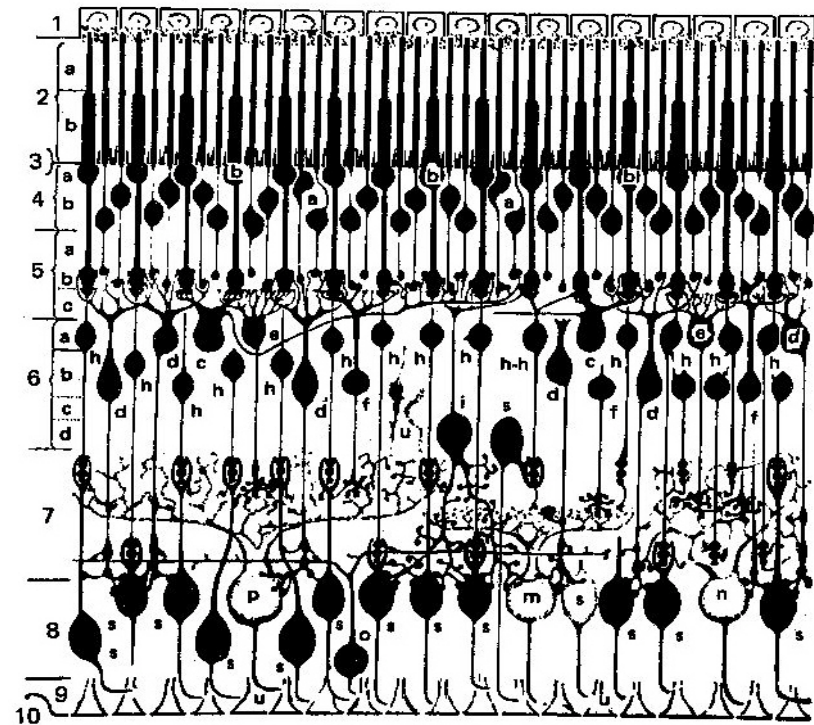


Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Células Bipolares e Glanglionares

- Exercem a conexão entre os cones e bastonetes e o nervo óptico
- 1 célula recebe impulsos de vários receptores
- Responsáveis fluxo luminoso com a pupila

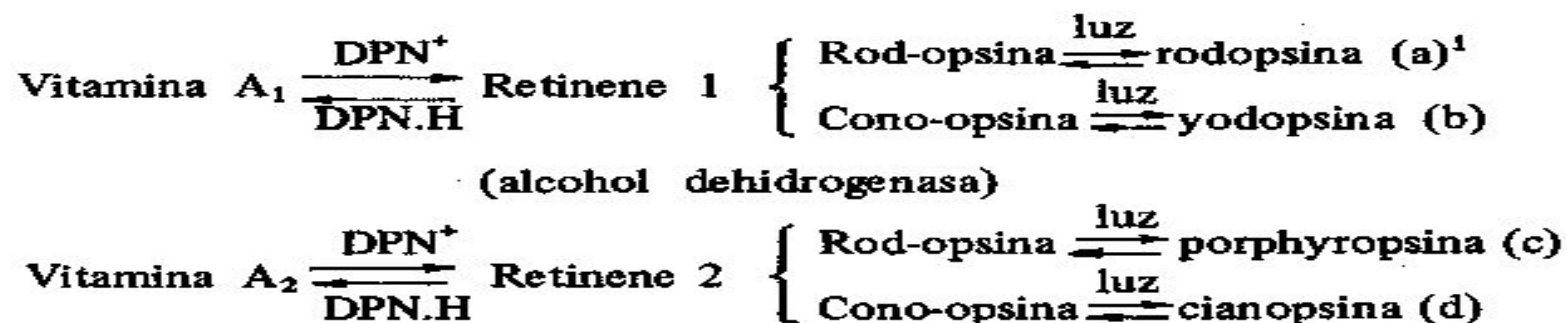




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Teoria Fotoquímica



- Pigmentos absorve a luz se isomerizam e liberam elétrons.
- Na presença da Vitamina A isomerizam novamente e tornam-se pigmentos.
- Retinene é um aldeído da Vitamina A
- Sistema simula uma pilha voltaica



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

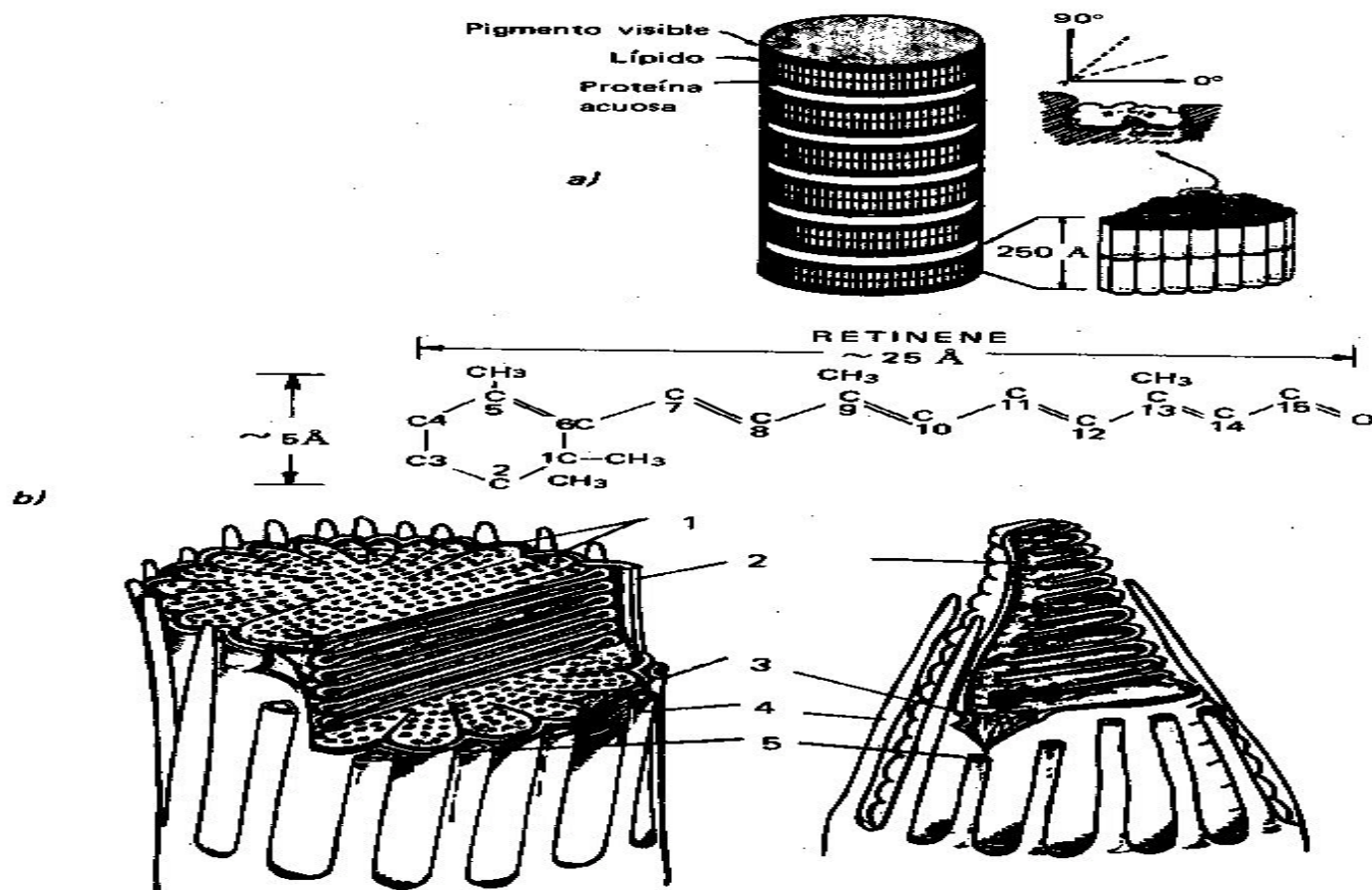


Figura II.7:

Esquema de la estructura molecular para un bastón retinal (a), y de un cono (b): (1) partículas laminares; (2) membrana plasmática del segmento externo; (3) fibras ciliares; (4) dendritas; (5) membrana plasmática de las dendritas. [s/WOLKEN, 1963].



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Eletro fisiologia do Olho

- Funciona com um condensador elétrico que conduz mediante variação de corrente – on-off
- p/ 507nm radiação p/ 1 quantum (energia) temos $3,92 \cdot 10^{-12}$ erg
- Watt = potencia = energia/tempo
- 1 watt é 10^7 erg - exemplo $20W = 10^{21}$ quantum

- Os pigmentos são sensíveis a 1 quantum de energia luminosa
- Para produzir uma SENSACÃO LUMINOSA = 50-150 quantum
- Metade dessa energia luminosa é absorvida pelo globo ocular.
- A quantidade de energia detectável em um lapso mínimo é 1/10 seg
- Fluxo mínimo detectável é $7 \cdot 10^{-12}$ erg/seg



Minicursos CRQ-IV - 2009

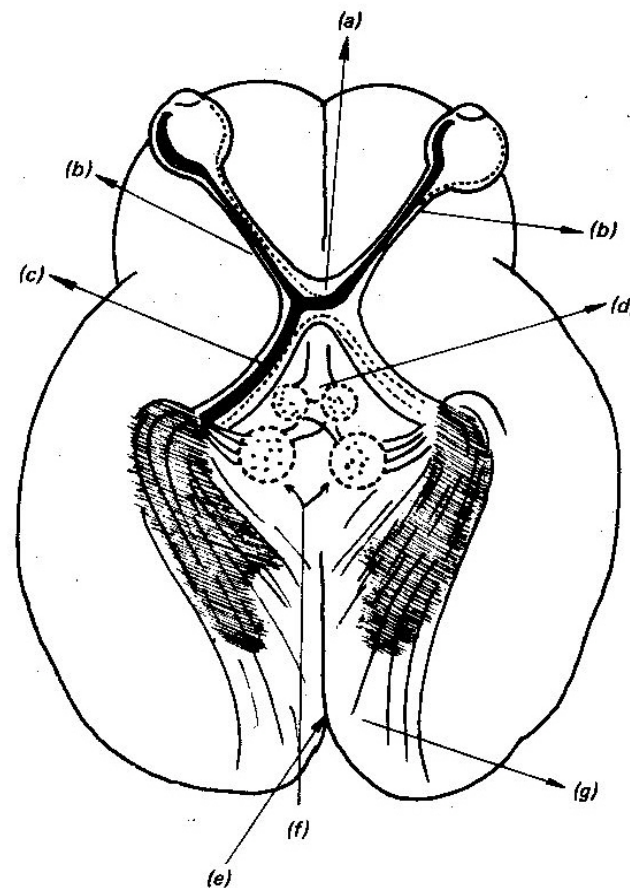
COLORIMETRIA

Córtex Cerebral

- Nervo óptico dividi-se em 2 (a)
- Região Estriada (g) fóvea
- Corpo Oculomotor (d)

Responsável por

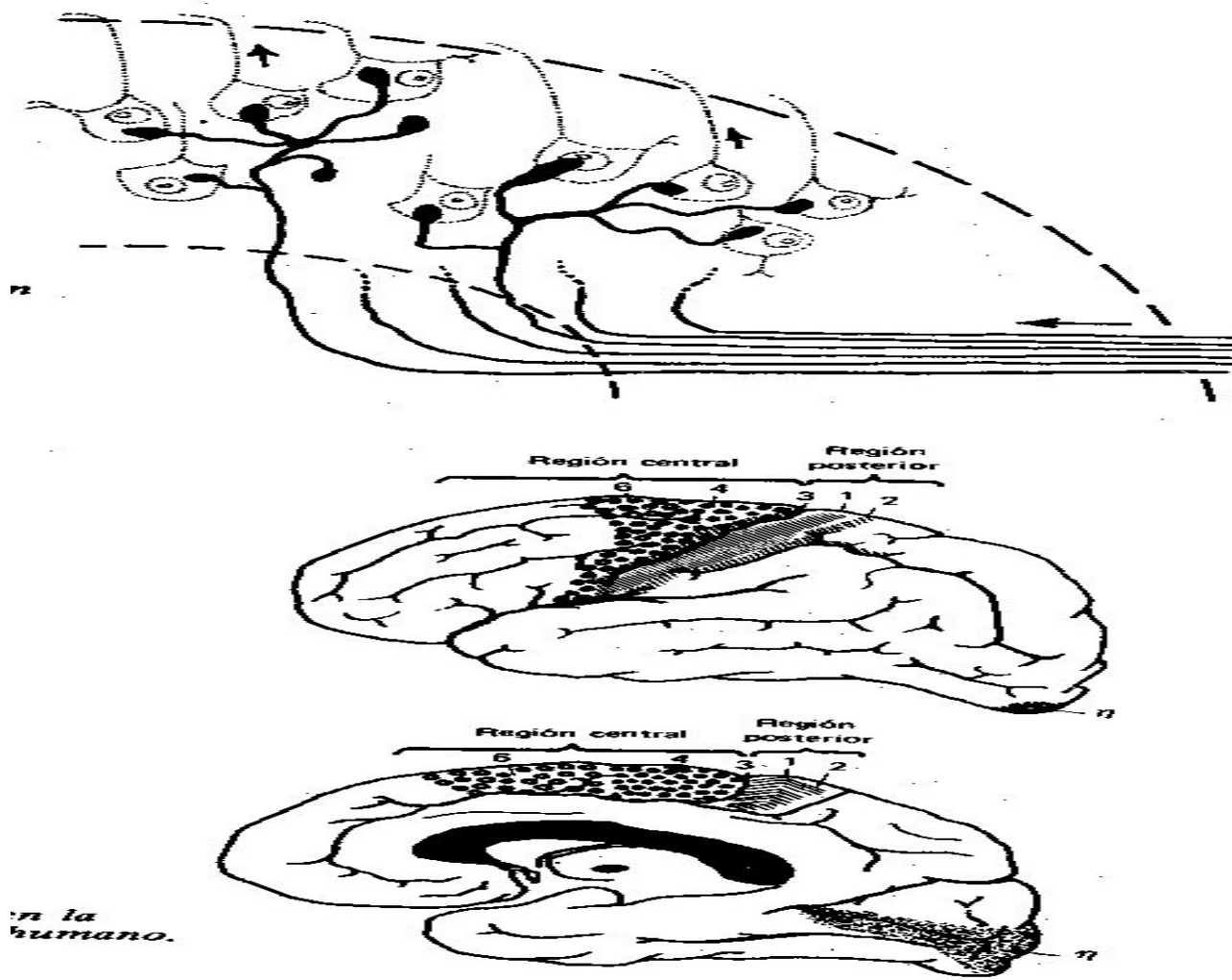
Formas, Cores, Cenas Reais
Vivas, contrastes.





Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

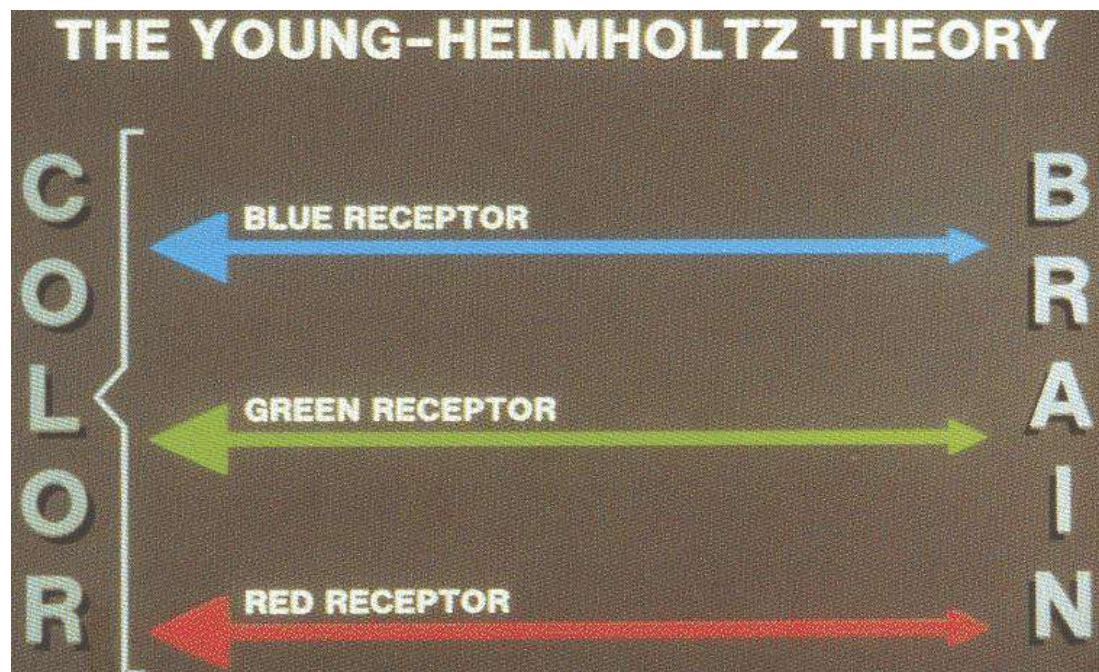




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Teoria Young-Helmholtz



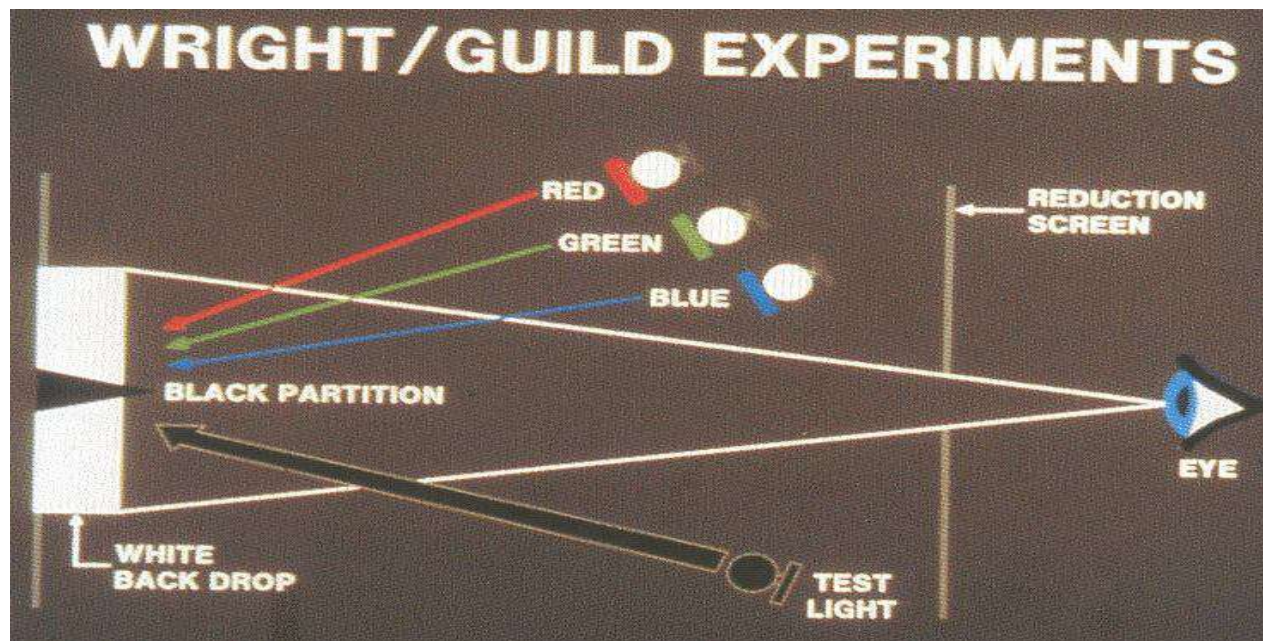
- Existem três receptores (cones) no olho Humano responsáveis pela visão da cor, ajuste de cor e experimentos foram concluídos entre 1928-1931 por dois ingleses Wright e Guild



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Experimentos Wright/Guild



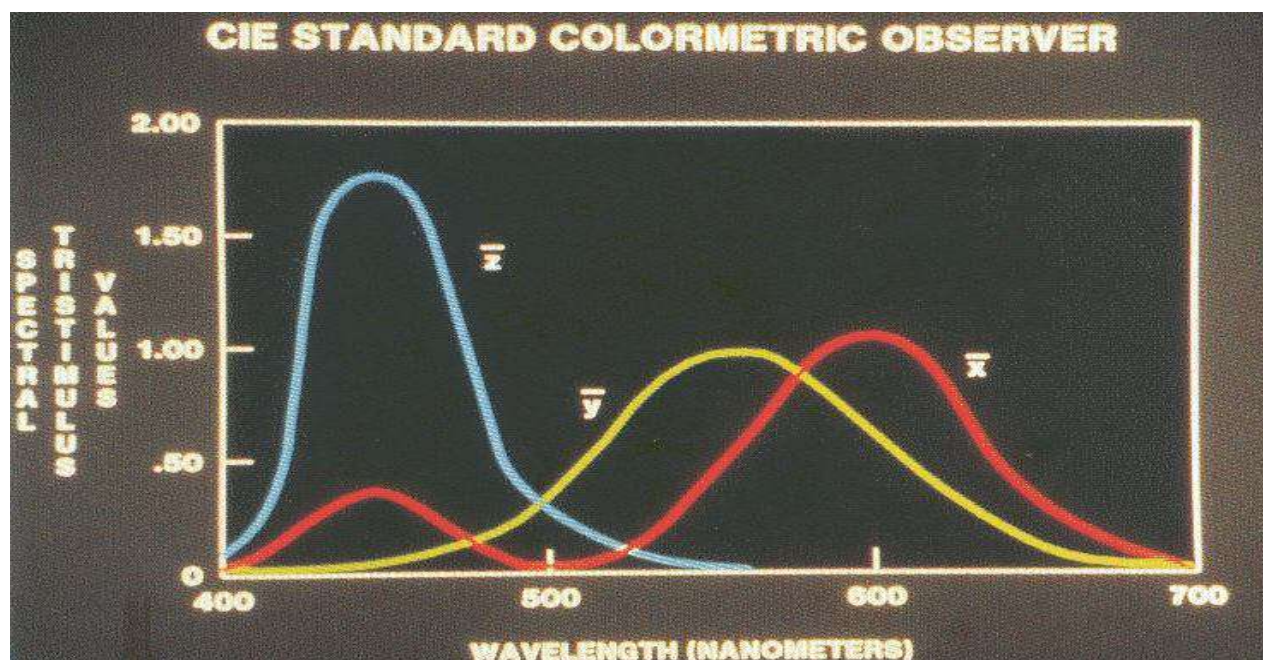
Um total de 17 observadores foram avaliados em dois experimentos de ajuste de cor similares. Cada observador olhava para um quadro branco através um orifício com 2 graus de diâmetro. A parte inferior do quadro era iluminado com uma luz colorida de teste. O observador, então, ajustava a cor utilizando as três lâmpadas com as cores primárias que iluminavam o topo do quadro branco até se igualar com a luz da parte de baixo. Esse processo foi repetido para luzes de teste que cobriam todo o espectro visível desde o violeta até o azul.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

CIE 1931 – Observador Padrões



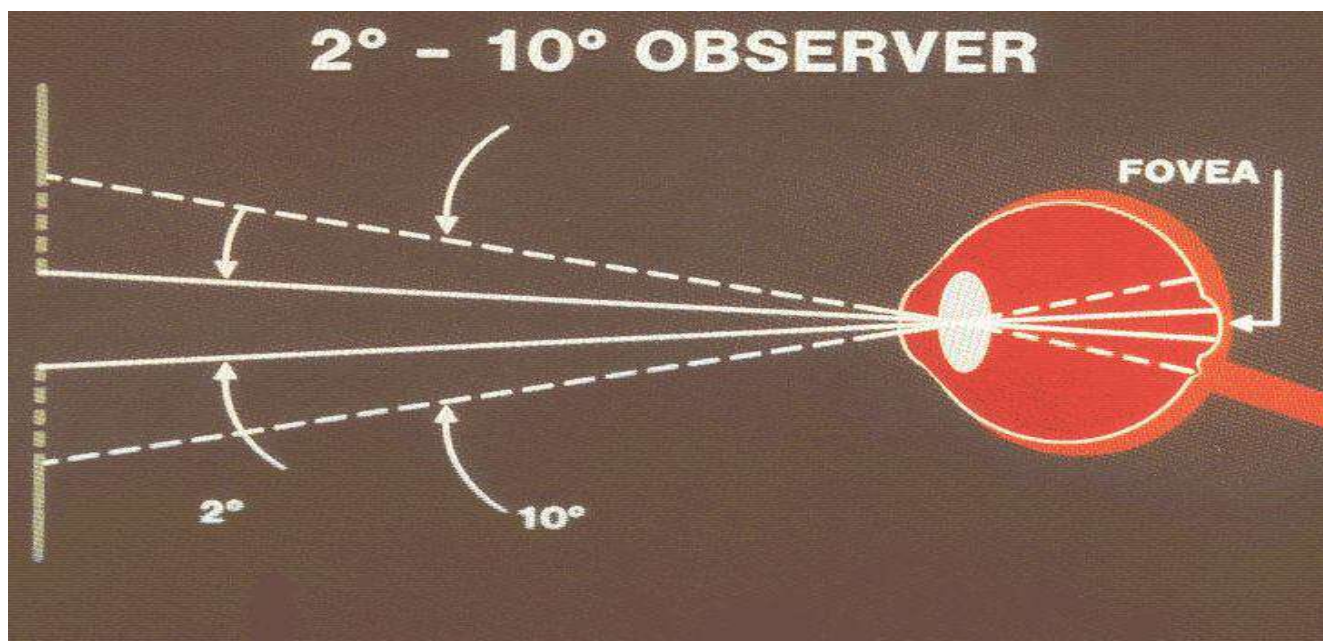
Depois da transformação dos dados originais dos observadores avaliados, o CIE adaptou as respostas do olho humano nas funções x, y, z . Elas se tornaram os PADRÕES 2º DOS OBSERVADORES PADRÃO. As curvas acima indicam uma aproximação relativa de três curvas imaginárias de luzes vermelha, verde e azul. Quando misturadas, elas igualam cada comprimento de onda do teste de cor. Note que a função y foi feita igual a Função CIE 1924 de Luminosidade.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Observador CIE 2° (1931) e 10° (1964)



CIE 1931 2° - Foco direto na Fóvea

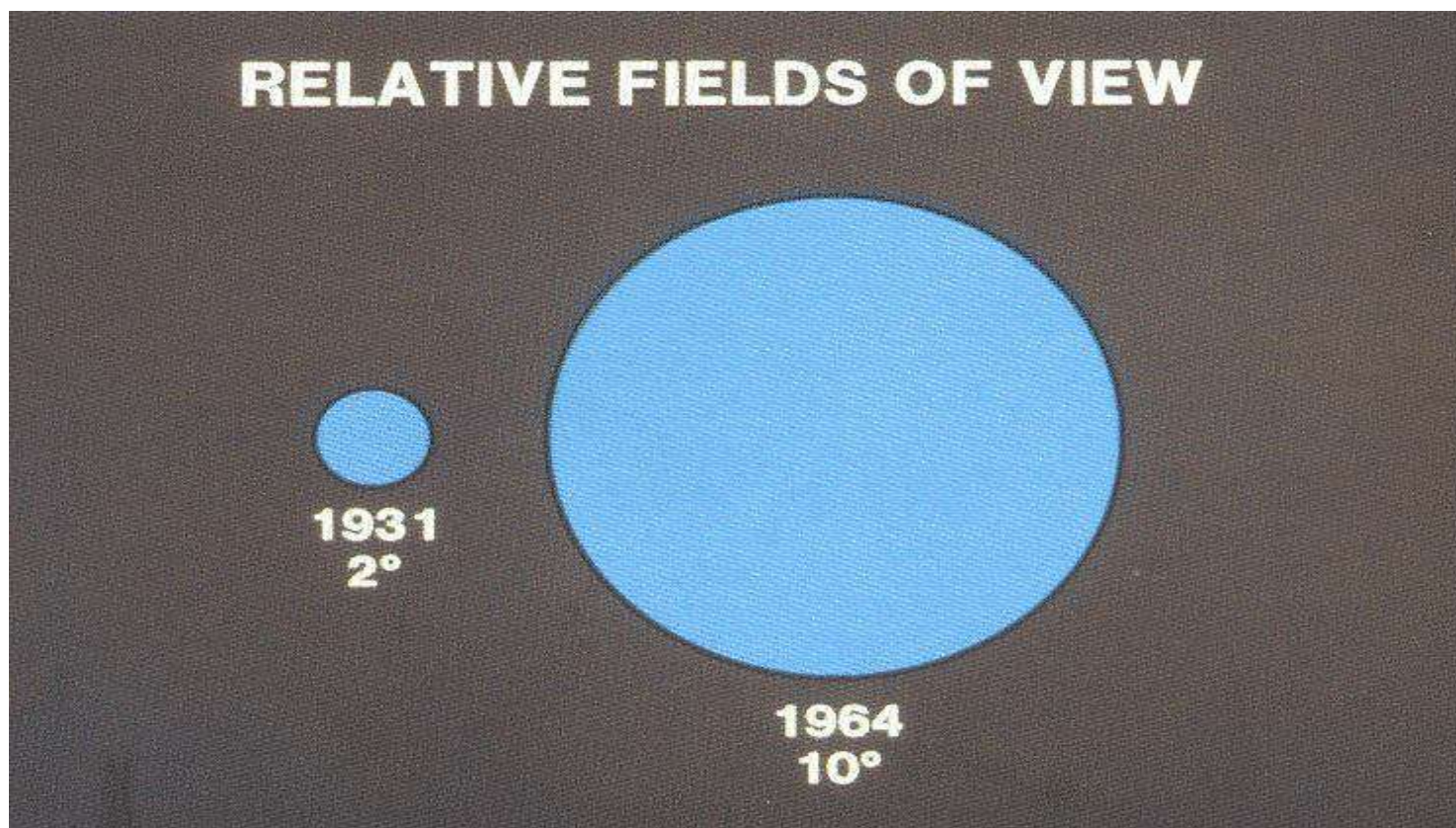
CIE 1964 10° - Melhor correlação com a MÉDIA de aparatos usados como corpo de prova para análise visual de cor (típica aplicação comercial)



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Campos Relativo de Visão

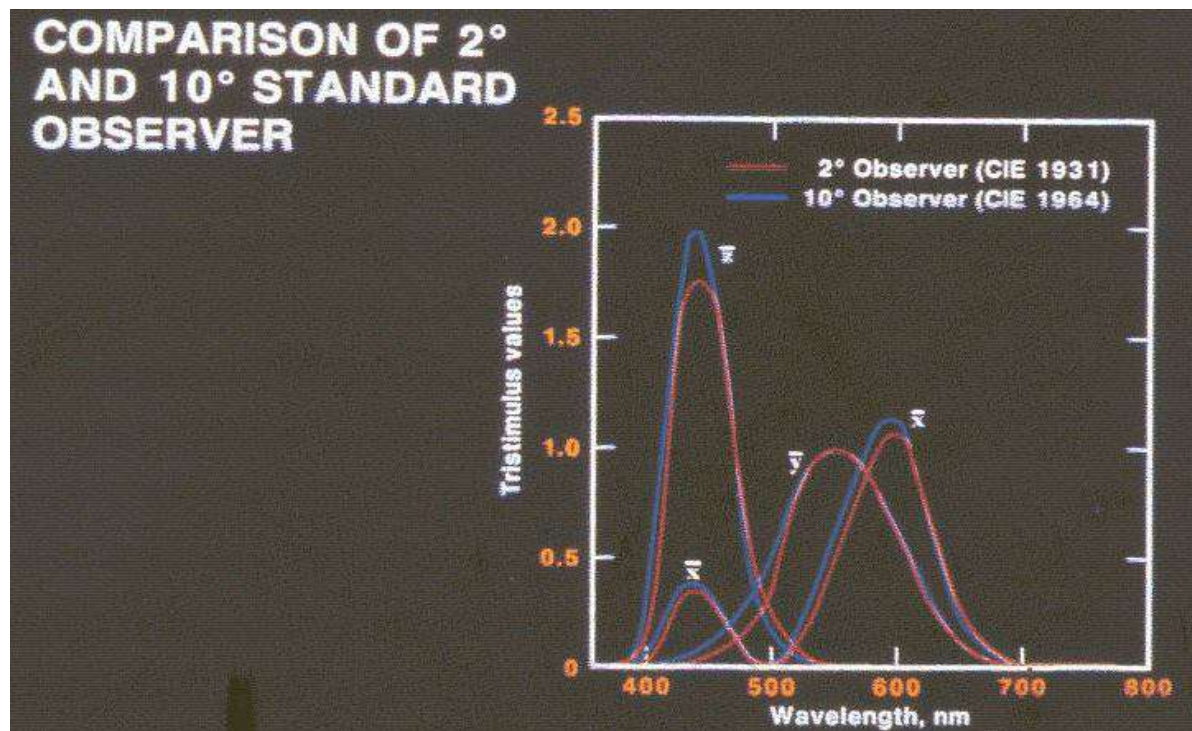




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Comparativo entre Obs 2° e 10°



As curvas são similares, mas não são as mesmas. Note que existe um peso maior para comprimentos de onda mais estreitos. Isso corresponde e representa uma resposta do olho dos observadores 10 graus maior que os observadores 2 graus.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Daltonismo



Normal

no-green

no-red

no-blue

O **Daltonismo** é um defeito da visão que é transmitido através de características genéticas, ligadas ao sexo. Existem 4 (quatro) tipos de Daltonismo (ou Discromatopsia):

Protanopsia, que provoca a insensibilidade à cor vermelha, levando conseqüentemente à confusão com o amarelo e o verde;

Deuteranopsia, é o verde que deixa de ser visto, sendo confundido com o vermelho e o amarelo;

Tritanopsia, que é a cegueira para o azul, captada tal qual o verde e o amarelo;

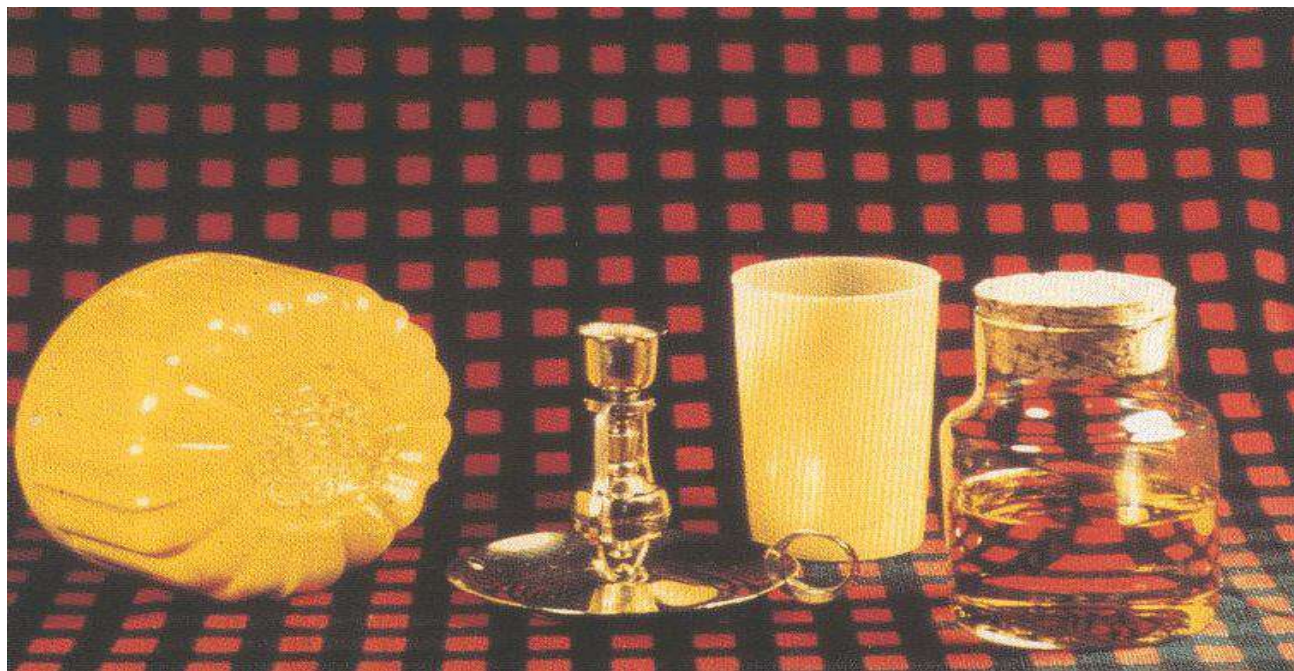
Acromatopsia, a mais raríssima e pouco estudada, pois nesta condição a pessoa vê tudo em preto e branco, com matizes cinzas.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Objetos



Quatro classes de objetos são dominantes na distribuição da luz

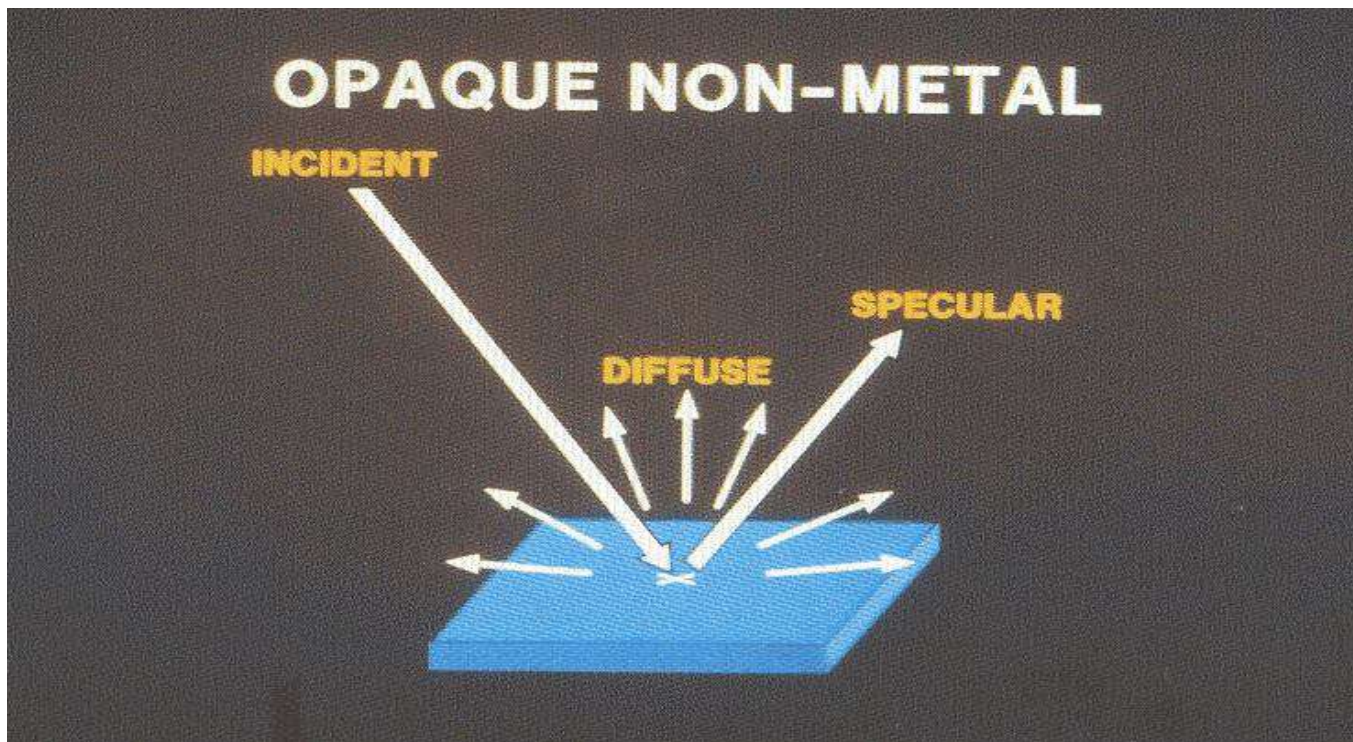
- | | | |
|----|-----------------------|---------------------|
| 1. | Opacos Não Metálicos | Reflexão Difusa |
| 2. | Objetos Metálicos | Reflexão Especular |
| 3. | Objetos Translúcidos | Transmissão Difusa |
| 4. | Objetos Transparentes | Transmissão Regular |



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Opaco Não Metal – Reflexão Difusa



A cor é mate/fosca na reflexão difusa.

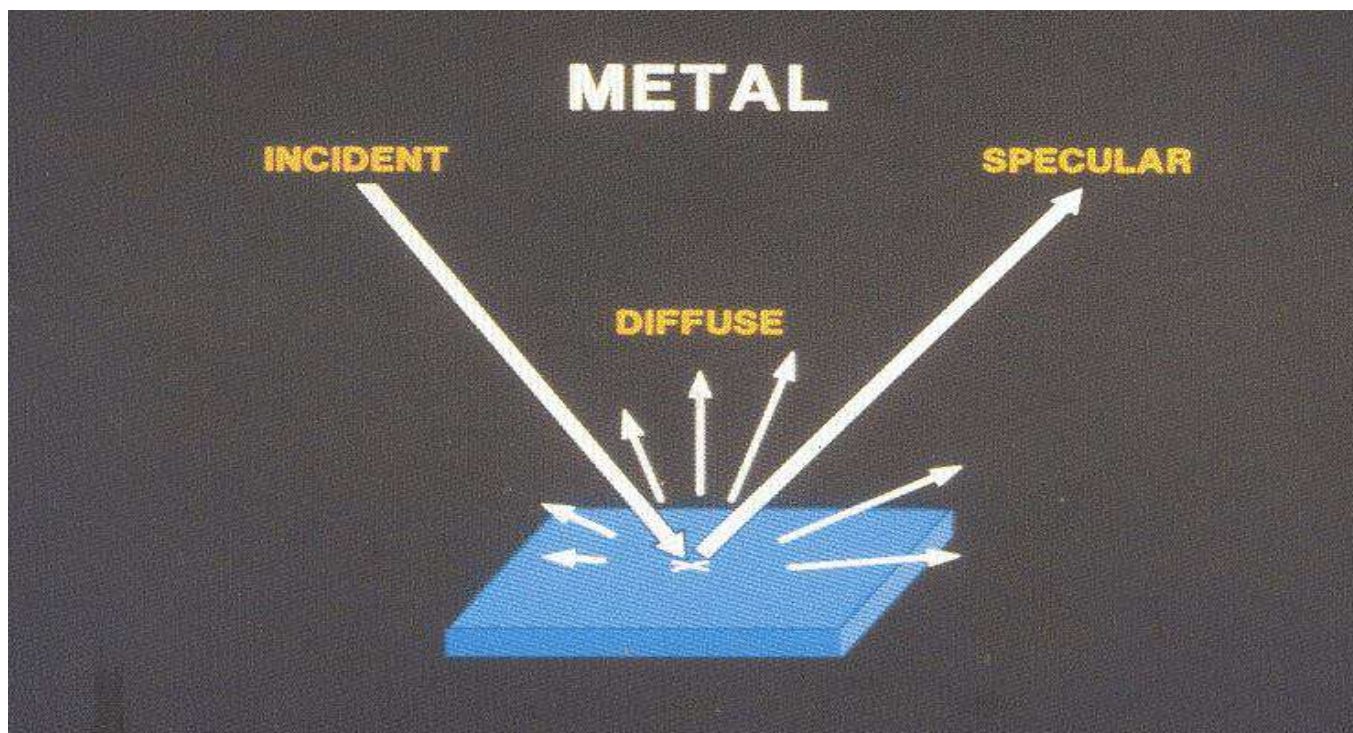
Ocorre um espalhamento da luz incidente para várias direções e a componente de reflexão especular é menor que 4%



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Metal – Reflexão Especular



Reflexão Especular ou Regular

O feixe incide na superfície e retorna ao meio mantendo o paralelismo

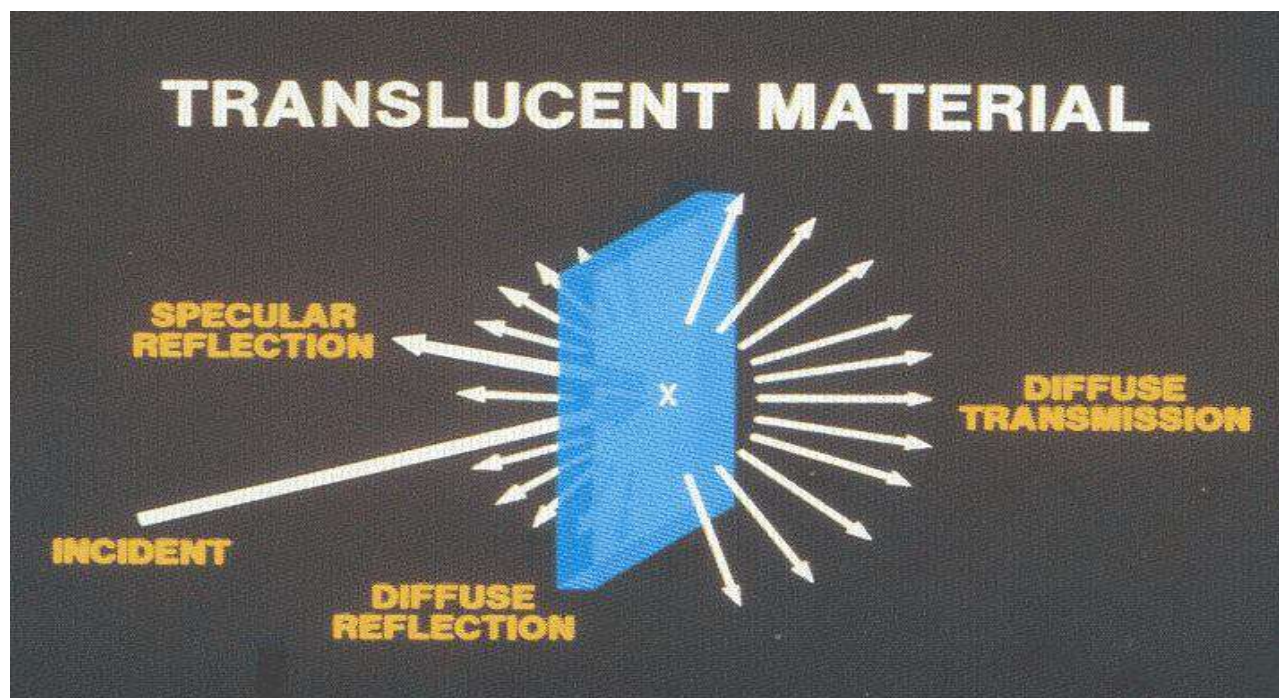
Parte desse feixe pode ser difuso caso a superfície possua imperfeições



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Materiais Translúcidos



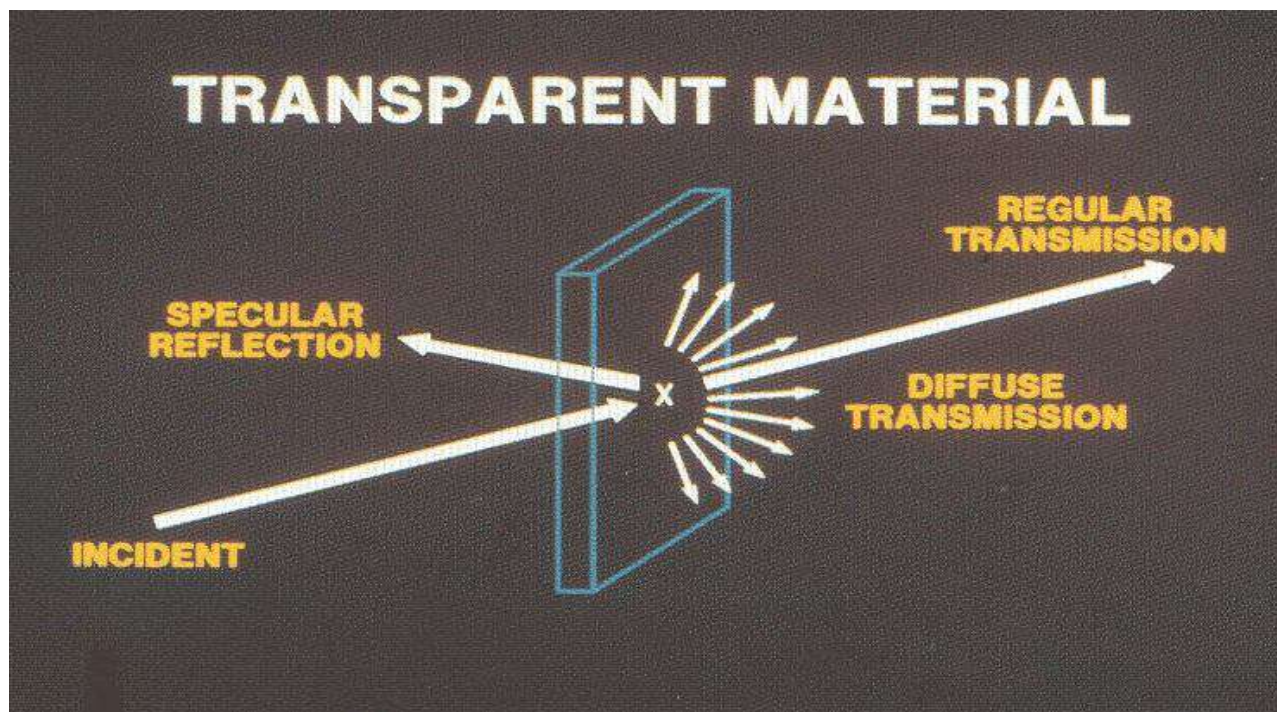
Um feixe de raios paralelos incide sobre a superfície. Parte retorna ao meio (reflexão especular), parte se espalha (reflexão difusa) e parte atravessa e espalha-se (Transmissão Difusa)



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Materiais Transparentes



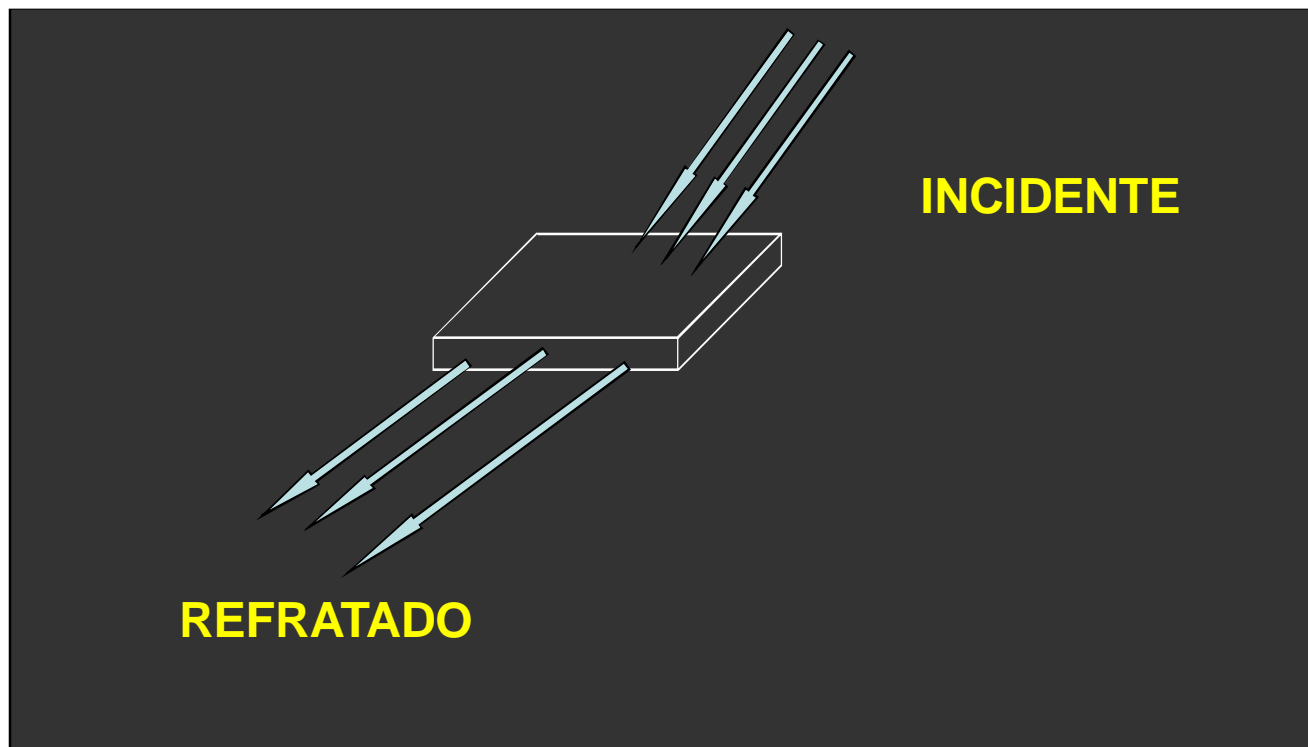
- Um feixe paralelo incide no objeto
- Parte retorna ao meio (reflexão especular) Brilho.
- Parte atravessa paralelamente (transmissão regular).
- Esse feixe quando atravessa o meio sofre uma mudança de velocidade (refração da luz)
- Parte desse feixe espalha-se (transmissão difusa)



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Refração



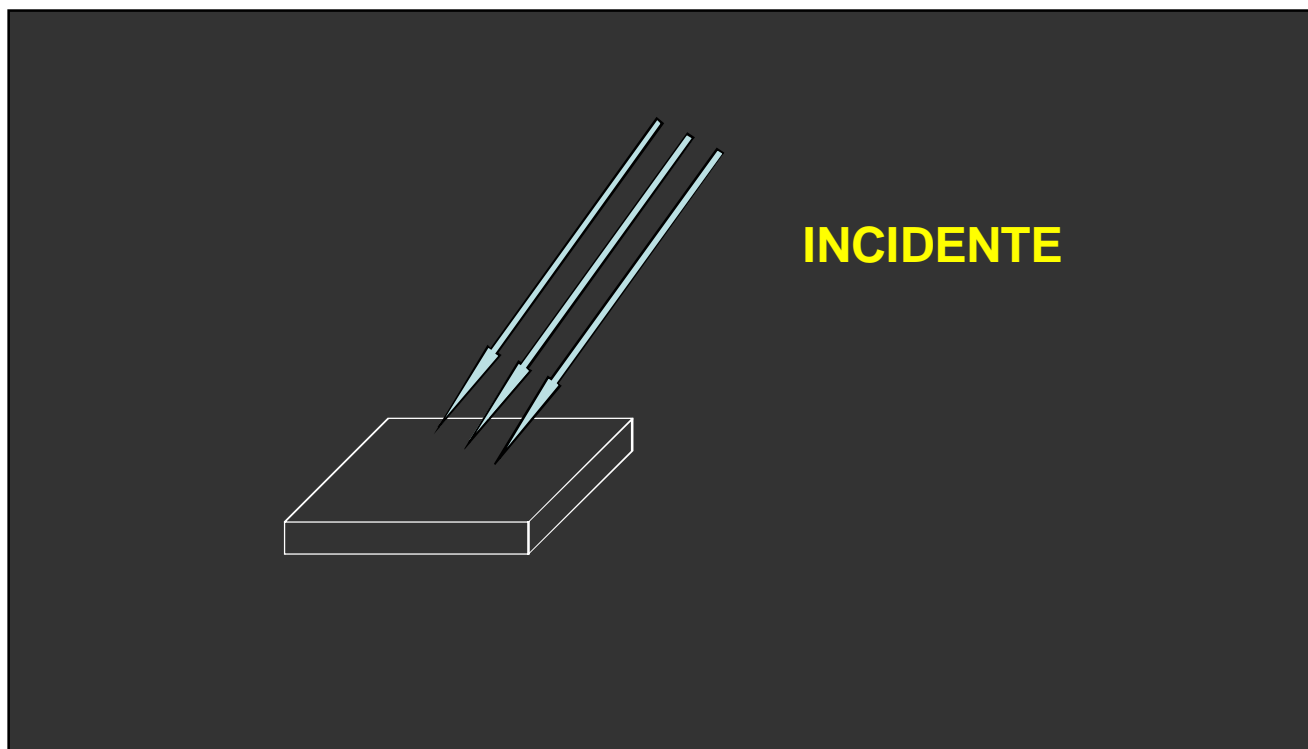
- O feixe de raios paralelos incide na superfície passa e se propaga no meio. O meio altera a velocidade da luz refratando a mesma.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

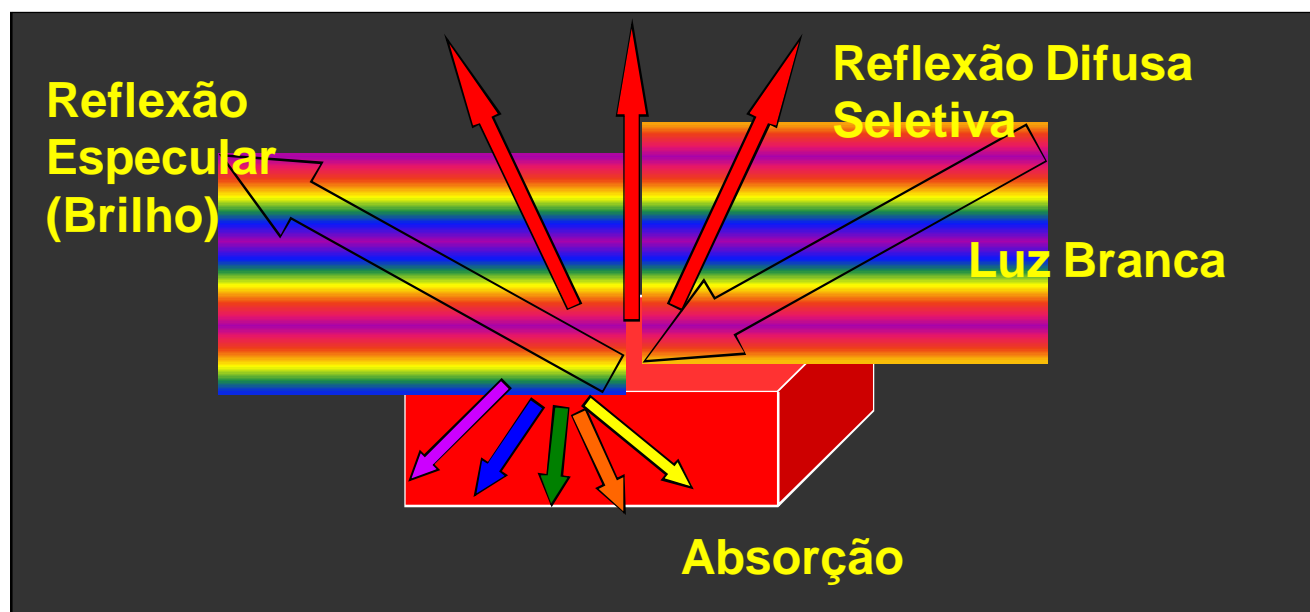
Absorção



O feixe de raios paralelos incide na superfície e não retorna ao meio



Reflexão Difusa Seletiva



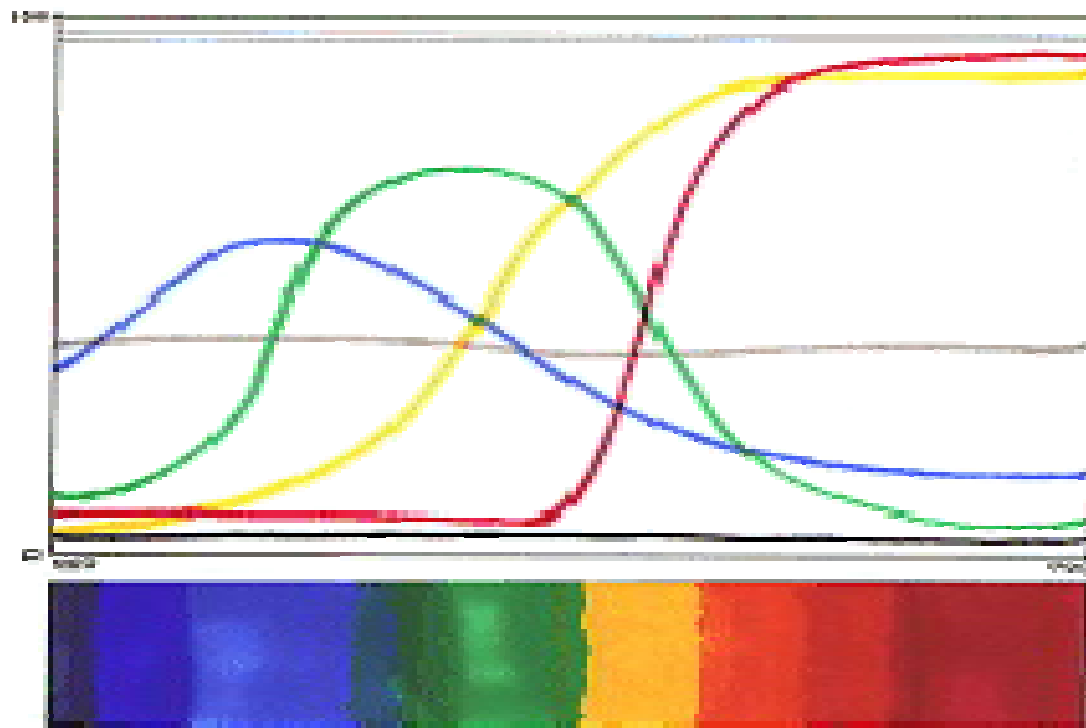
- A cor que um objeto apresenta é determinada pelo tipo de luz que ele reflete difusamente. Assim no exemplo acima é iluminado por uma fonte Branca policromática, reflete difusamente a luz vermelha, absorve a luz nos demais comprimentos de onda e reflete paralelamente a luz branca (brilho)



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Curva Espectral



- % de refletância ou energia re-emitida é igual a energia incidente (E_i) / energia re-emitida (E_r)
- Relação de emissão = E_r/E_i em %
- Eixo do X temos os comprimentos de onda de 400nm – 700nm
- Eixo do Y temos a % de refletância



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

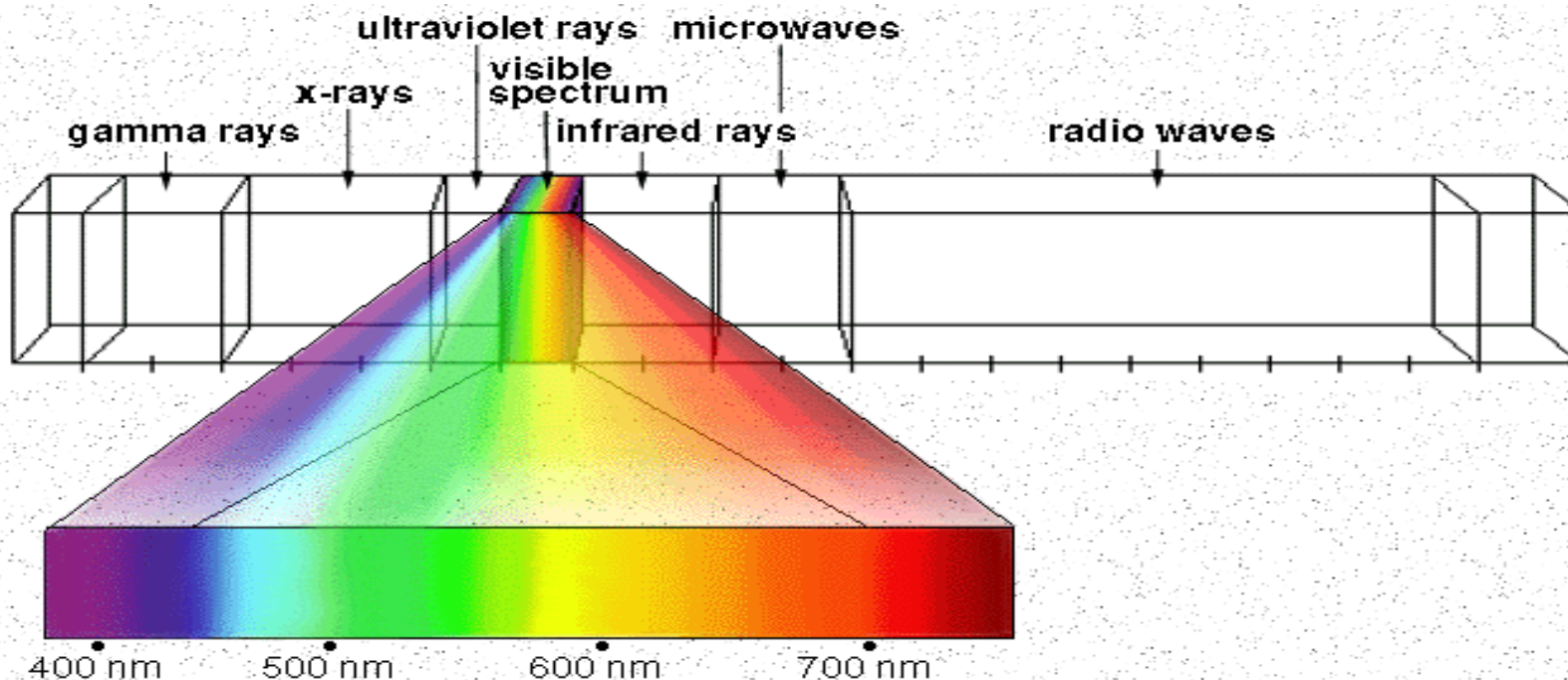
Luz



- A luz em sua dualidade quântica-ondulatória será definida como uma forma de energia capaz de excitar a retina humana e produzir sensações visuais. Para a Colorimetria interessa mais a ação da luz que sua origem.



Ondas Eletromagnética



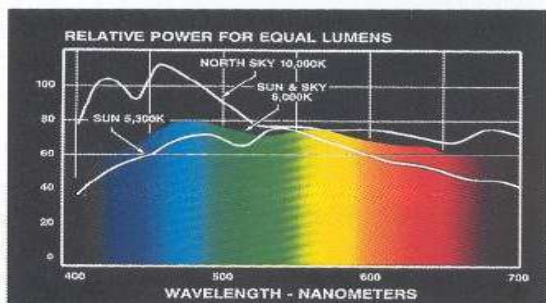
- O espectro visível é uma pequena parte do espectro total de ondas eletromagnéticas que incluem ondas de rádio, microondas, infravermelho, ultravioleta, raios X, raios gama e etc. A unidade de comprimento de onda é nm. A luz de uma fonte luminosa é especificada pela energia relativa em um determinado comprimento de onda em nm



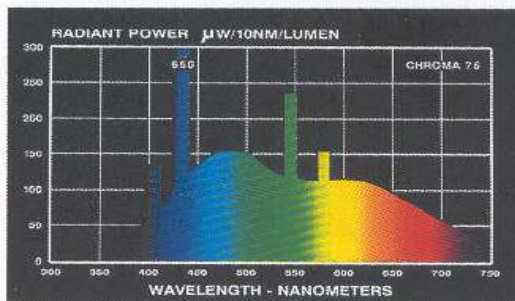
Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

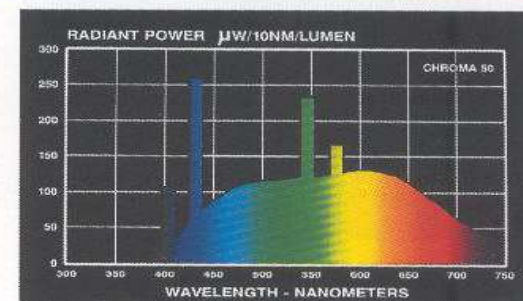
Curva de Distribuição Energética



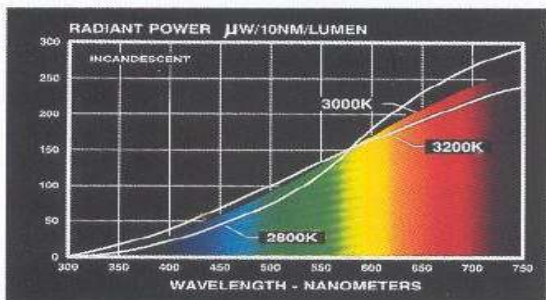
Outdoor Daylight



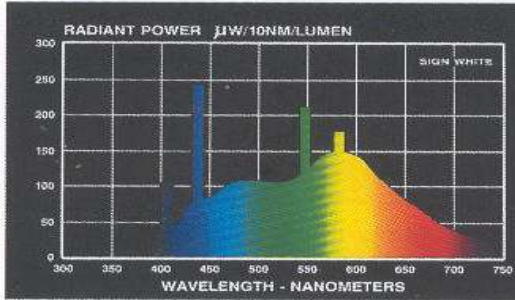
C75



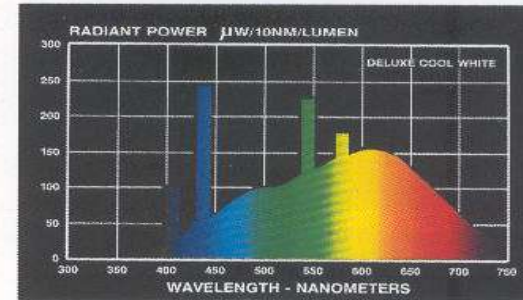
C50



Incandescent



Sign White



Deluxe Cool White

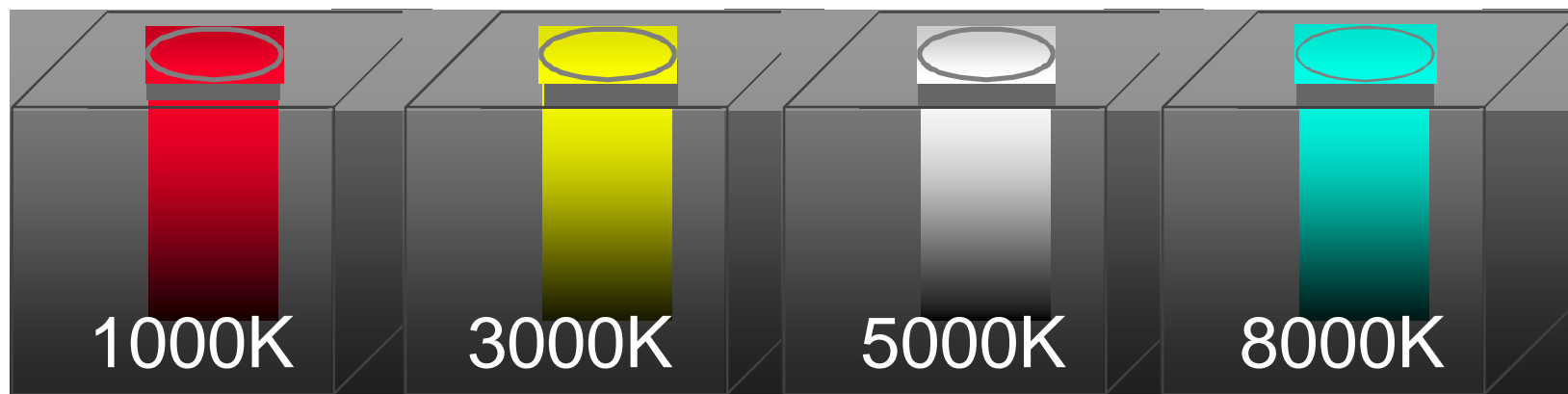
- A luz de uma fonte luminosa é especificada pela energia relativa em um determinado comprimento de onda em nm ou a quantidade de luz emitida para cada comprimento de onda. Plotando essa energia em função do comprimento de onda temos a CURVA DE DISTRIBUIÇÃO ENERGÉTICA da fonte



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Lei de Planck



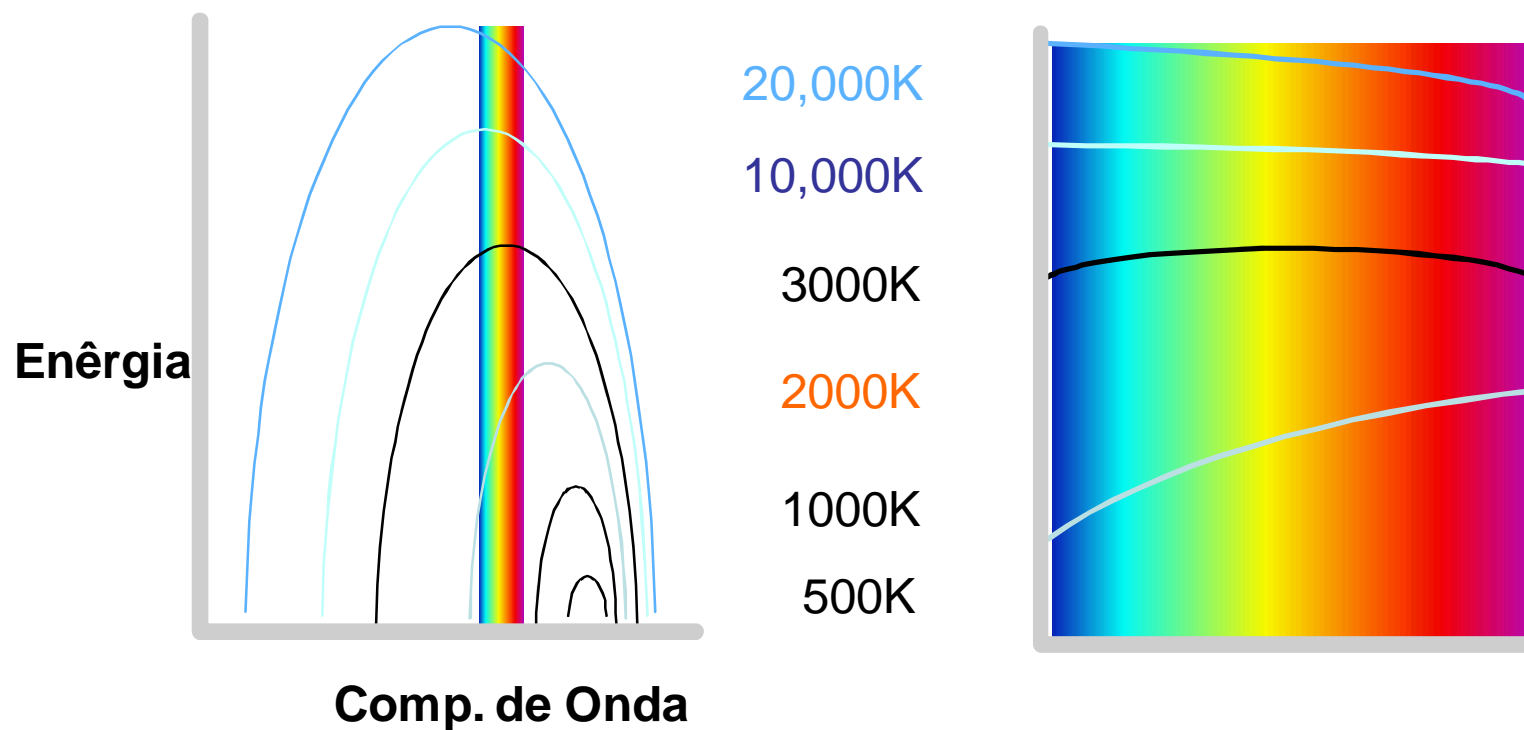
- Lei de Planck – Radiadores Total ou Corpos negros – deduz que uma superfície negra absorve toda a luz incidente mas isso de fato não ocorre. Os Radiadores Totais pode ser simulado através de um recinto fechado com uma pequena abertura por onde a radiação pode sair. Toda radiação que incida nessa abertura entrará dentro do recinto, as paredes internas absorvem uma parte e outra é refletida e absorvida dentro do recinto



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Temperatura da Cor




- As curvas representam a emissão espectral relativa dos Corpos Negros nas distintas temperaturas. Assim, a fonte luminosa emite uma energia resultando em Luz. Quanto maior for essa energia espectral mais azulada será essa fonte.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Fontes e Temperatura de Cor

Avg. Color Temperatures in Kelvin		
Daylight		5600k
Tungsten		3200k
Sunrise/ Sunset		2000k



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Fontes Térmicas

- Lâmpadas incandescentes Filamento de tungstênio 3000K
- Luz Solar - 50% visível 40% IR 10%UV (media)
 - Irradiância espectral depende:
 - Da hora
 - Do dia
 - Do mês
 - Do Hemisfério onde se mede
 - Condições do céu
 - Do meio que se mede
 - Contaminante Atmosféricos
 - Luz Solar Direta ou Indireta
 - Altura em relação ao nível do mar



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Fontes Não Térmicas

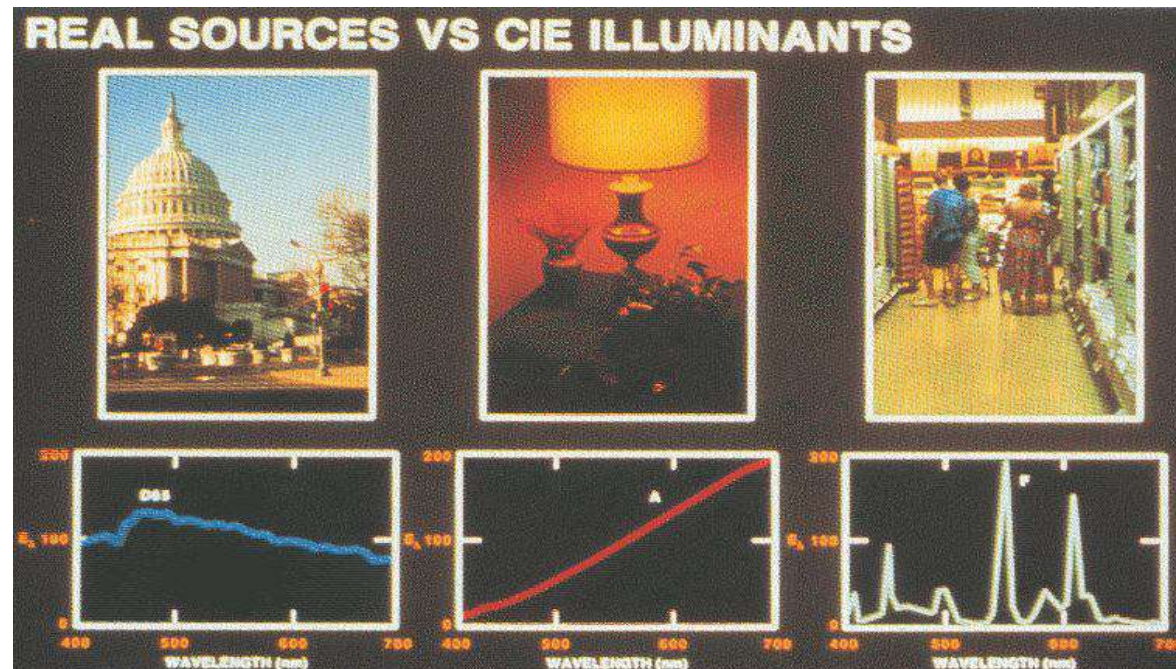
- Descargas elétrica de um Gás – Lâmpadas Espectrais
 - Arco de Carbono – projetores cinematográficos profissionais
 - Arco de Mercúrio – Aeroportos, portos e rodovias
 - Descarga Sódio – não é muito utilizada – não comercial
 - Descarga de Xenônio – similar a luz do sol
- Tubos Fluorescentes – descarga Hg c/catodo frio
 - Branco Frio
 - Branco Pálido
 - Branco
 - Luz do dia



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Fontes e Iluminantes CIE

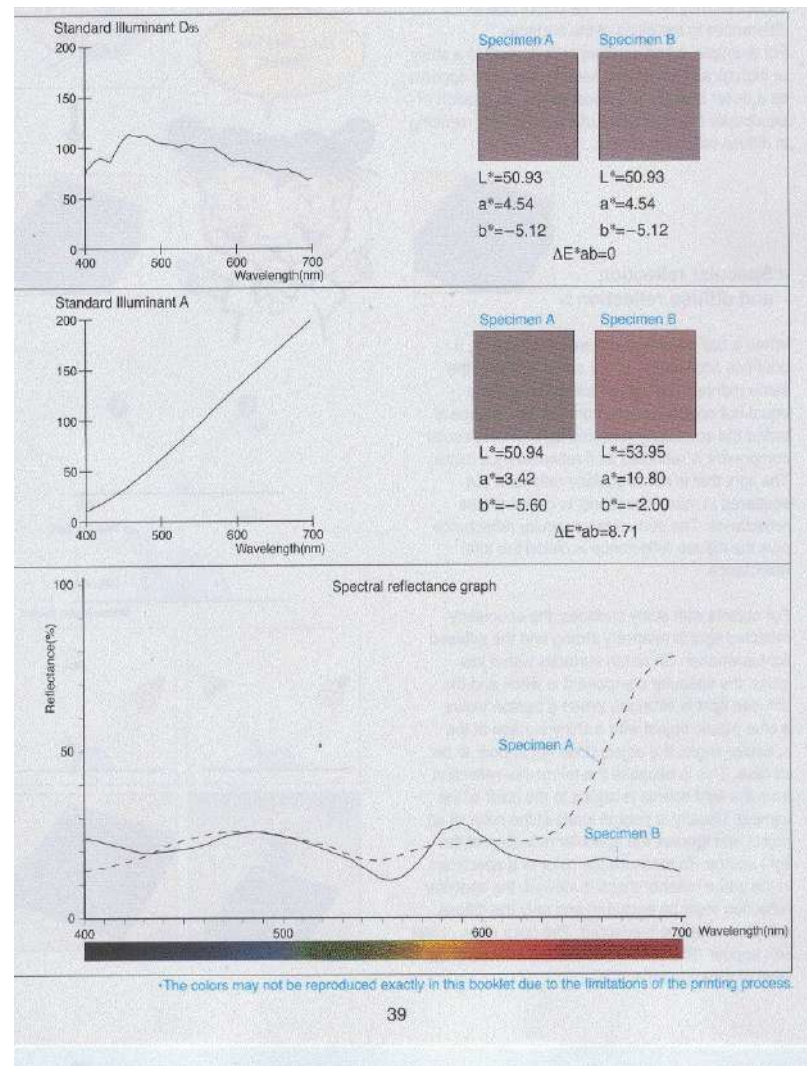


- Iluminante A – Tungstênio – 2857 K
- Iluminante D65 – Luz do Dia – 6500 K
- Iluminantes F2, F7, F11 – Fluorescentes CIE
- Fontes são reais provenientes de lâmpadas, luz do sol e etc.
- Iluminantes são definidos através de uma distribuição energética espectral ou seja é um padrão matemático que representa uma fonte luminosa.
- O Iluminante D65 foi definido pela média da luz do dia ao redor do mundo.



Metamerismo

- Ocorre quando existe uma composição pigmentária diferente entre o padrão e a amostra em teste.
- Ajustamos a cor na Luz do dia padrão e amostra porém quando observamos esse mesmo par de cor em outros iluminante tipo tungstênio as diferenças de cor destoam totalmente.
- Podemos identificar esse problema visualmente, pelas curvas de refletância e pelos valores X,Y,Z, Lab e etc.





Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Atributos da Cor

Qual cor é mais clara?

Qual cor é mais Saturada?

Qual cor é mais Forte?

Qual cor é mais Vermelha?

Qual cor é mais Viva?

Qual cor é mais Amarela?

Qual cor é mais Azul?



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Uma linguagem “natural” para as cores

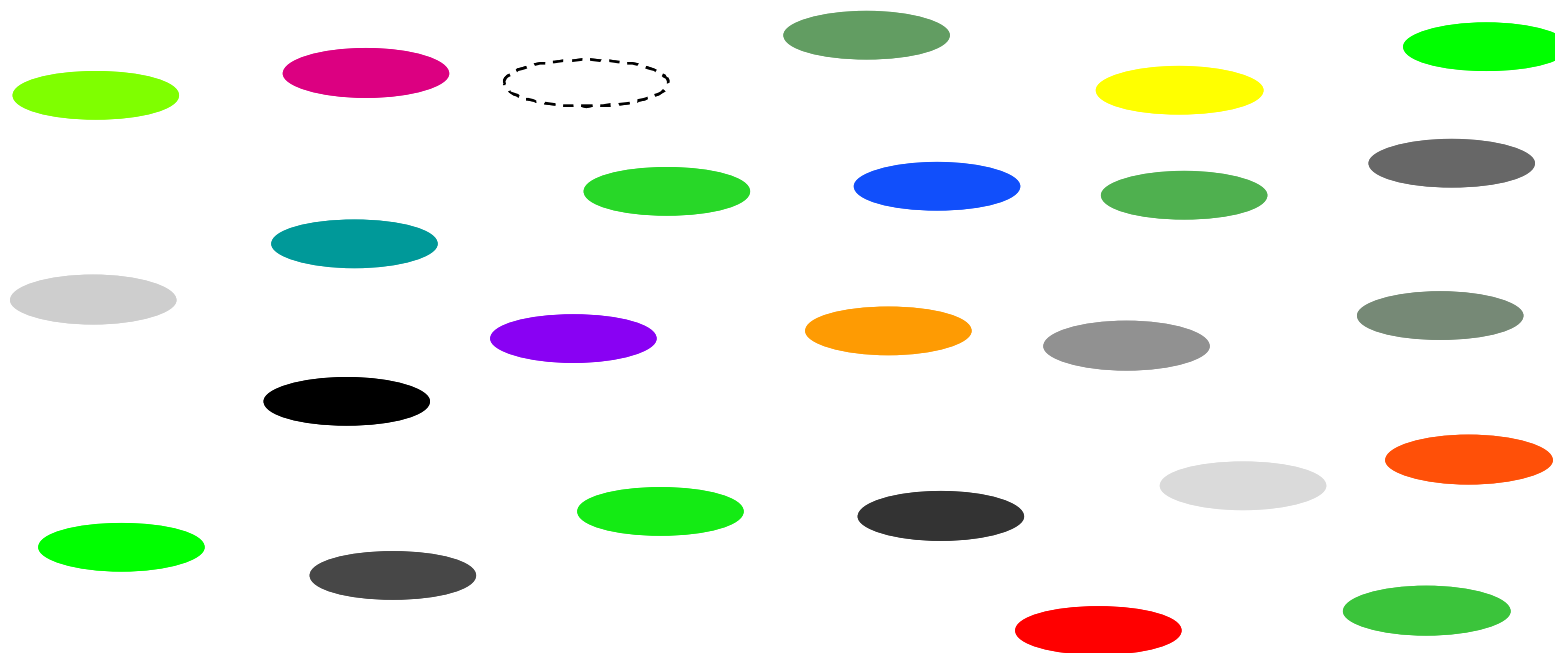
- Pense em que tipo de palavras que se usa para descrever cores e suas diferenças.
- Você usa um sistema ?
- O próximo exercício tenta construir um sistema natural.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

- Imagine como se poderíamos “ordenar” essas amostras coloridas.

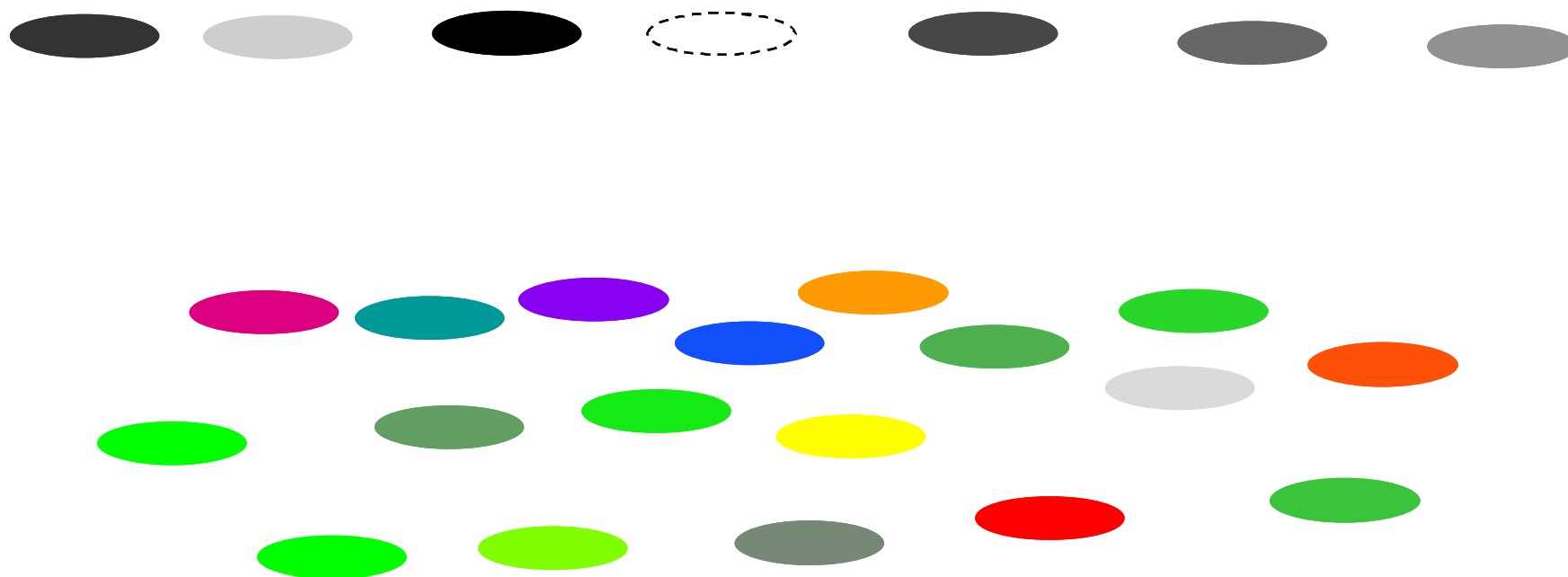




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

- Poderíamos começar separando as amostras neutras...

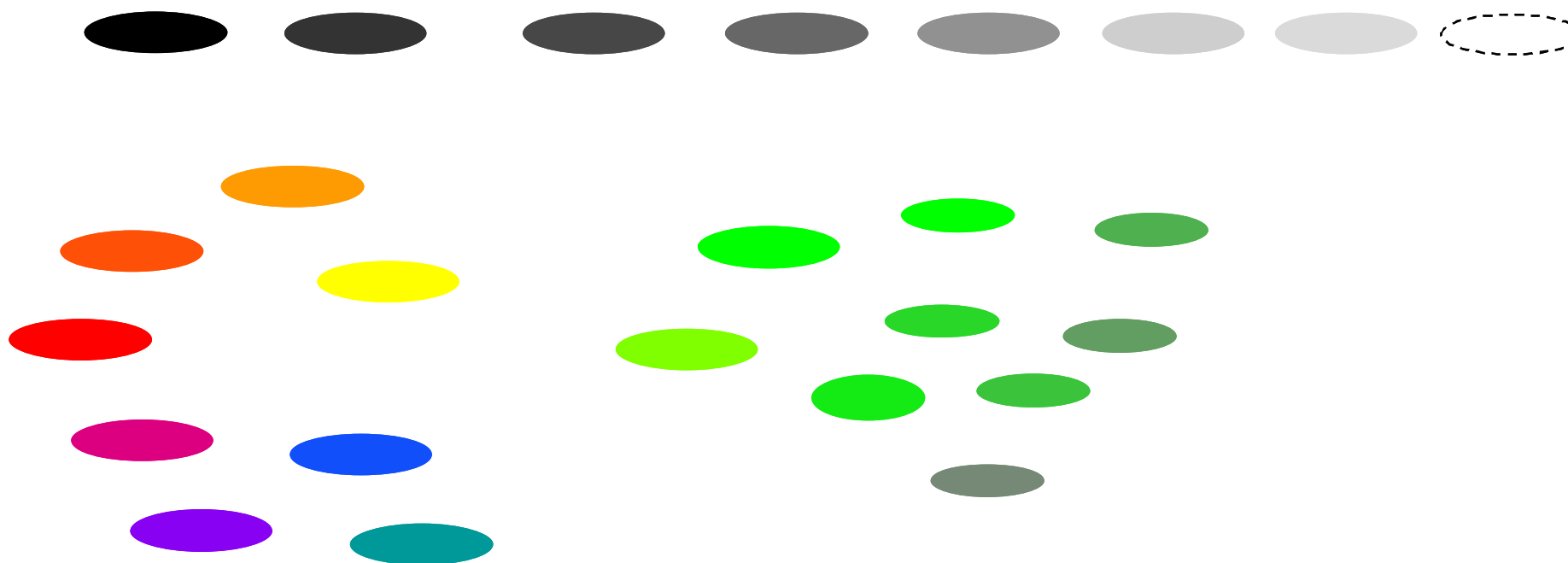




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

- . . . depois agrupando tons similares . . .

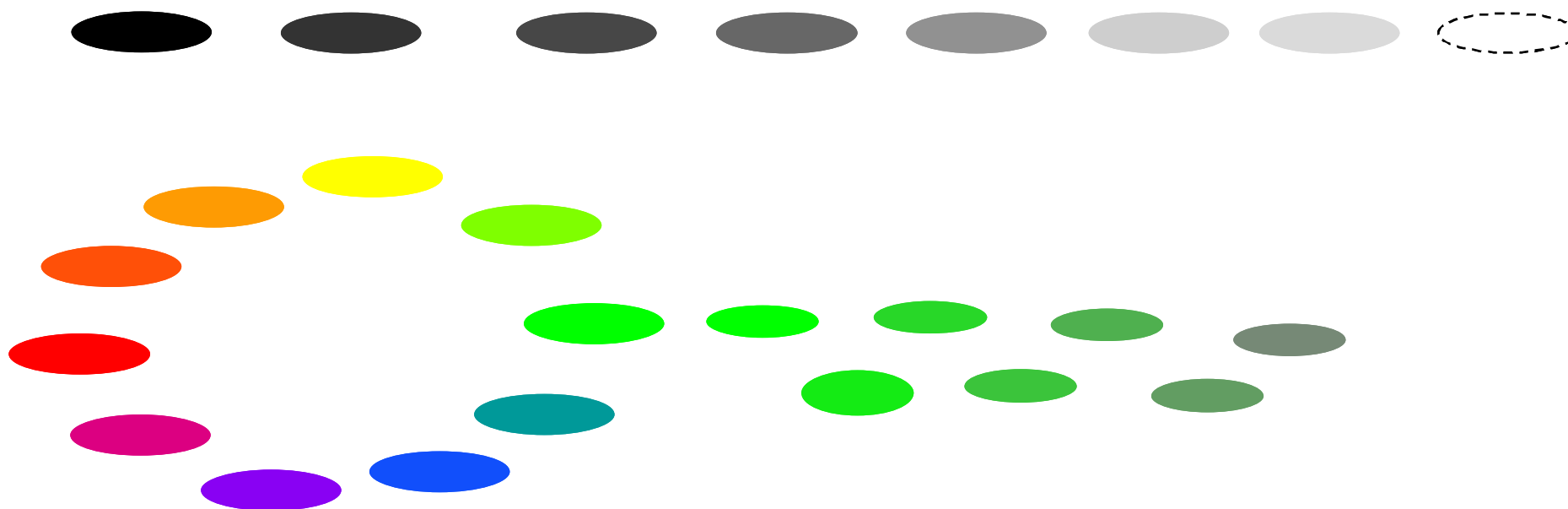




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

- ...para chegarmos a um arranjo como este.





Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Três Dimensões da Cor

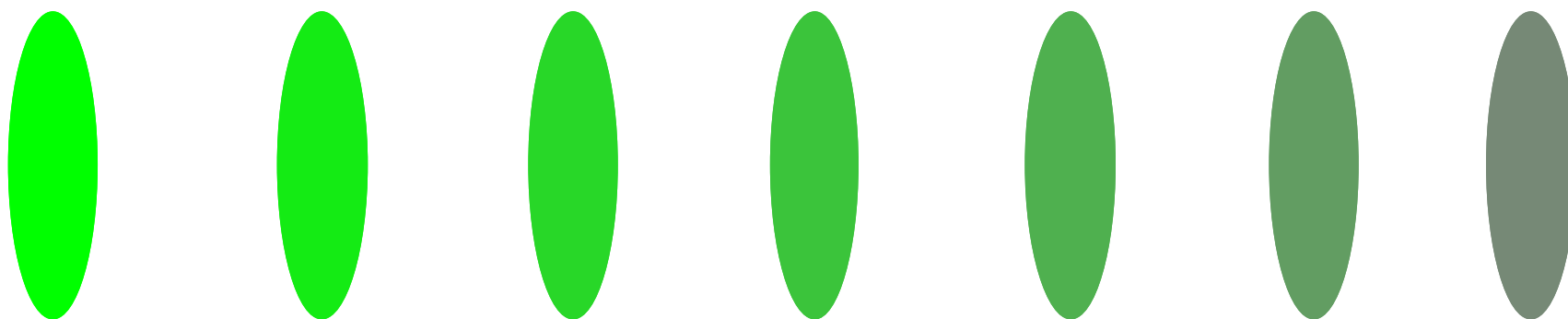




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Três Dimensões da Cor



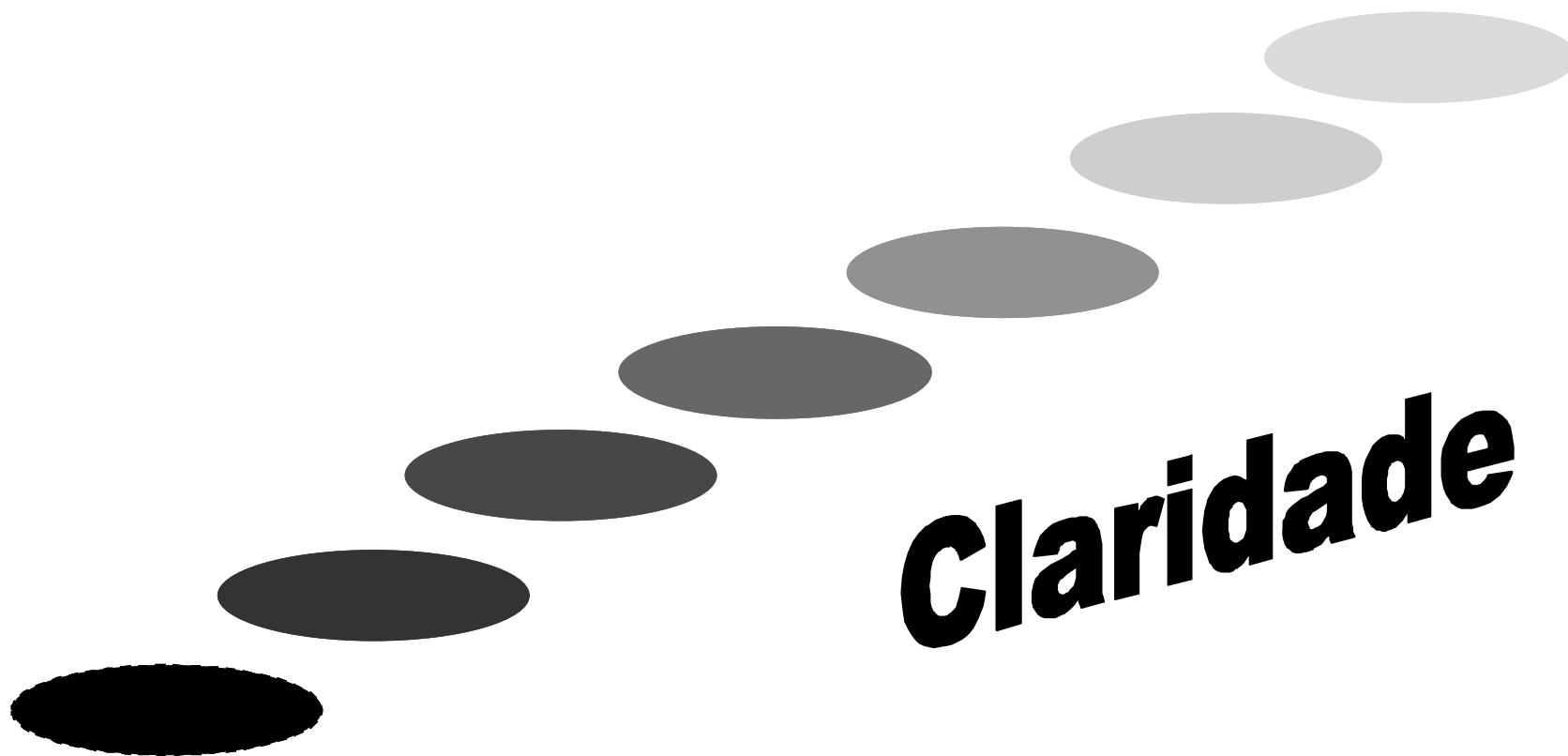
SATURACÃO



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Três Dimensões da Cor





Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Uma linguagem “natural” para descrever as cores

- Palavras de Tom: Amarelo, Laranja, Vermelho, Esverdeado, Azulado
- Palavras de Saturação: Saturado, Opaco, Intenso, Colorido, Acinzentado, Pálido, Pastel, Vivo
- Palavras de Claridade: Claro, Escuro
- Palabras de Aparência: Brilhante, Mate, Opaco, Translúcido, Rugoso, Liso, Suave, Metálico, Perolizado



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Modelos Matemáticos Colorimetria

Espaços de Cores

Diferenciação

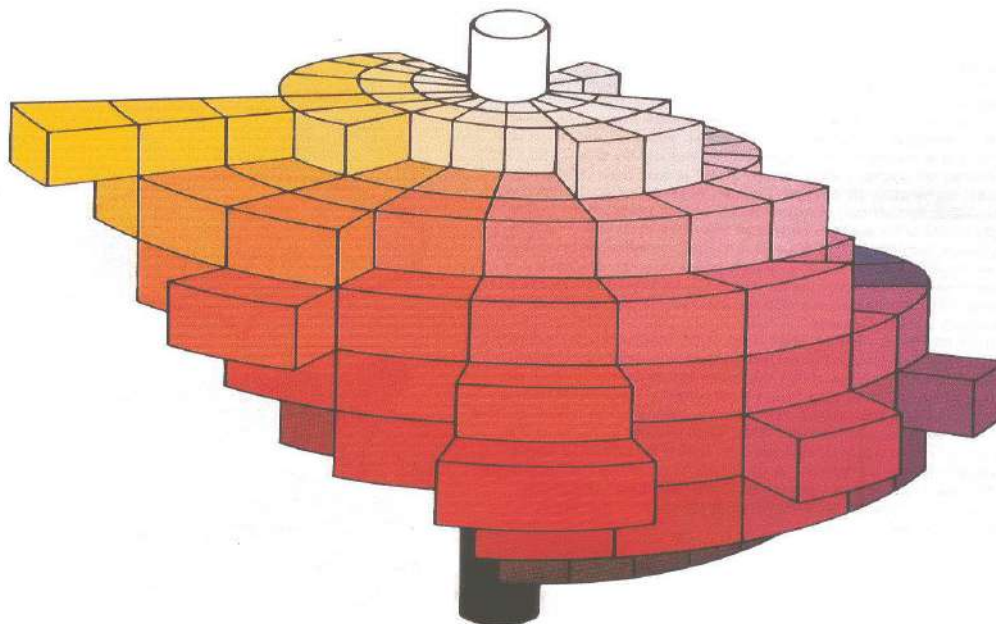
Tolerâncias



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Sistema Mansell



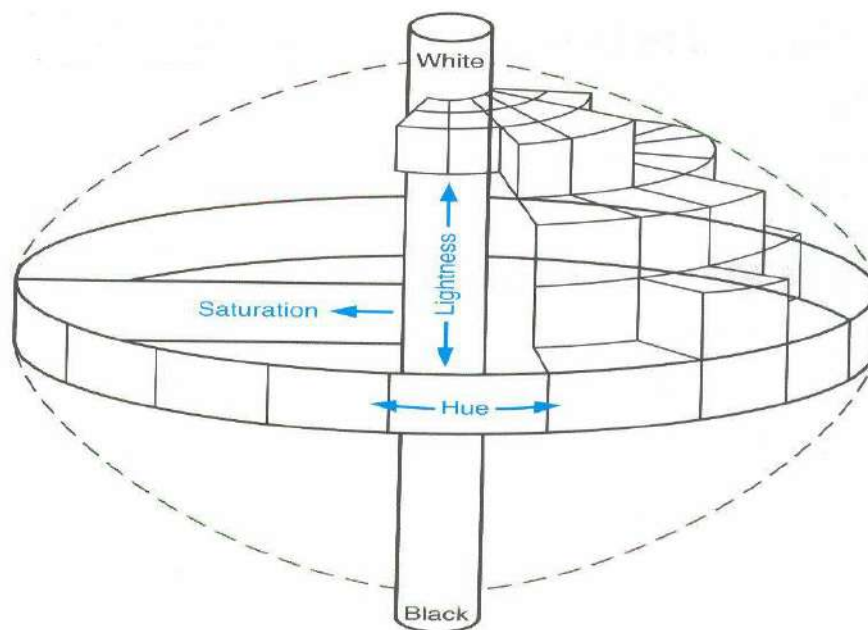
- Albert H. Munsell foi um professor de pintura expressou cientificamente um sistema em 1905 que especifica as cores e dizia que “ A musica está provida de um sistema que define cada nota, seqüência, tom, intensidade e duração. Da mesma maneira a cor pode ser especificada baseado no Tom, Valor e Chroma.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Sistema Munsell



- HUE – Tonalidade – Violeta, Azul, Verde, Amarelo, Laranja e vermelho
- Lightness – Luminosidade – Cores Claras ou Escuras
- Saturation – Saturação – Cores Vivas (fortes), Apagadas (fracas)

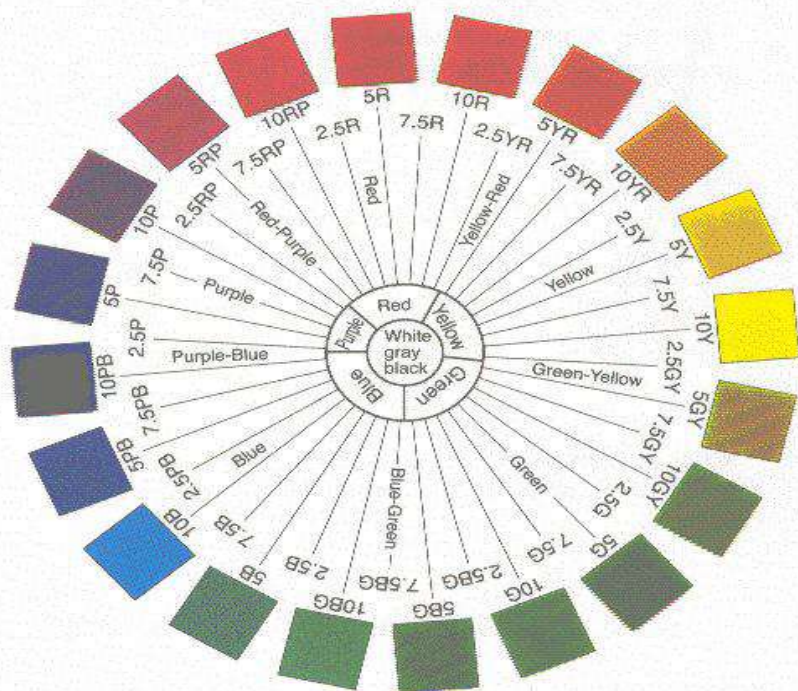


Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Sistema Munsell

The Munsell hue circle



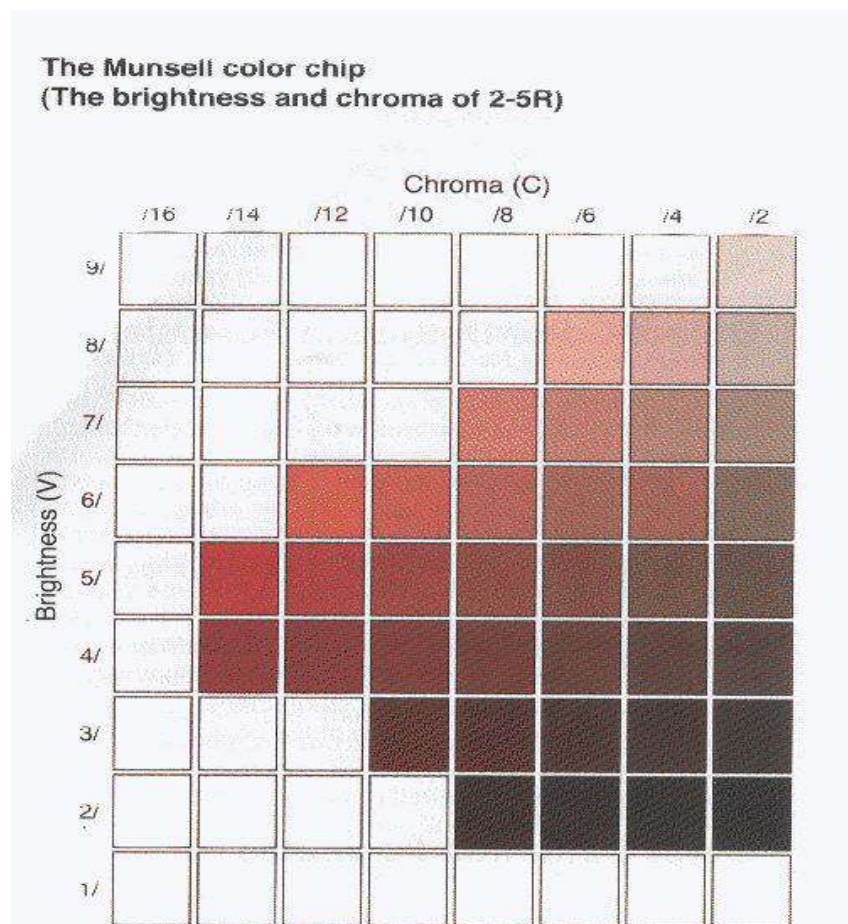
- O sistema Munsell consiste em uma serie de padrões com função de comparação visual de cor. As cores são divididas em Tonalidade HUE e Chroma Saturação e Value Luminosidade. O lado visualizamos o circulo HUE com as divisões de tonalidade do Sistema



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Sistema Munsell



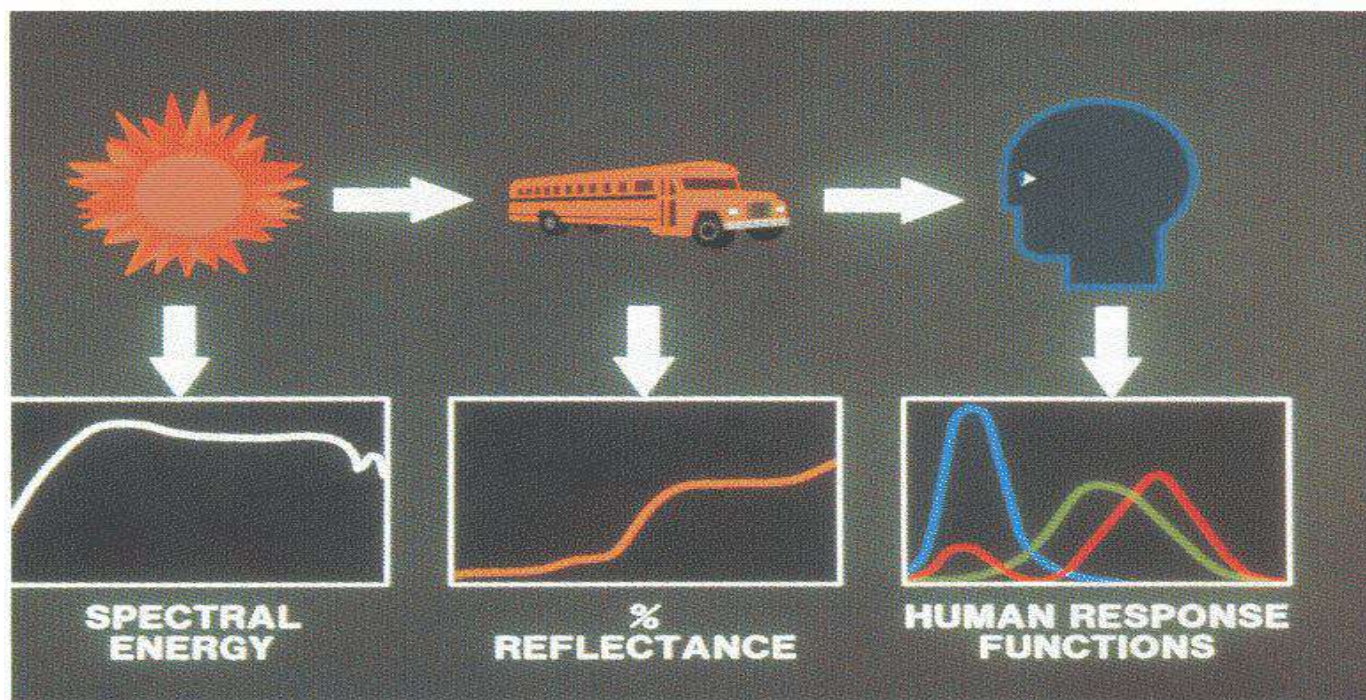
- Ao lado o gráfico demonstra os valores de Chroma Saturação e Value Luminosidade. Quanto maior o valor do Chroma maior é a saturação e quanto maior o valor de Value mais clara é a cor. Podemos representar um cor com as três coordenadas com exemplo
HUE/Value/Chroma
2,5R/5/14



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Sistema XYZ – CIE1931 – Coordenadas Triestímulos



- Com os três elementos podemos quantificar:
- Luz – DADOS da Distribuição Espectral da Energia Luminosa
- Objeto – DADOS da % Refletância Relativa Espectrofotométrica
- Observador – DADOS Observador Padrão CIE



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Sistema XYZ – CIE1931 – Coordenadas Triestímulos

DATA FOR XYZ VALUES

NM	LIGHT SOURCE	OBJECT	OBSERVER		
	NOON DAYLIGHT ILLUMINANT C	SCHOOL BUS REFLECTANCE (R)	1931 2° STANDARD OBSERVER	\bar{x}	\bar{y}
400	6.33	.065	.0143	.0004	.0679
410	8.06	.066	.0435	.0012	.2074
700	7.63	.694	.0114	.0041	.0000

- Então os dados da fonte de Luz C, incide no Objeto e esse reflete formando a curva R em cada comprimento de onda. Já temos estabelecidos os valores Triestímulos do olho humano CIE (xyz). Multiplicamos a combinação de cada valor dos estímulos visuais (xyz) em cada comprimento de onda (400-700nm), e valor da luz e refletância da Objeto. O valores resultante são os XYZ



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Valores XYZ

COMPUTATION OF XYZ VALUES

NM	FOR X				FOR Y				FOR Z			
	IL C	BUS R	\bar{x}	= ?	IL C	BUS R	\bar{y}	= ?	IL C	BUS R	\bar{z}	= ?
400	6.33	.065	.0143	= .0059	6.33	.065	.0004	= .0002	6.33	.065	.0679	= .0279
410	8.06	.066	.0435	= .0231	8.06	.066	.0012	= .0006	8.06	.066	.2074	= .1103
700	7.63	.694	.0114	= .0604	7.63	.694	.0041	= .0217	7.63	.694	.0000	= 0
	SUM X = 43.7				SUM Y = 40.3				SUM Z = 9.8			

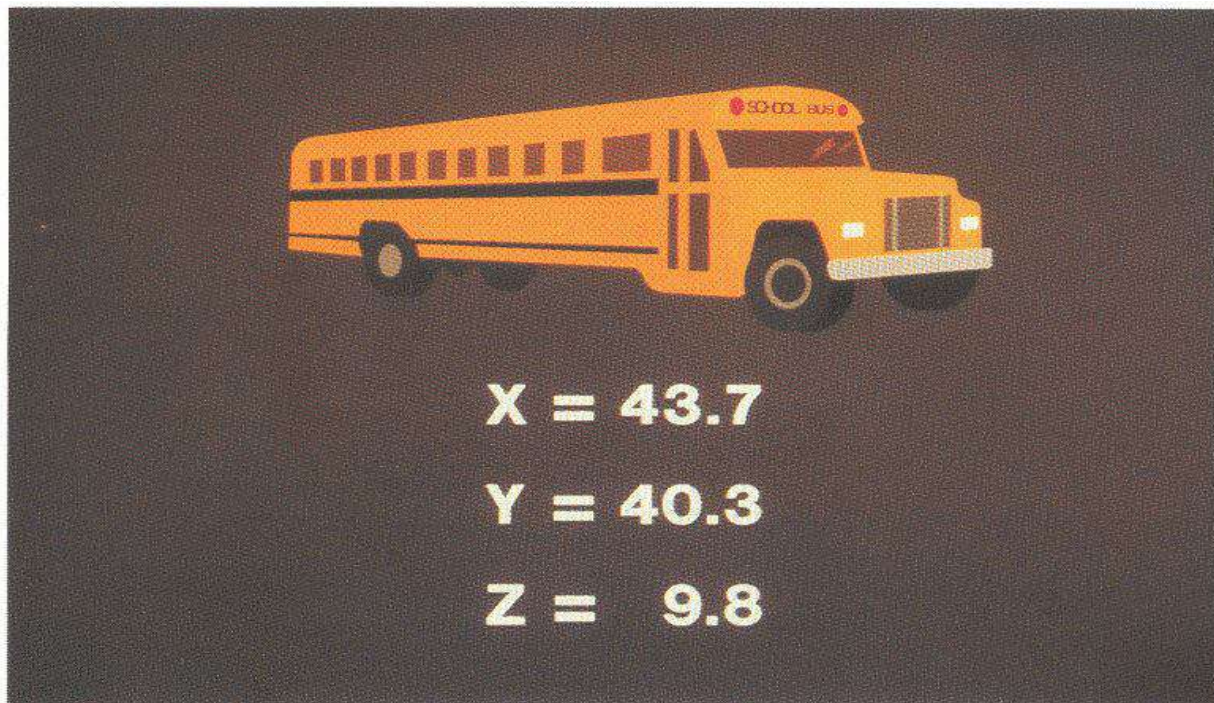
$$X = \frac{\sum E_{\lambda} x_{\lambda} R_{\lambda}}{\sum E_{\lambda} y_{\lambda}} \quad Y = \frac{\sum E_{\lambda} y_{\lambda} R_{\lambda}}{\sum E_{\lambda} y_{\lambda}} \quad Z = \frac{\sum E_{\lambda} z_{\lambda} R_{\lambda}}{\sum E_{\lambda} y_{\lambda}}$$



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Valores XYZ



- Os valores XYZ podem mudar conforme o tipo de iluminante. Se olharmos somente esse valores de XYZ nós não podemos imaginar a uma determinada cor. Mas se usarmos esses números em um gráfico tridimensional então podemos localizar exatamente esse cor. Esse gráfico é chamado de Diagrama de Cromaticidade.

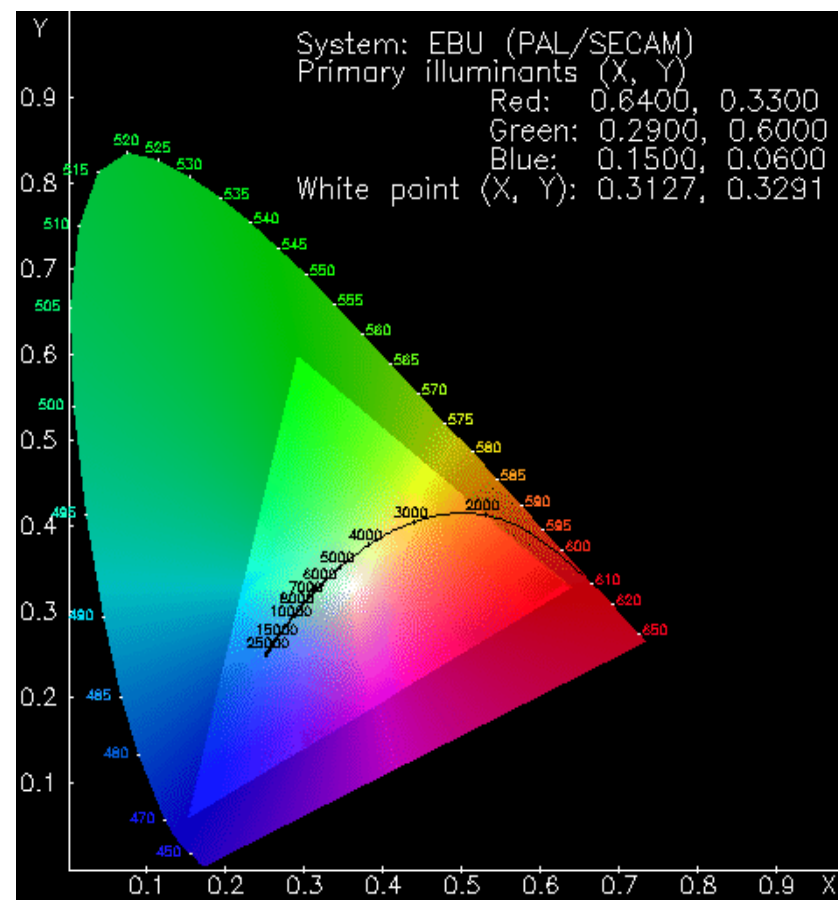


Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Diagrama de Cromaticidade

- Plotamos nas coordenadas x,y sendo
- $x = X / X+Y+Z$
- $Y = Y / X+Y+Z$
- As Dimensões X e Z são para relacionar dimensões de cor.
- A dimensão Y é para luminosidade claro ou escuro.



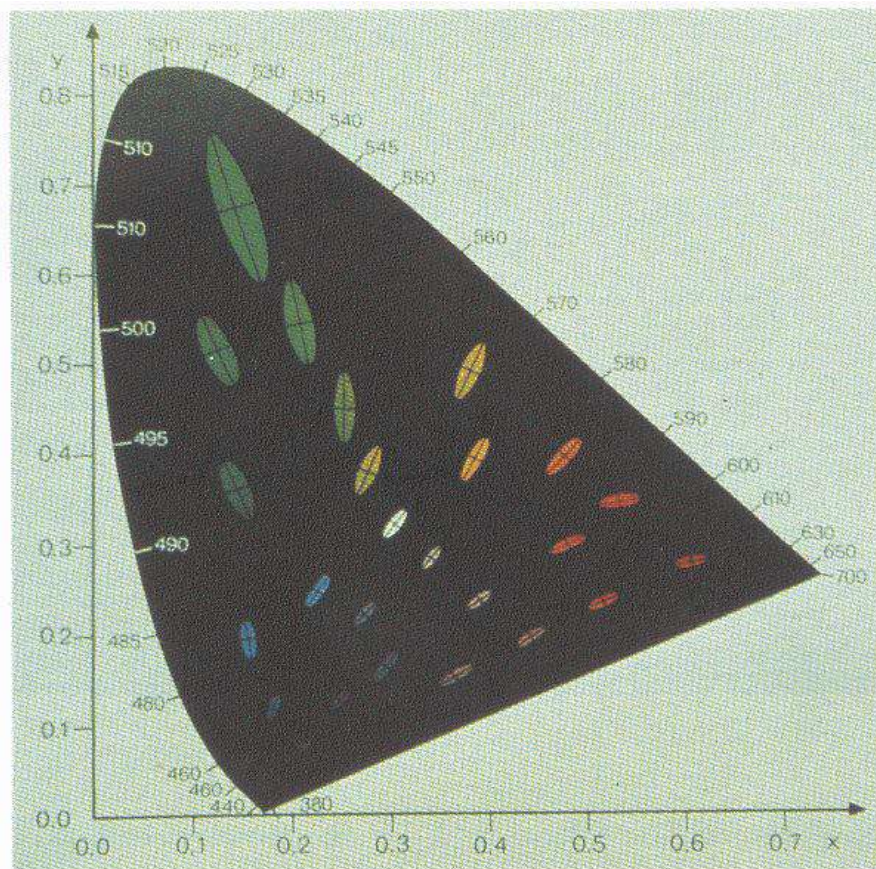


Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Não Uniformidade Sistema XYZ

- As elipses demonstram que o olho humano é mais sensível em tonalidade violetas e azuis do que nos verdes. Um uniformidade ideal para uma cor seria apresentada em círculos de igual diâmetro.
- Em função desse problema os pesquisadores na década de 1940 tentaram melhorar esse sistema CIE

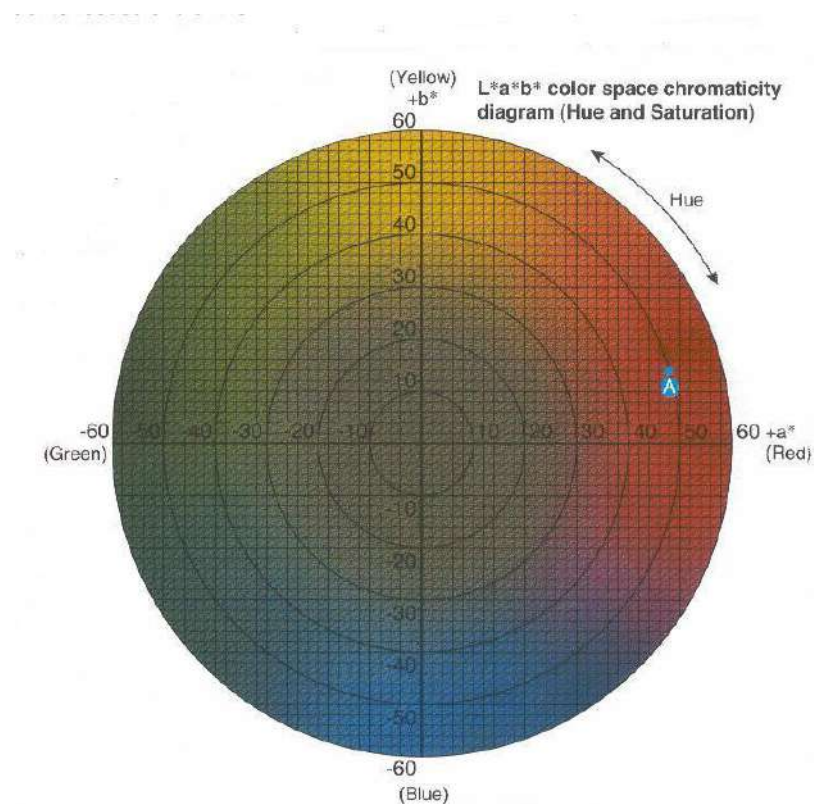




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Espaço $L^*a^*b^*$ - CIELAB 1976



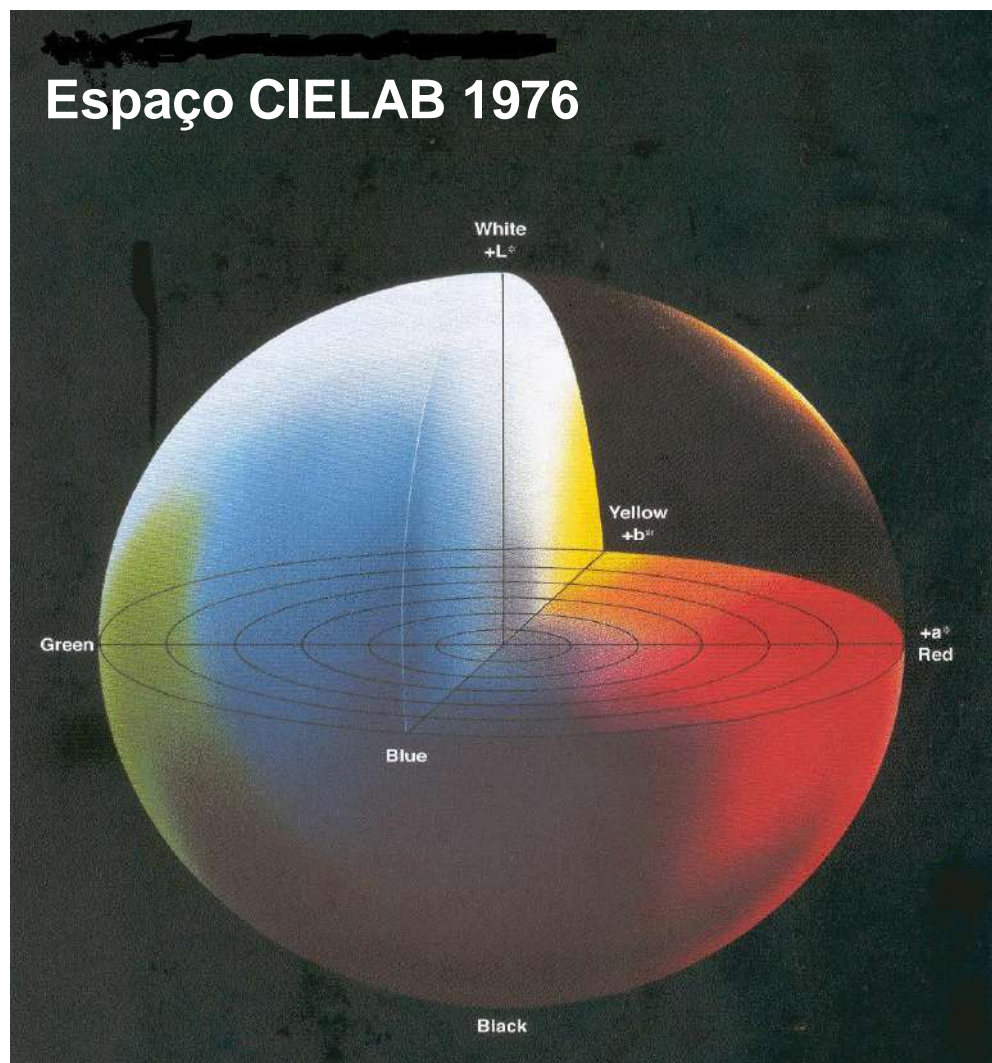
- CIELAB 1976 representa um dos populares sistemas de colorimetria para mensuração de cor. Esse é um sistema com uniformidade de cor dentro do espaço que foi desenvolvido para reduzir os problemas do sistema XYZ. No sistema $L^*a^*b^*$, o L^* corresponde a luminosidade, o eixo a^* verde/vermelho (+)=vermelho e (-)verde, o eixo b^* azul/amarelo (+)=amarelo (-) azul. O centro representa os tons acromáticos.
- Coordenadas Retangulares.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Espaço CIELAB 1976

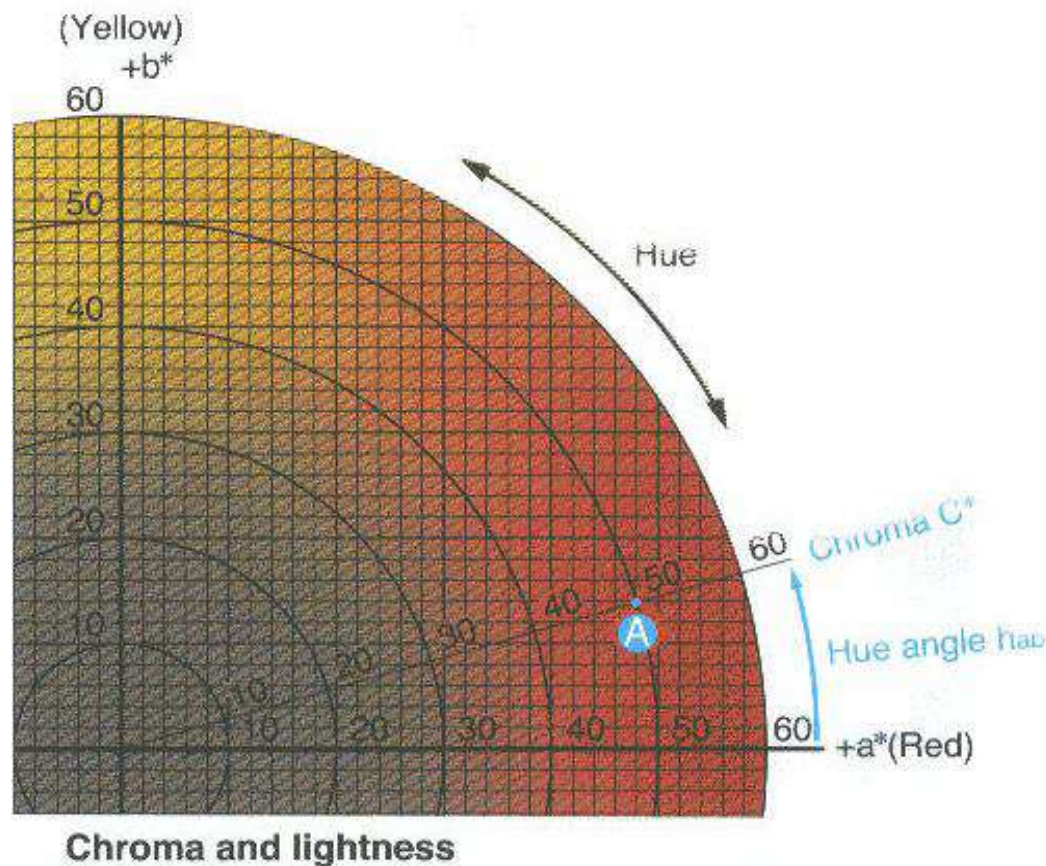




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Espaço CIELAB L*C*h



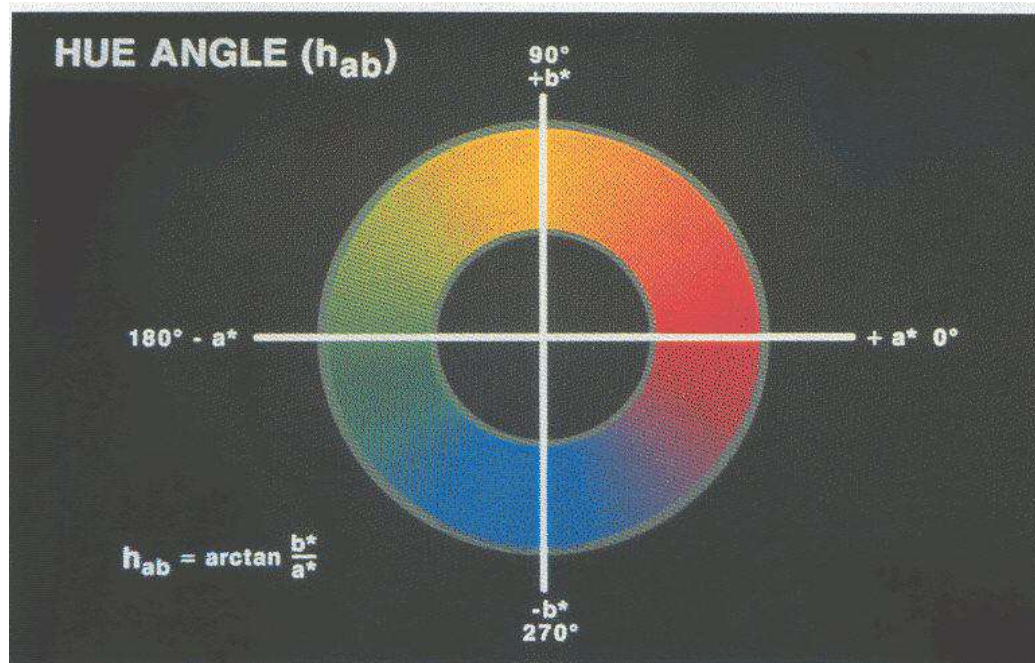
- O CIELAB L*C*h utiliza a mesma plataforma do Sistema L*a*b* mas as coordenadas são polares (cilíndricas). Nesse sistema o eixo L* é a luminosidade, O valor de C* é zero no centro a aumenta em direção as extremidades. O h é HUE ou tonalidade definida em graus, onde temos 0,90,180,270,360



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

HUE - Tonalidade



HUE ANGLE RELATED TO a,b COORDINATES

CIE 1976 a,b hue-angle

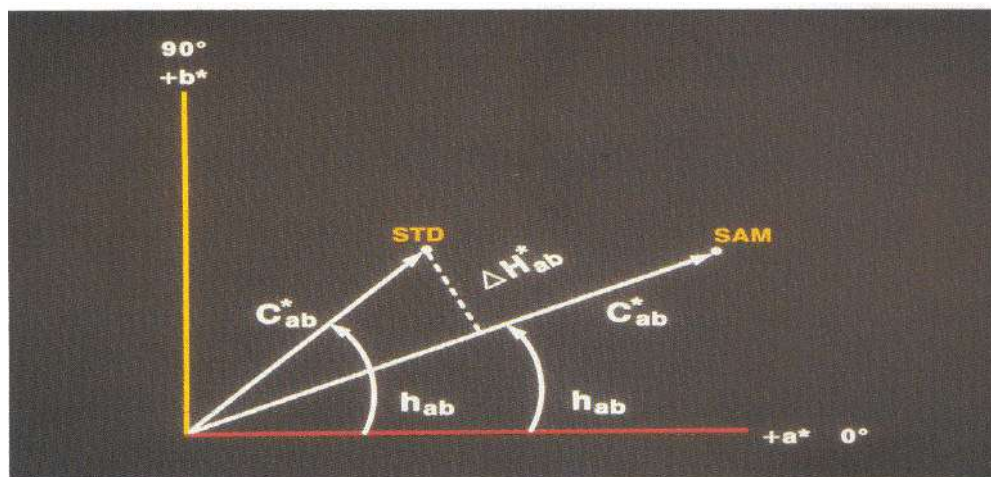
$$h_{ab} = \arctan (b^*/a^*)$$



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Chroma – Saturação



CIE 1976 a,b chroma

$$C^{*ab} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

CIE 1976 a,b Chroma Difference

$$\Delta C^{*ab} = C^{*ab}_{\text{sample}} - C^{*ab}_{\text{standard}}$$

CIE 1976 a,b hue-difference

$$\Delta H^{*ab} = [(\Delta E^{*ab})^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^{*ab})^2]^{1/2}$$



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

$L^*a^*b^*$ vs L^*C^*h

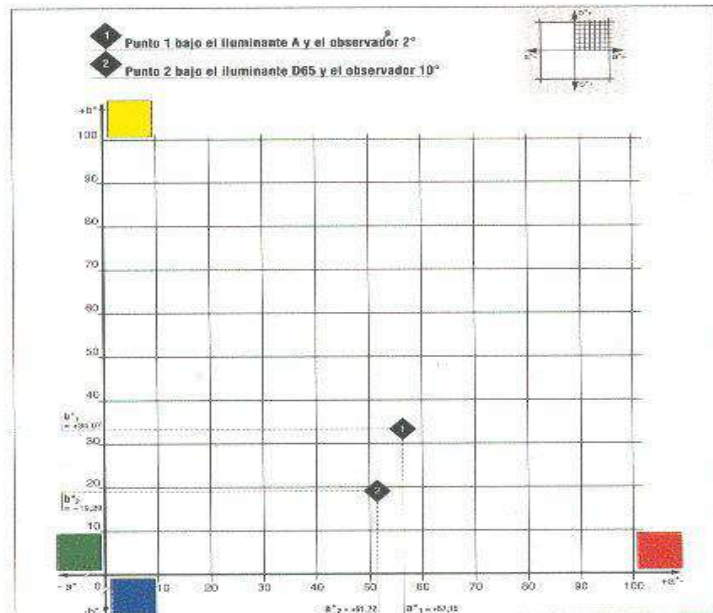
El sistema CIELAB también tiene las propiedades de un espacio euclidiano. Cada uno de sus puntos puede referenciarse por :

- sus coordenadas rectangulares L^* , a^* , b^* donde:

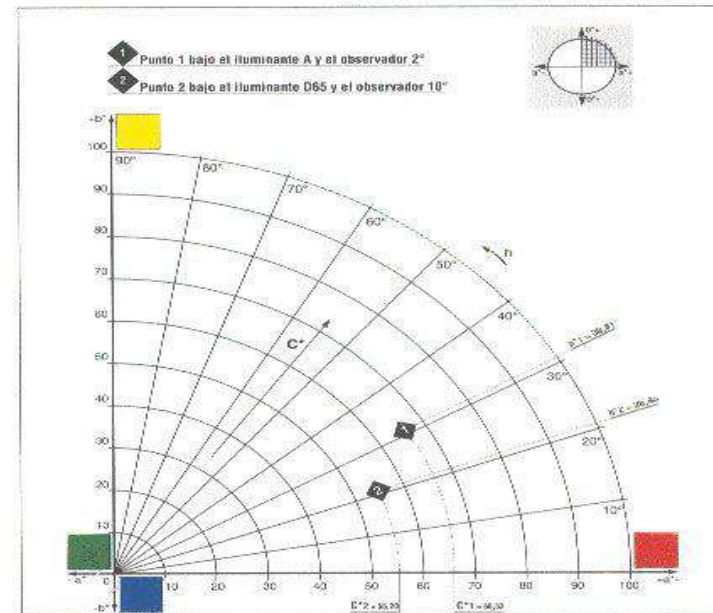
- L^* representa la claridad,
- a^* representa el componente cromático rojo-verde,
- b^* representa el componente cromático amarillo-azul.

o por sus coordenadas polares L^* , C^* y h donde:

- L^* sigue representando la claridad,
- C^* representa el croma o la saturación,
- h representa el ángulo de tono o la tonalidad cromática.



Posicionamiento de puntos de color en coordenadas rectangulares $L^* a^* b^*$ del sistema CIELAB



Posicionamiento de puntos de color en coordenadas cilíndricas $L^* C^* h$ del sistema CIELAB



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Fórmulas CIELAB 1976

La fórmula de transformación y de cálculo del espacio CIE 1976 (CIELAB) a partir de XYZ (CIE 1931) es:

■ **Coordenadas colorimétricas : L*a*b***

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad \text{para } Y/Y_n > 0,008856$$

$$L^* = 903,3 (Y/Y_n) \quad \text{para } Y/Y_n \leq 0,008856$$

$$a^* = 500 [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)]$$

$$b^* = 200 [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]$$

con :

- para $Y/Y_n, X/X_n$ y $Z/Z_n > 0,008856$

$$f(X/X_n) = (X/X_n)^{1/3}$$

$$f(Y/Y_n) = (Y/Y_n)^{1/3}$$

$$f(Z/Z_n) = (Z/Z_n)^{1/3}$$

- para $Y/Y_n, X/X_n$ y $Z/Z_n \leq 0,008856$

$$f(X/X_n) = 7,787 (X/X_n) + 16/116$$

$$f(Y/Y_n) = 7,787 (Y/Y_n) + 16/116$$

$$f(Z/Z_n) = 7,787 (Z/Z_n) + 16/116$$

Los componentes tricromáticos X_n, Y_n, Z_n son los de un color de superficie elegido como estímulo blanco nominal. Este estímulo corresponde habitualmente a la distribución espectral de energía de uno de los iluminantes patrones CIE, por ejemplo D65 o A. En esas

condiciones, X_n, Y_n, Z_n son los componentes tricromáticos del iluminante patrón donde Y_n es igual a 100.

Por ejemplo : para D65/10° :

$$X_n = 94,81 \quad Y_n = 100,000 \quad Z_n = 107,304.$$

Cuando se desea expresar los elementos de las diferencias de color en función de los componentes correspondientes a los atributos : claridad, tono, saturación - croma, se utilizan los términos definidos a continuación :

■ **Claridad CIE 1976 : L***

Es la magnitud L^* definida por la relación :

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad \text{para } Y/Y_n > 0,008856$$

$$L^* = 903,3 (Y/Y_n) \quad \text{para } Y/Y_n \leq 0,008856$$

■ **Saturación - Croma CIE 1976 : C***

Es la magnitud C^* definida por la relación :

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

■ **Angulo de tono CIE 1976 : h**

Es la magnitud definida por la relación :



$$h = \text{arc tg } (b^* / a^*)$$



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

CIELAB 1976 – Diferenças de Cor

SAMPLE	STANDARD	COLOR DIFFERENCES
		
L^* 71.9	L^* 69.7	$\Delta L^* = +2.2$
a^* +10.2	a^* +12.7	$\Delta a^* = -2.5$
b^* +58.1	b^* +60.5	$\Delta b^* = -2.4$

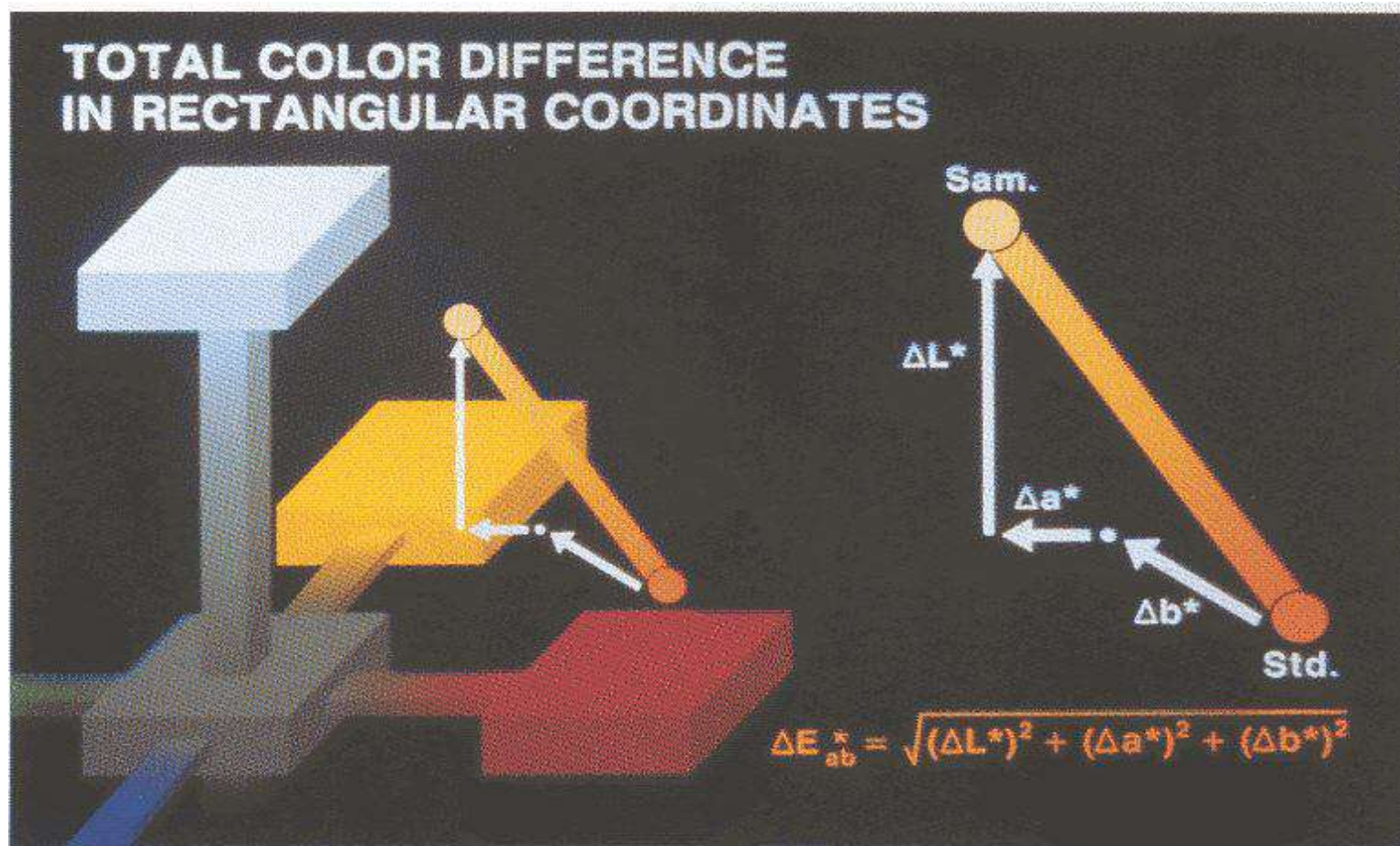
- Como calcula-se diferenças de cor? Sempre amostra menos padrão.
- Se ΔL^* é (+) então amostra é mais clara
- Se ΔL^* é (-) então amostra é mais escura
- Se Δa^* é (+) então amostra é mais vermelha (menos verde)
- Se Δa^* é (-) então amostra é mais verde (menos vermelha)
- Se Δb^* é (+) então amostra é mais amarela (menos azul)
- Se Δb^* é (-) então amostra é mais azul (menos amarela)



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Diferença de Cor DE

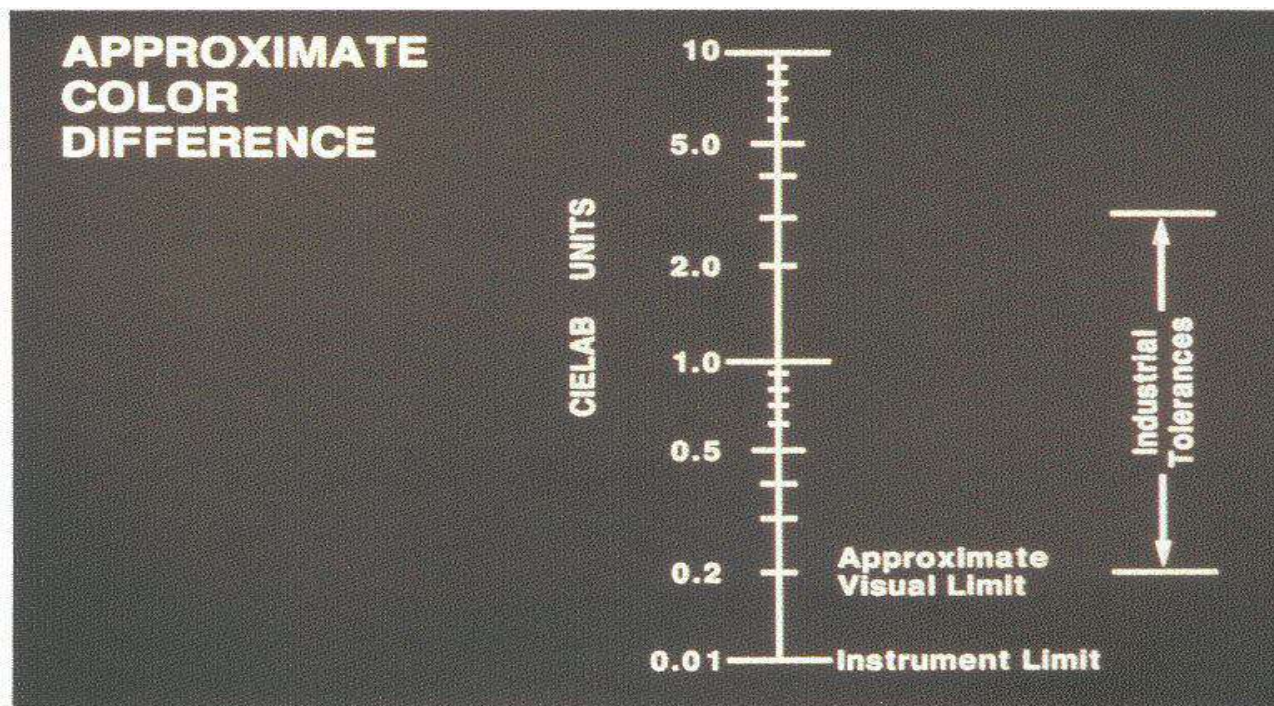




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Limites de Tolerância



- O que significa diferença de cor numérica? Diferenças de 0,2/0,3 estão no limite perceptível ao olho humano. Existem níveis de luminosidade que afetam o julgamento. Note que o range de tolerâncias industriais são amplos pois depende muito do tipo de material, aplicação, uniformidade, brilho, formato e o uso final do produto.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Limites de Tolerância

**TYPICAL RECTANGULAR-COORDINATE TOLERANCES
GARMENT INDUSTRY**

COLOR	ΔL	Δa	Δb
Reds/Oranges	± 0.30	± 0.35	± 0.20
Greens	± 0.35	± 0.30	± 0.20
Yellows/Tans	± 0.35	± 0.25	± 0.35
Blues	± 0.35	± 0.20	± 0.35

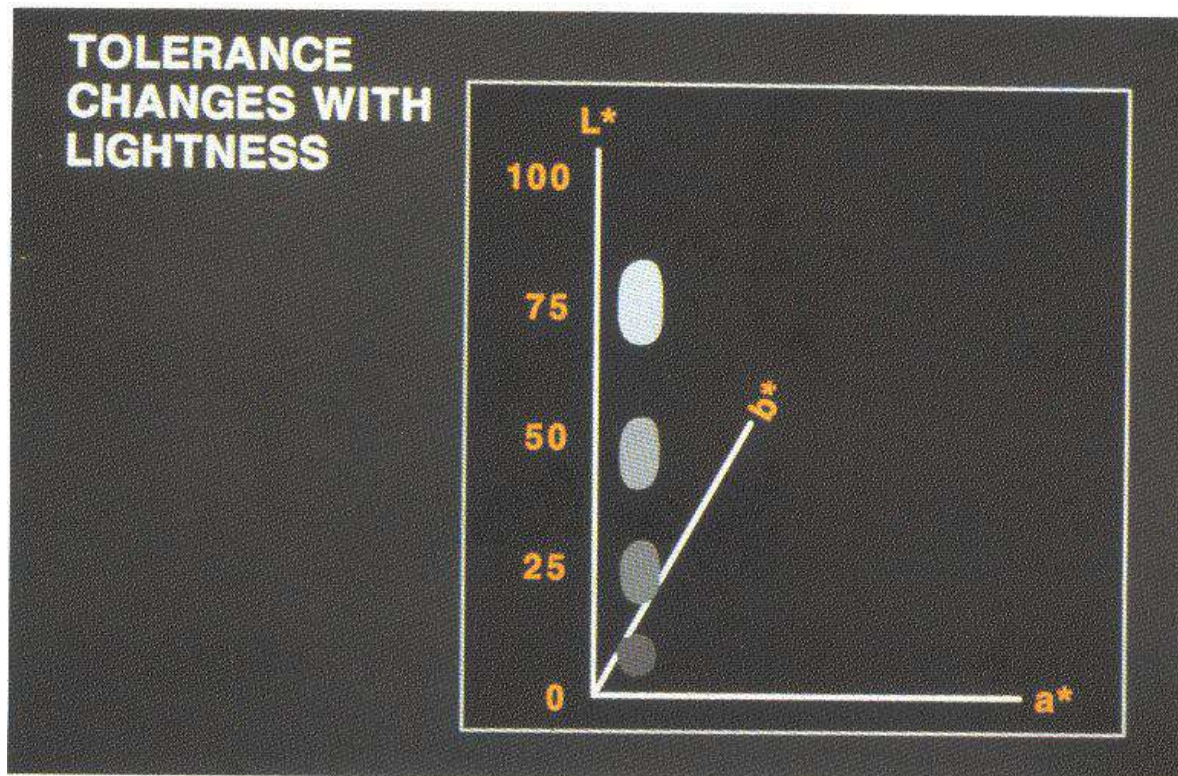
- Notem que essas tolerâncias reais são menores em alguns tipos de deltas. Exemplo para os vermelhos/laranjas as tolerâncias de Db são mais estreitas. Nesse caso o Db é o eixo da tonalidade e pequenas diferenças afetam muito no visual da cor.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Limites de Tolerância



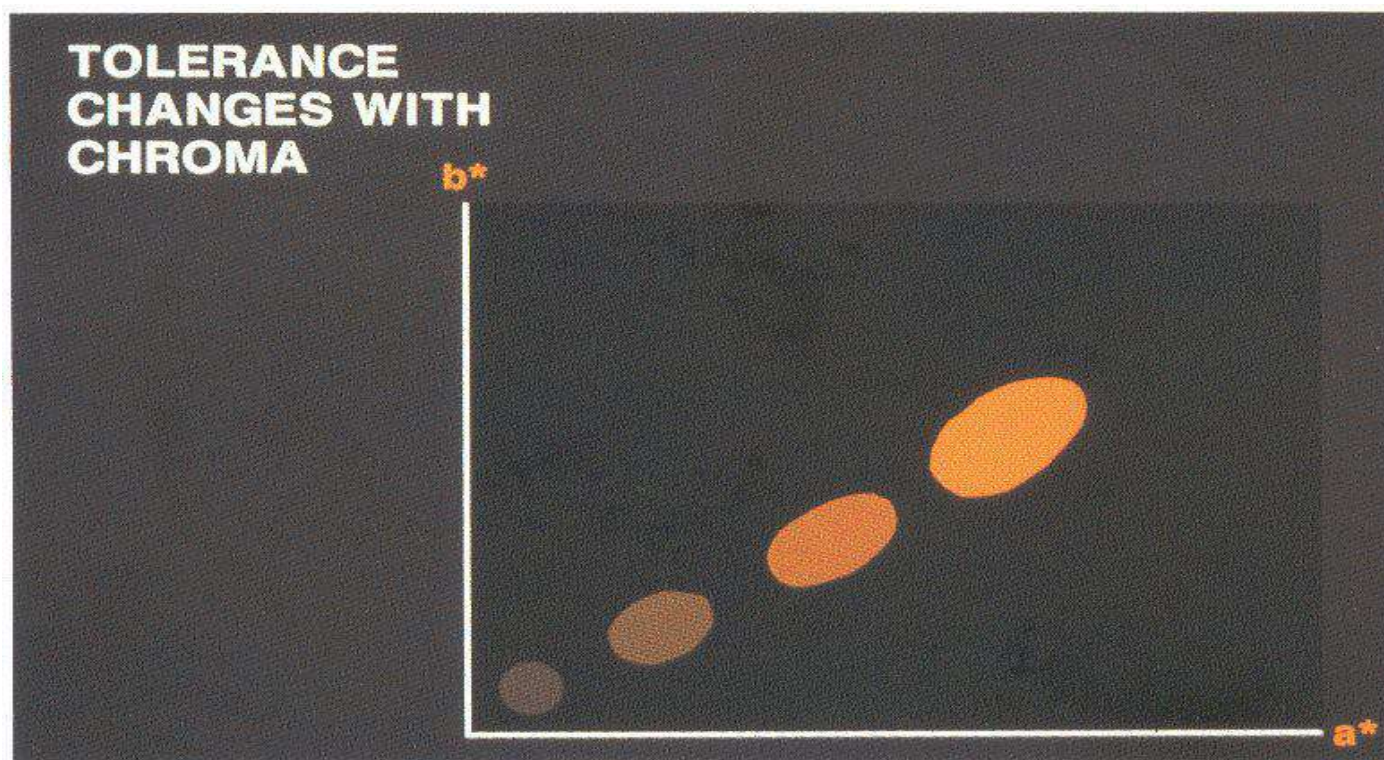
- Cores Claras as tolerâncias são MAIORES.
- Cores Escuras as tolerâncias são MENORES.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Limites de Tolerância



- Cores mais CROMÁTICAS (saturadas) as tolerâncias são maiores
- Cores menos CROMÁTICAS (mais neutras) as tolerâncias são menores.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Limites de Tolerância

TYPICAL +/- TOLERANCES IN CIELAB UNITS				
	ΔL^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*
BLUE	0.60	0.52	0.30	0.85
TAN	0.80	0.42	0.38	0.98
PINK	1.11	0.66	0.45	1.37
YELLOW	0.99	1.22	0.76	1.73

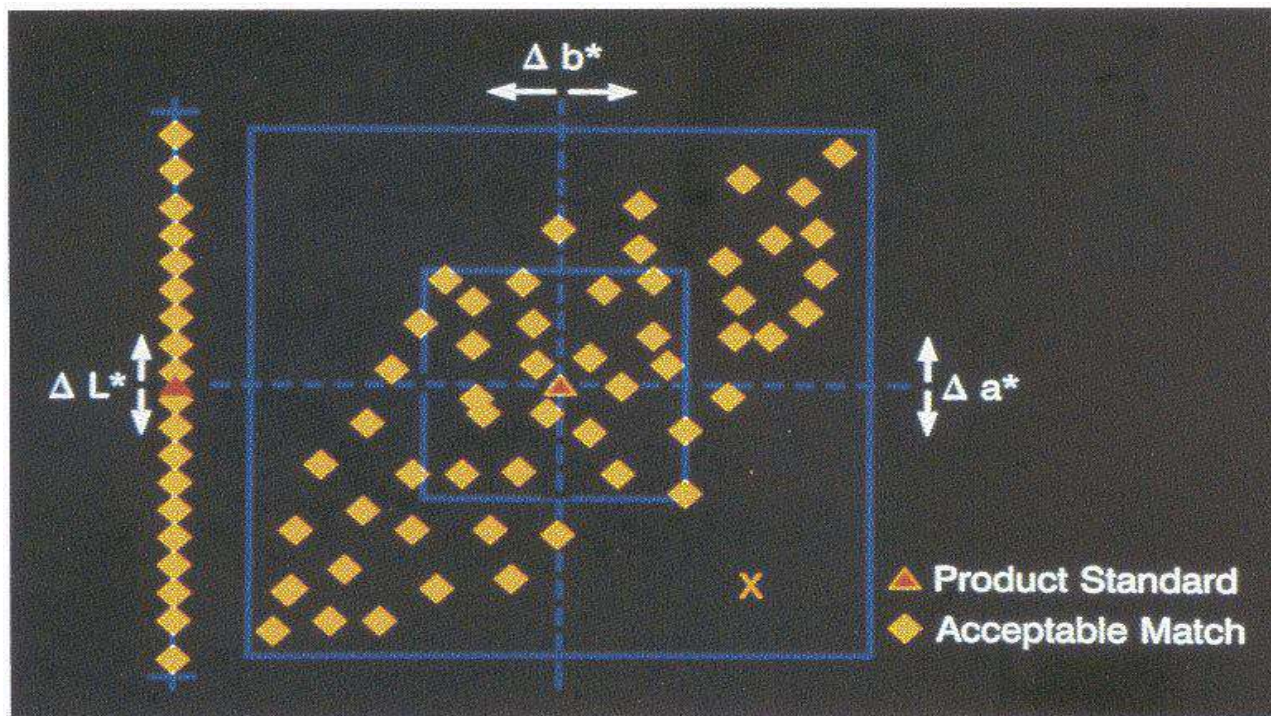
- Notem que nem sempre nós temos um bom caminho para definir limites de tolerâncias para cores diferentes. A magnitude dos números variam menos mas ainda não são perfeitos.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Limites de Tolerância



- Problemas das Tolerâncias de Coordenadas Retangular
- O retângulo externo representa os limites de tolerância e o retângulo interno representa as tolerâncias visuais aceitáveis para essa cor. Notem que todas as cores estão dentro dos limites de tolerâncias, mas menos da metade estão dentro dos limites visuais.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Estabelecendo Tolerâncias

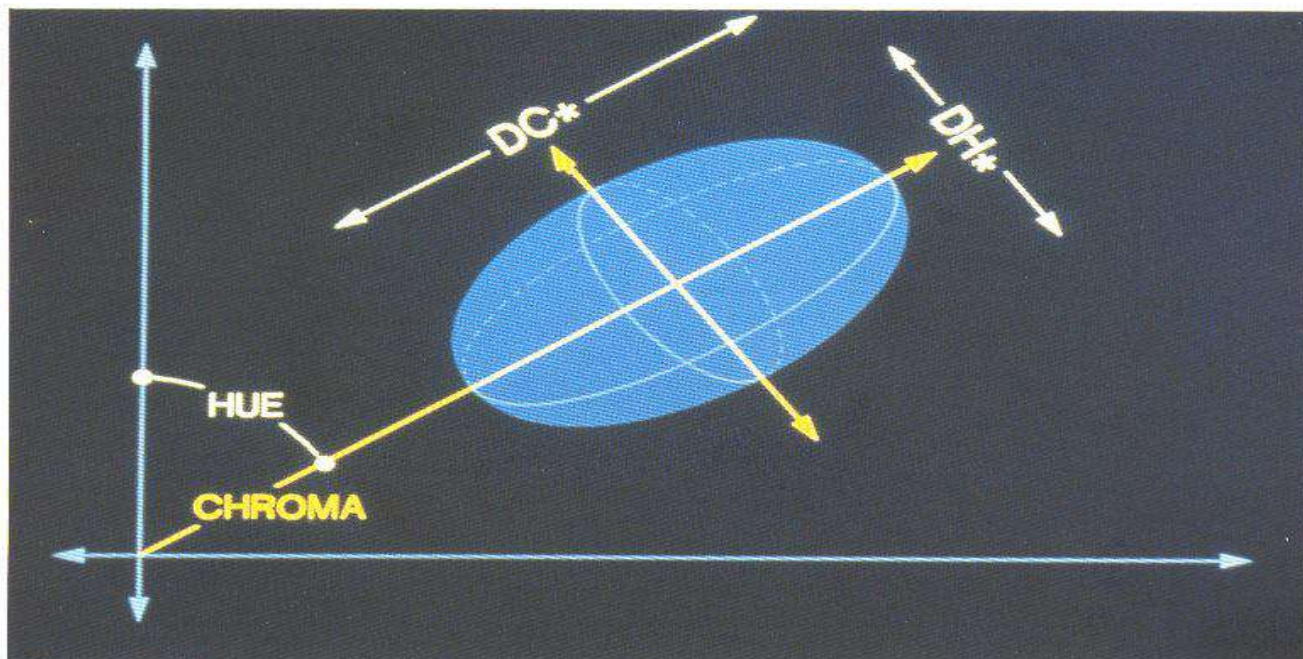
- Amostras e Erros
 - Boa parte dos métodos apresentam problemas de repetibilidade e reprodutibilidade ou não conhecemos seus desvios naturais.
- Deltas
 - É um erro estabelecer somente DE para aprovação.
 - Use todos os Deltas nas Tolerâncias
- Tolerâncias Industriais
 - Negocie as tolerâncias e métodos sempre com seu fornecedor e com os clientes também.
 - Façam padrões visuais de tolerâncias e depois estabeleçam os Deltas de aceitabilidade.
- Aceite Visual
 - Realize testes periódicos com coloristas e aprovadores de cor.
 - Olhos humano também é afetado por vários fatores emocionais e físicos.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Sistema CMC



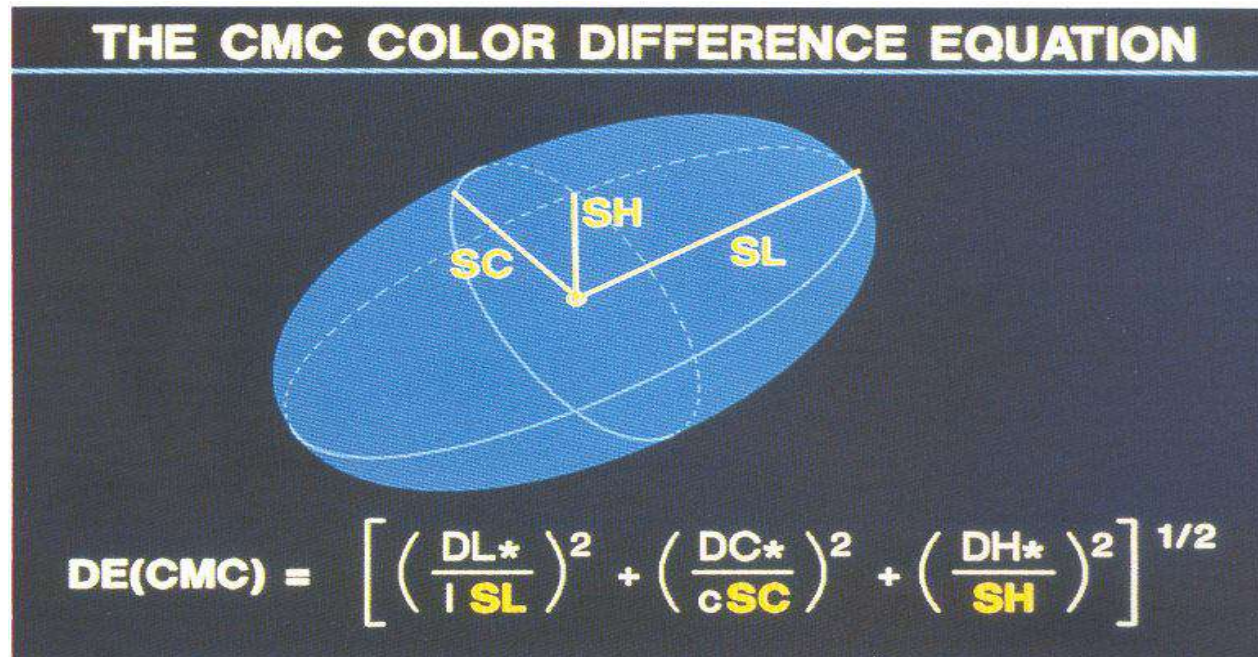
- As necessidades industriais na busca de CQ buscou maior interação com a neurofisiologia da visão. Esse estudo resultou na definição de fatores psicométricos (coeficientes de ponderação) de cada um dos critérios de classificação que foram integrados as formulas de diferença de cor DE pois o sistema CIELAB 1976 causa erros em boa parte das cores. Então o sistema CIELAB retangular ou polar passou por refinamentos e tornou-se elíptico.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Sistema CMC



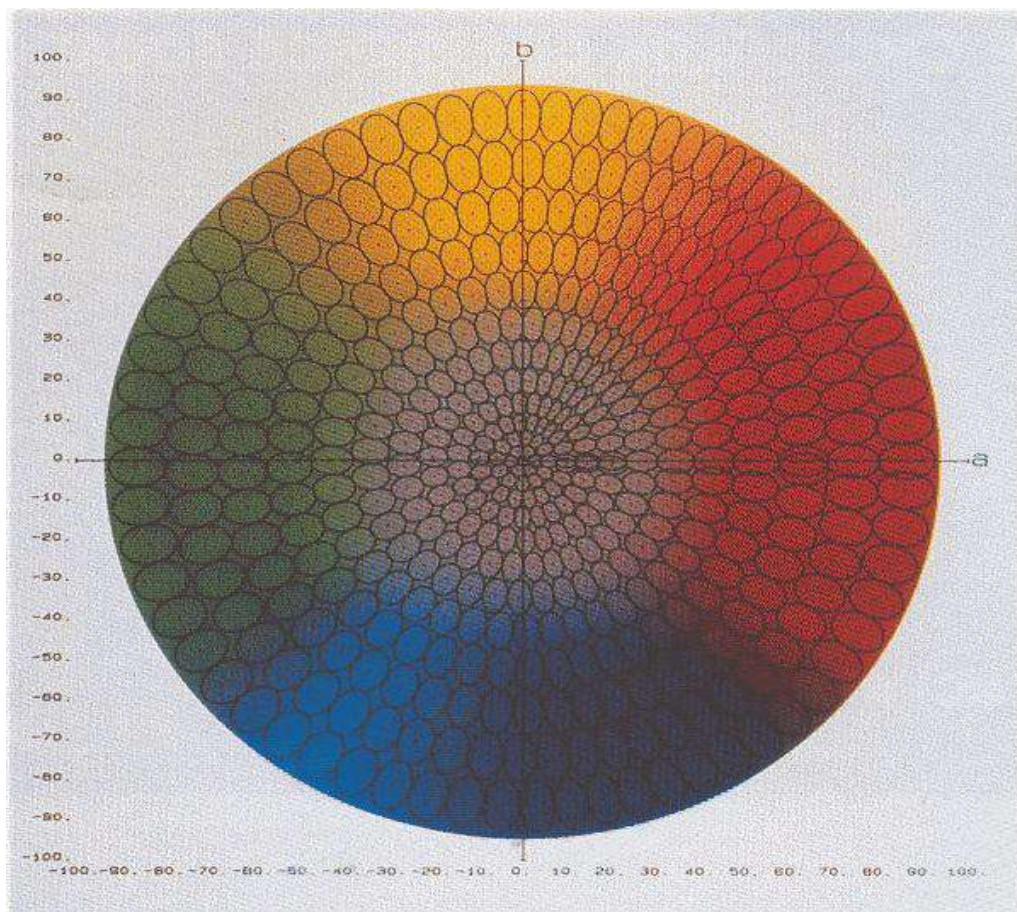
- Uma modificação do CIELAB foi elaborada progressivamente e depois ensaiada com dezenas de milhares de avaliações visuais e normatizada British Standard Institution conhecido com JPC79 e denominado agora de CMC (Colour Measurement Committee). Baseada no CIELAB expressada $L^*C^*H^*$ mediante com fatores corretores ligados a cada eixo, chamados de SL, SC e SH e fatores suplementares l, y e C para solucionar o problema de aceitabilidade de uma diferença de cor



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Sistema CMC



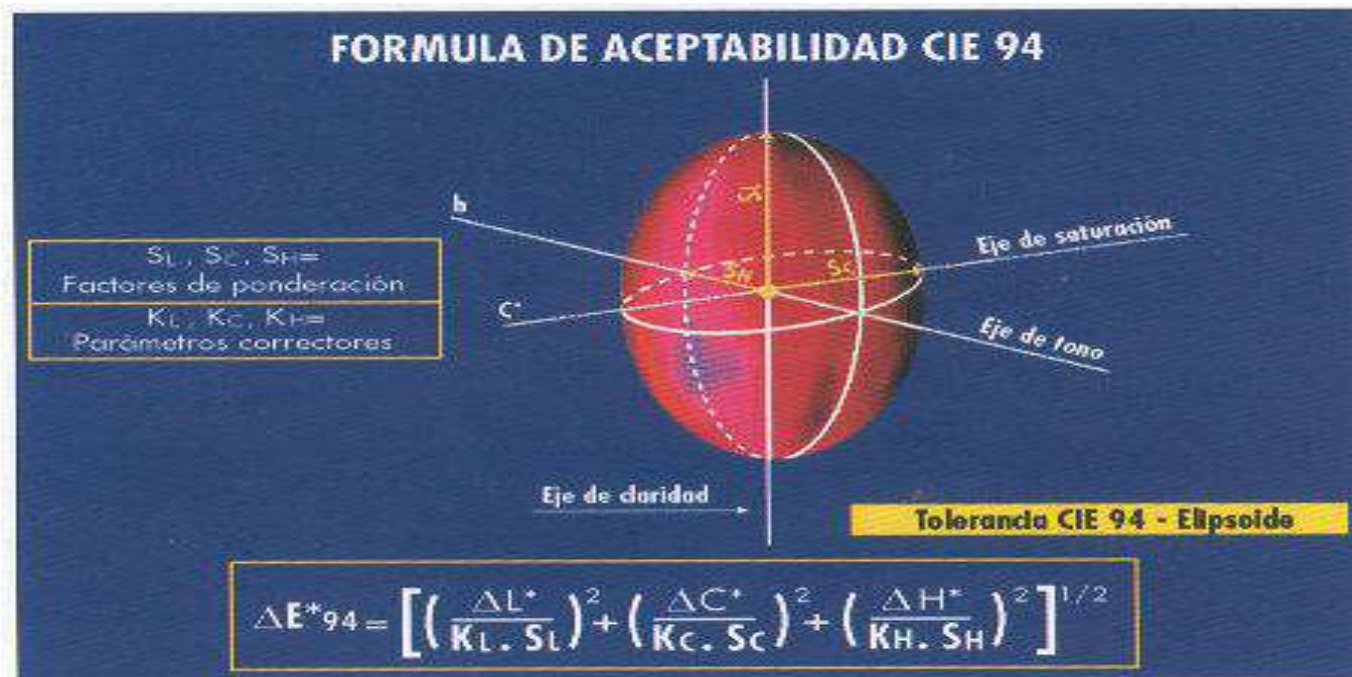
- Os parâmetros I / c podem ser ajustados pelo usuário, podendo ser iguais a 1 onde é mais freqüente avaliar diferenças de tonalidade. Pode-se ajustar $I = 1$ e $c=2$. Nota-se no gráfico que tons de laranja são menores e os verde são maiores.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

CIE 94



- Formula com refinamento d CIELAB 1976 com observações de amostras de cor. Os fatores SL, SC, SH representam os fatores de ponderação das diferenças de claridade, chroma e tonalidade. Os fatores KL, KC, KH são os fatores de correção ligado as condições de observação das amostra. As condições de referencias são definidas experimentalmente com condições típicas de observações de cores.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

CIE 94 – Condições de referência

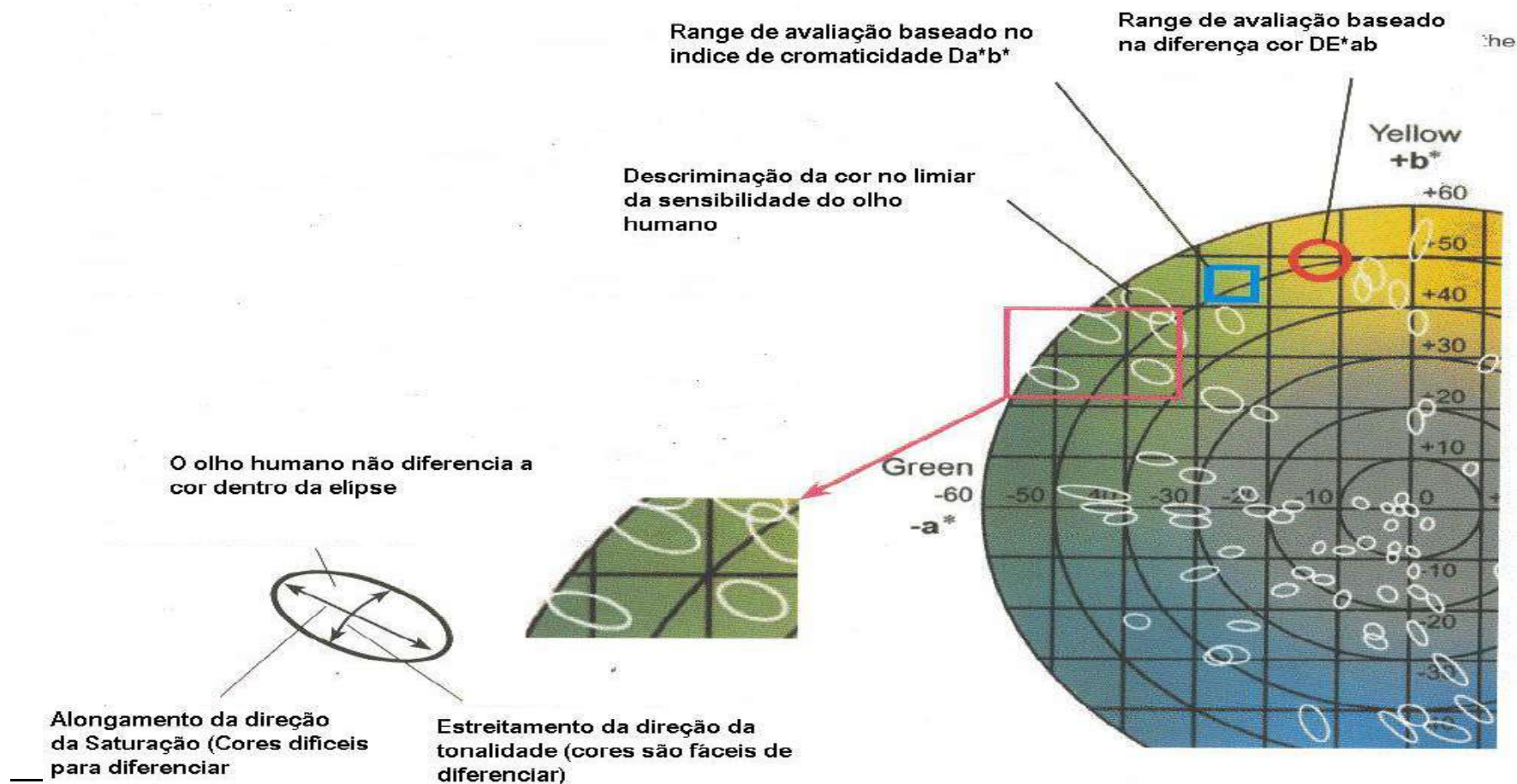
- Iluminação D65
- Iluminação amostras 1000 Lux
- Entorno de Observação: Gris Neutro $L^* = 50$
- Superfície Observação 4 graus
- STD/AMT paralelos
- Textura uniforme
- Industria Têxtil KL=2 KC KH=1 (2:1:1)



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

CIE 2000



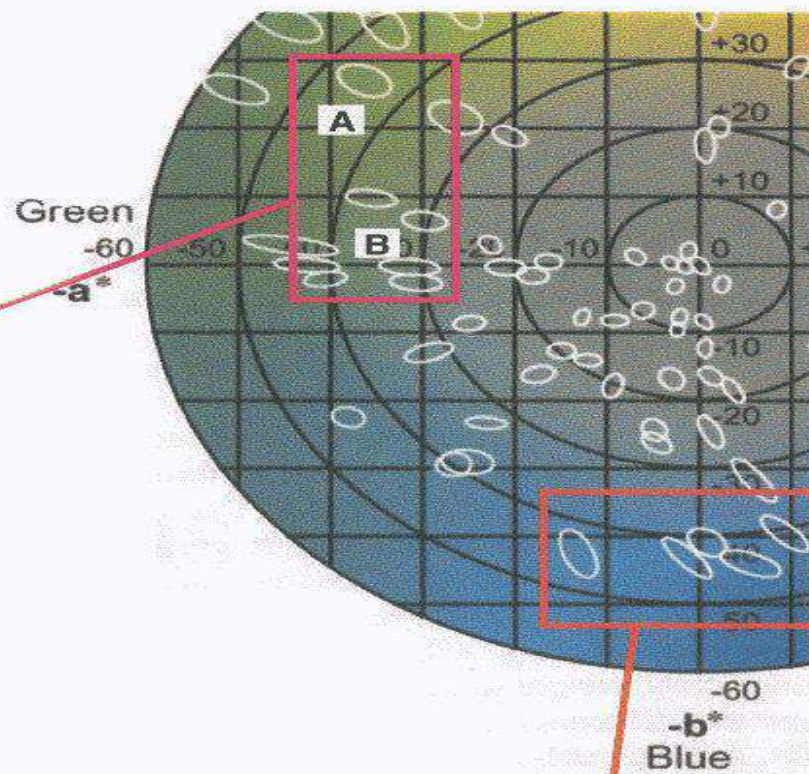


Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

CIE2000

A sensibilidade para diferenças de cor no eixo da tonalidade varia dependendo da cor. Notem a elipse A e B no gráfico. A elipse A está localizada ao redor do ângulo de tonalidade de 120 graus (verde amarelado) e o B está localizado próximo do ângulo de 180 graus. Entretanto suas saturações são similares. A é mais largo e B é mais estreito na direção da tonalidade. Isso significa que a sensibilidade para diferenças de cor para tonalidade maior em B do que em A.



A sensibilidade para diferenças de cor no eixo na Luminosidade



Minicursos CRQ-IV - 2009

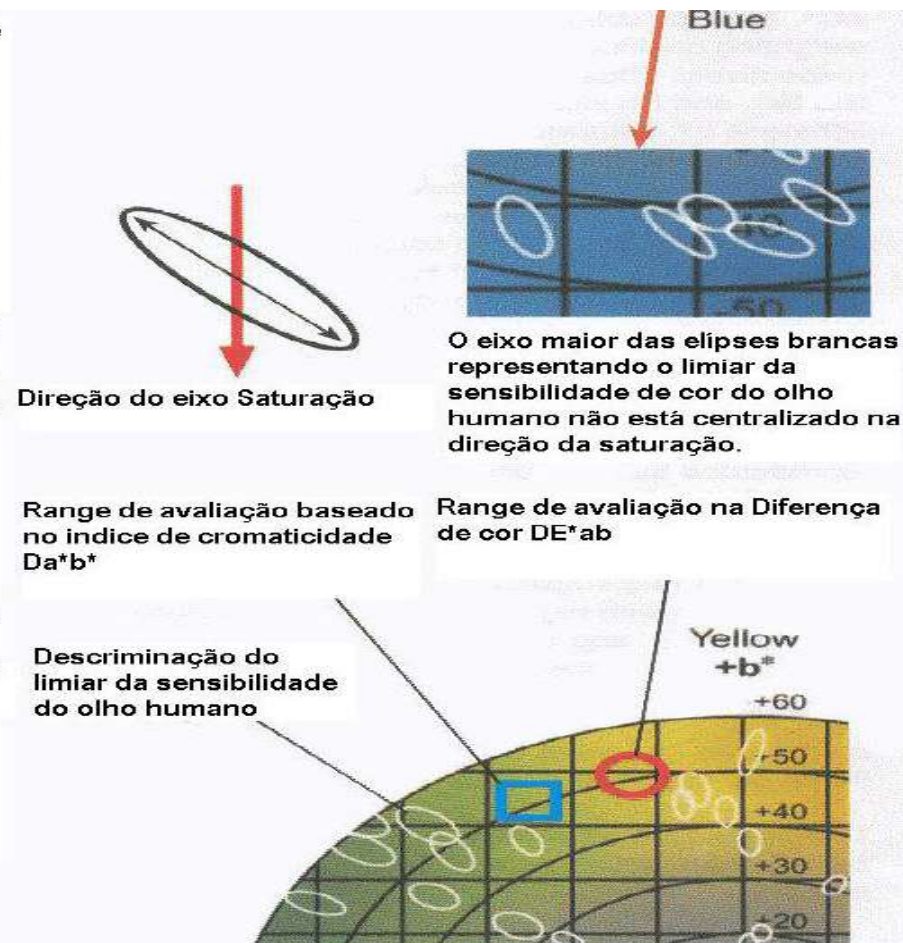
COLORIMETRIA

CIE2000

A sensibilidade para diferenças de cor no eixo na Luminosidade varia dependendo do ponto do eixo claro/escuro que estamos analisando. Infelizmente o eixo da luminosidade não é demonstrado nesse gráfico pois sua visualização é perpendicular aos eixos a^*/b^* . Porém podemos dizer a área mais sensível inicia ao redor de 50 unidades de L^* e desce tanto para mais claro (tendendo $p/100$) como para escuro (tendendo para zero)

Para cores azuis a direção do eixo da discriminação do limiar da sensibilidade do olho humano muda. Na figura ao lado observamos um eixo maior na elipses das cores azuis porém o ângulo direcional não está centralizado no centro ou seja está inclinado. Essa distorção é explicada pelas divergências de avaliações diferenças de cores entre as mensurações espectrofotométricas e avaliações visuais de cor.

As Diferenças de cor DE^*ab genericamente usadas para diferenças de cor no sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$) são representadas com o círculo perfeito vermelho com diferenças iguais de tonalidade e saturação. As diferenças de índice de cromaticidade Da^*b^* normalmente usada como método de avaliação é representada por um quadrado azul na figura. Ambas ilustrações diferem consideravelmente das elipses de limiar de sensibilidade do olho humano CIE2000. As diferenças entre esses sistema manifestam-se por si mesmos entre as mensurações da cor com resultados numéricos e as avaliações visuais.





Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Whiteness

CIE WHITENESS FORMULA

- Illuminant D65/10° 1964 Observer

$$W_{10} = Y_{10} + 800(x_{n,10} - x_{10}) + 1700(y_{n,10} - y_{10})$$

- Illuminant C/2° 1931 Observer

$$W = Y + 800(x_n - x) + 1700(y_n - y)$$

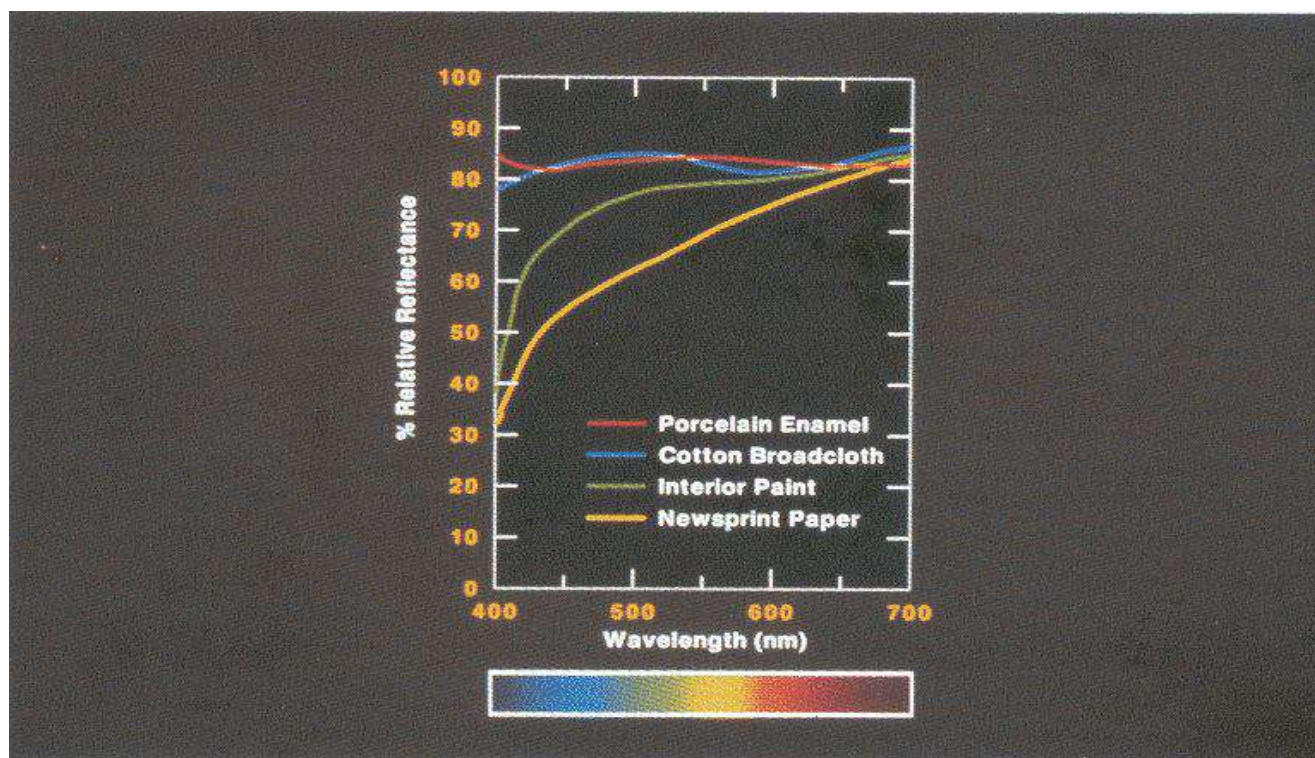
- Método de Teste 110-1989 da AATCC



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Whiteness



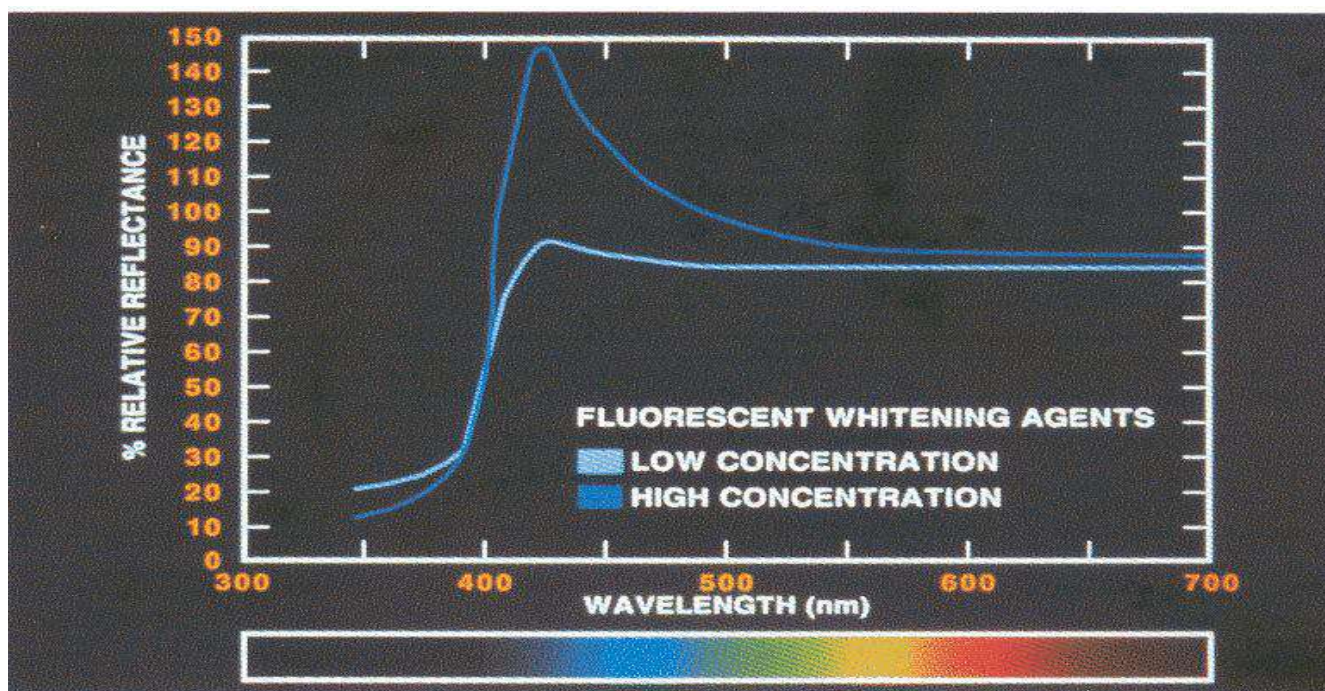
- Para entender melhor porque os Brancos aparentam grandes diferenças, examinamos as curvas de refletância de alguns materiais. As curvas são as digitais da cor.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Whiteness e FWA



- Os Agentes Branqueadores (FWA) são usados para promover maior brancura principalmente em tecidos e papeis. Eles absorvem na faixa do UV e remitem na faixa do espectro visível.

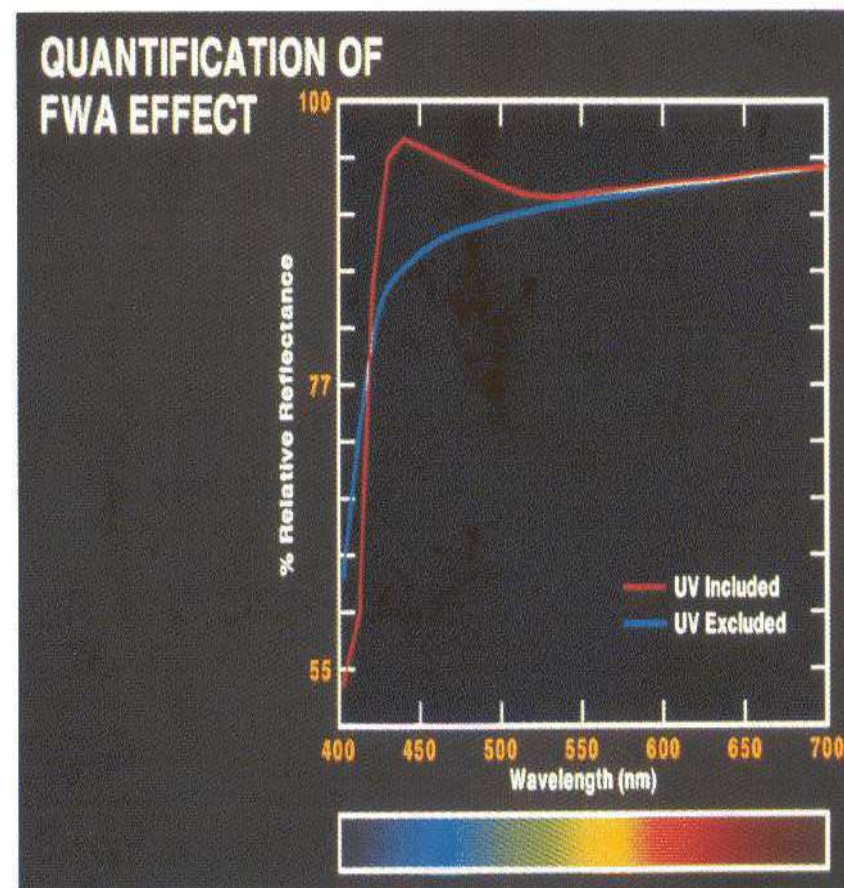


Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Whiteness e FWA

- Podemos quantificar a presença dos FWA utilizando filtros de UV presentes em alguns tipos de espectrofotômetros.
- UV incluído – Mensurar com o filtro OUT então automaticamente estamos INCLUINDO o efeito do FWA no produto analisado
- UV excluído – Mensurar com o filtro INTO então automaticamente estamos Excluindo o efeito do FWA no produto analisado
- Whiteness Quantificado = WI UV incl – WI UV excl
- Se o resultado acima for zero existe FWA presente.

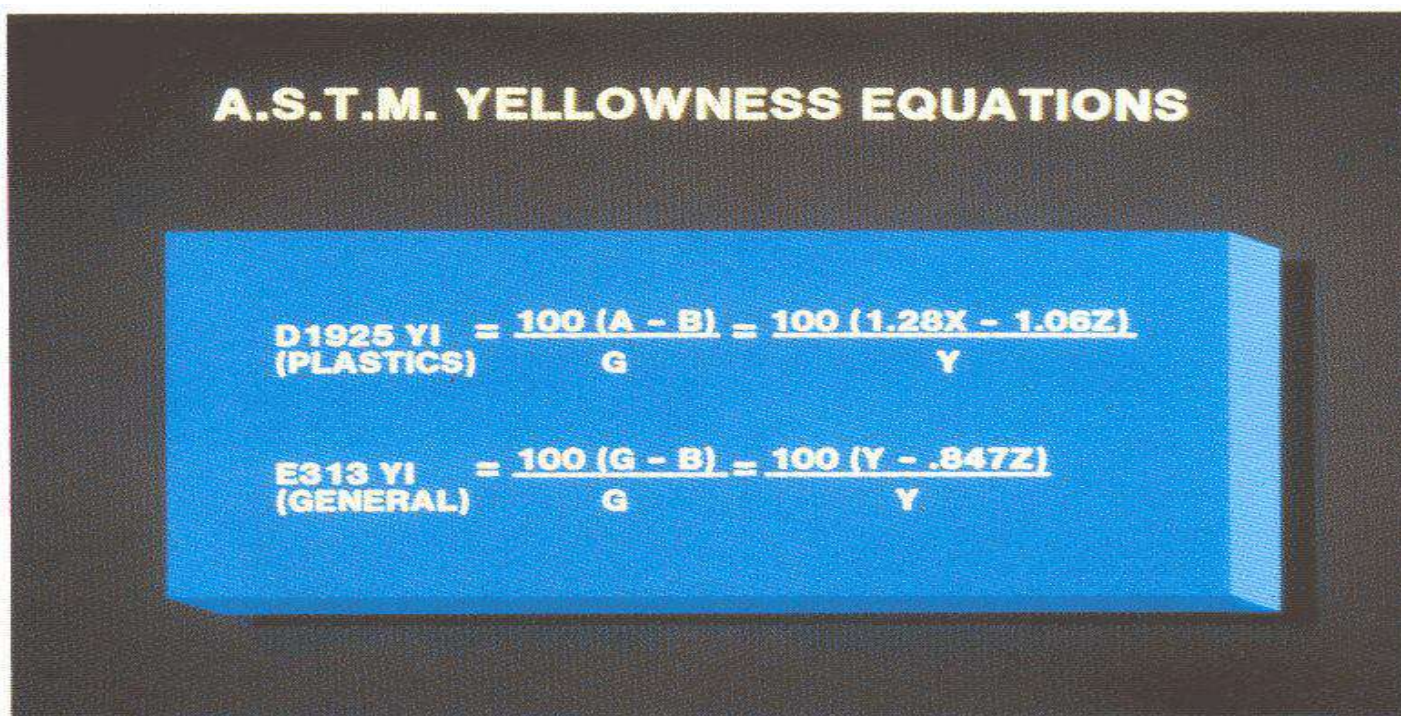




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Yellowness



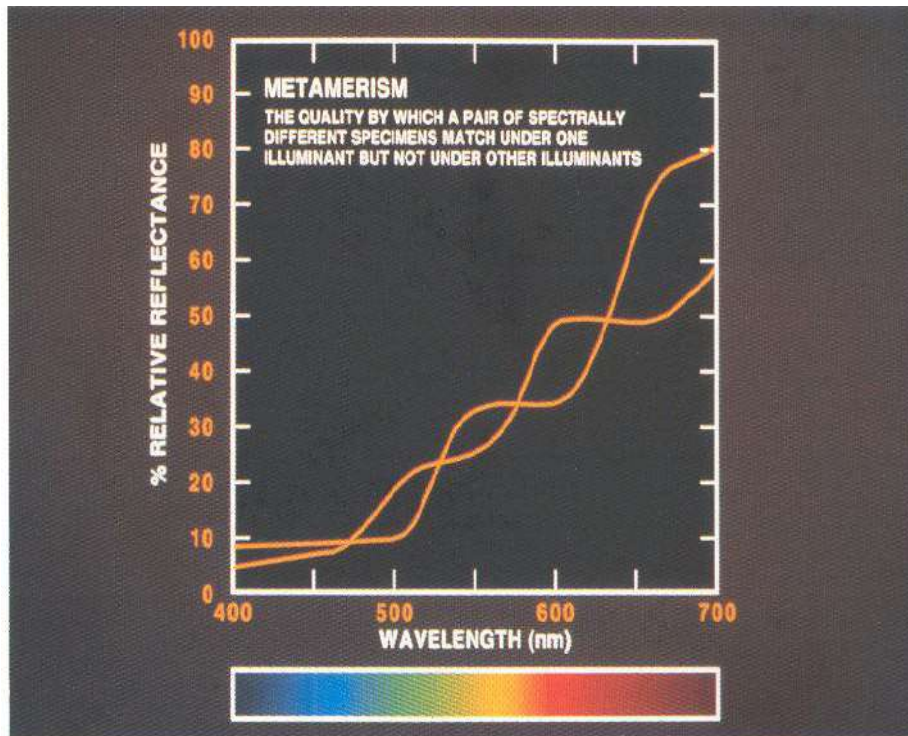
- Os índices de amarelamento servem para quantificar produtos que pode gerar ao longo do tempo moléculas cromóforas alterando a cor e as propriedades do produto.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Índice de Metamerismo - THUMB



- Já abordamos anteriormente as causas do Metamerismo nas cores
- No caso acima escolhemos dois iluminantes D65 e A
- Se o $MI \leq 0,5$ baixo metamerismo – sem problemas
- Se $MI \geq 0,5 \leq 1,0$ Análise visual em uma cabine de luz – poder ser aceitável
- Se $MI \geq 1$ Existe problemas de metamerismo e deve-se reformular

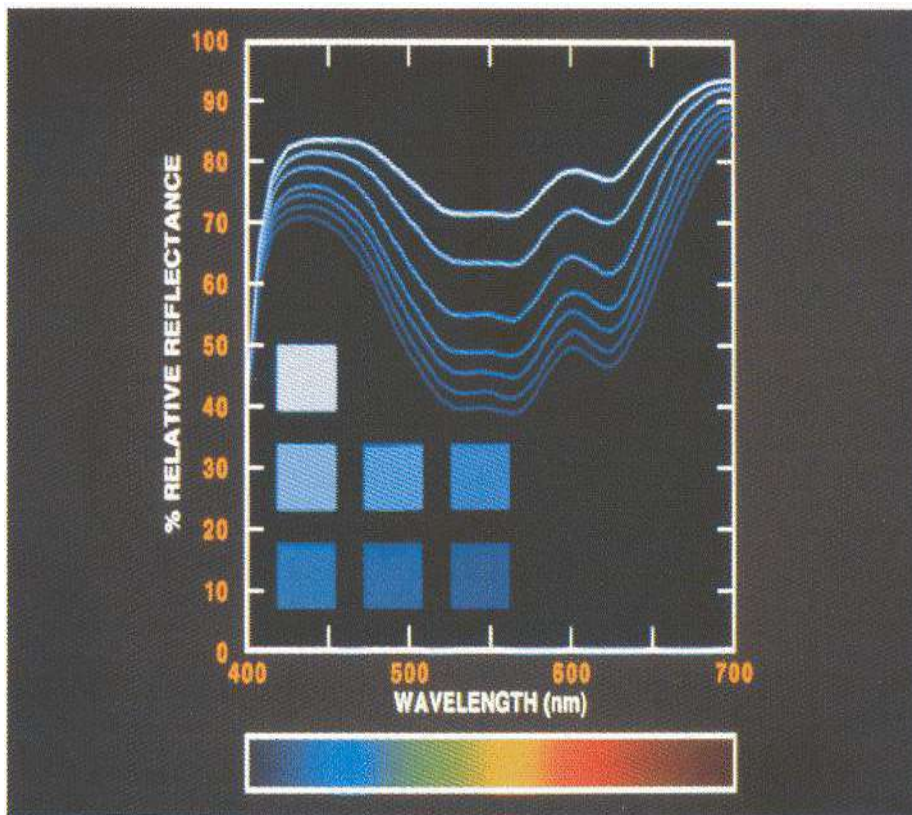
$$MI_{DA} = \sqrt{(\Delta L_D - \Delta L_A)^2 + (\Delta a_D - \Delta a_A)^2 + (\Delta b_D - \Delta b_A)^2}$$



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Equação de Kubelka Munk



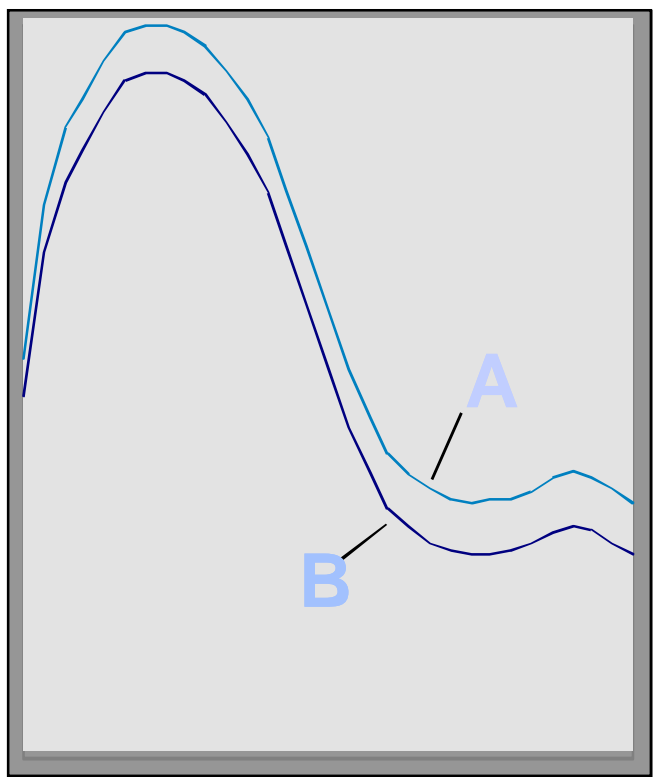
- Aplicação envolvendo formulações de cores requer um banco de dados compilado com distintas concentrações de pigmentos, que são misturados com Branco e Preto. Com a informação básica dos pigmentos, temos o (K) absorção e (S) espalhamento da luz. Usada para alimentar um software que prediz uma composição de vários pigmentos, é possível obter dados como sua concentração, preço e índice de metamerismo. Chamamos esse software de COLOR MATCH.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R_{\infty})^2}{2R_{\infty}}$$



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA



**simplified calculation
weighted K/S Sum**

Color strength in % =

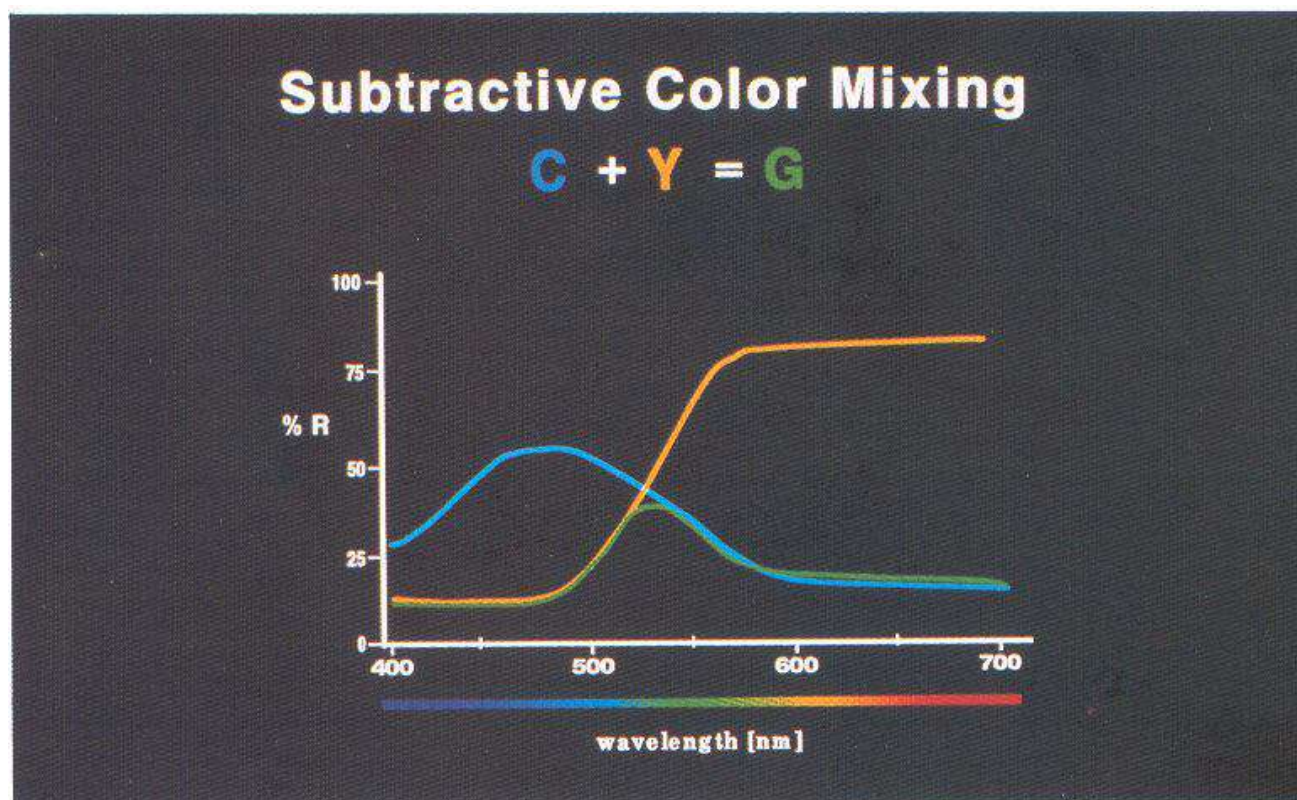
$$\frac{\text{K/S sample} \times 100}{\text{K/S Standard}}$$

- Outra aplicação da Equação de Kubelka Munk é para calcular o Poder de Tingimento ou Força Tintorial. Acima temos um exemplo prático de dois pigmentos A, B e existe uma diferença de concentração que pode ser quantificada pela equação K/S.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA



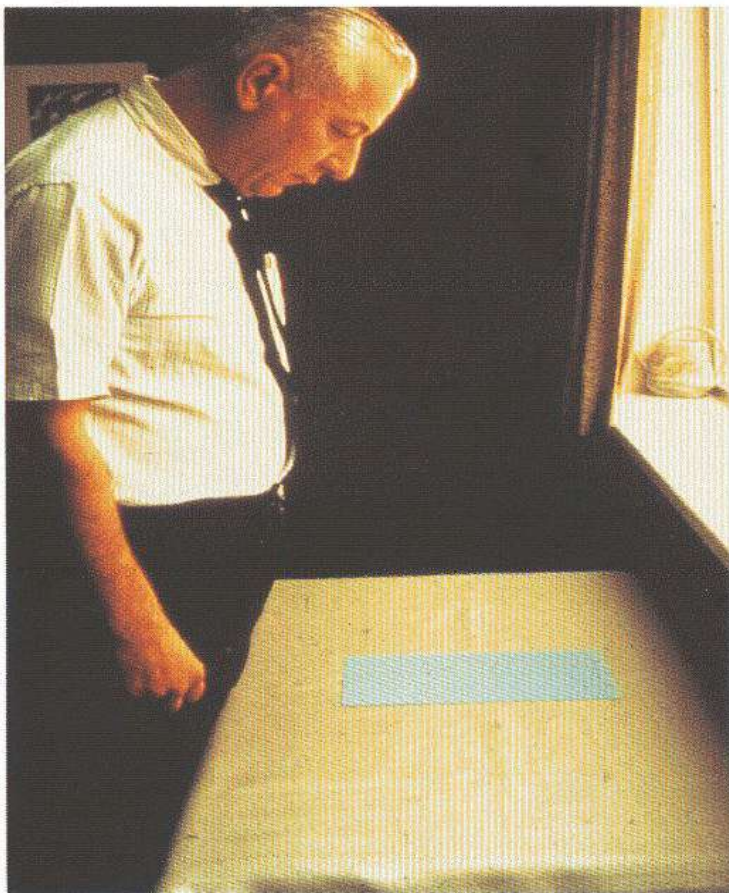
- Quanto duas cores CYAN e AMARELO são misturadas o resultado é o VERDE. Isso ocorre porque o cyan absorve os comprimentos de ondas longos e o amarelo absorve os comprimentos de ondas curtos. A única área onde ambas cores não absorve é a região do verde que a cor que nós vamos visualizar.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Análise Visual de Cor



- Luz Natural
- Face Norte
- Padrão e amostras paralelas
- Base Cinza Neutra
- Avaliação Cor – Olhos movimentando sempre na a especular
- Um dos maiores problemas que a luz do dia não é constante.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Análise Visual de Cor



- Uso de cabines de luz é mais consistente pois as lâmpadas periodicamente são avaliadas e trocadas mantendo assim a uniformidade.
- Usualmente a luz do Dia tem sido simulado com lâmpadas D65 ou D75, Tungstenio (A), Fluorescente Cool White F2 e algumas cabines possuem Luz Negra UV.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Análise Visual ASTM D1729

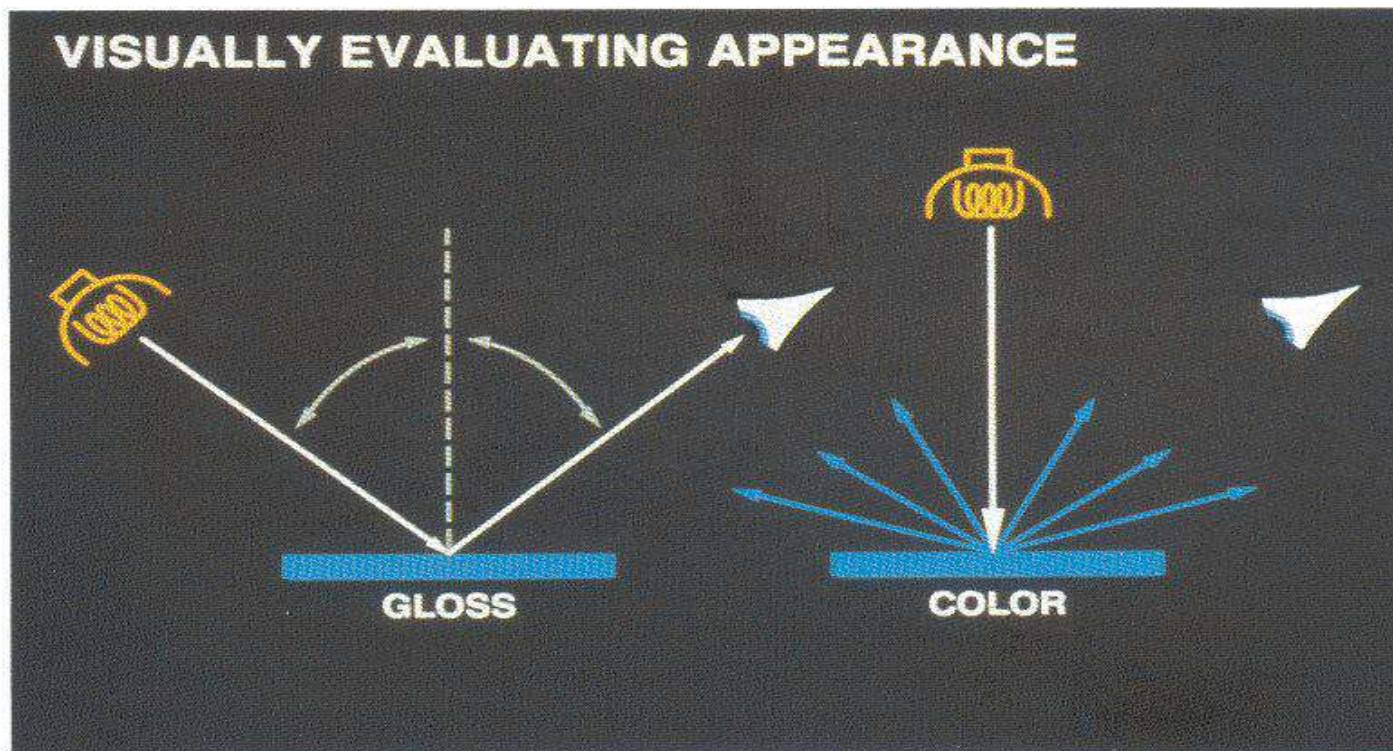
- Fontes Luminosas
 - Luz do Dia D65 ou D75
 - Incandescente – 2300K
 - Fluorescente Cool White – 4400K
- Condições Fotométricas
 - Iluminação de 75 – 175 velas
- Condições Geométricas
 - Luz incidente – Zero Graus
 - Visualização – 45 graus
- Base, Fundo e Contornos
 - Cinza Neutro
 - Semi-Brilho



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Avaliação Visual de Aparência



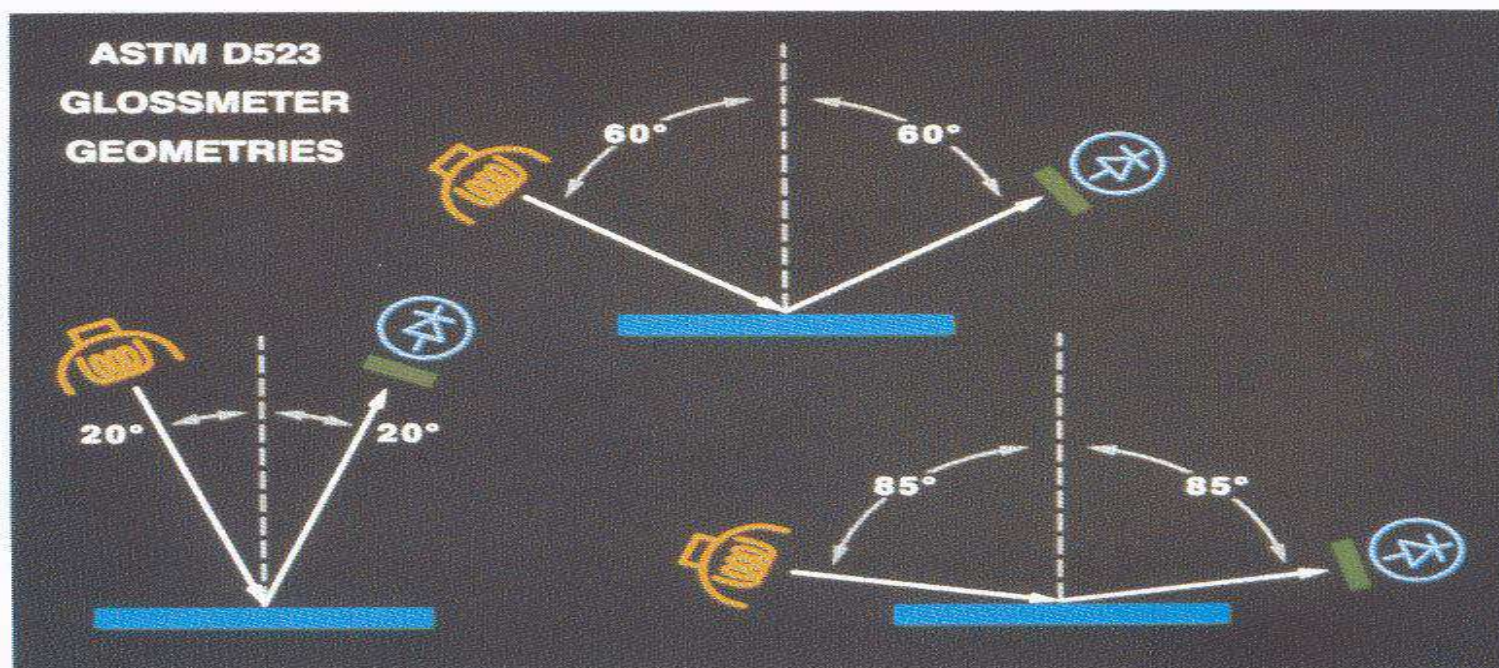
- Padronização da posição da fonte luminosa e observador para avaliação visual



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

GlossMeter - Instrumental



Faixa de Brilho	Valor de 60°	Pode ser medido c/
Semi Brilho	10-70	Geometria 60°
Alto Brilho	➤ 70	Geometria 20°
Fosco	< 10	Geometria 85°



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Espectrofotômetros

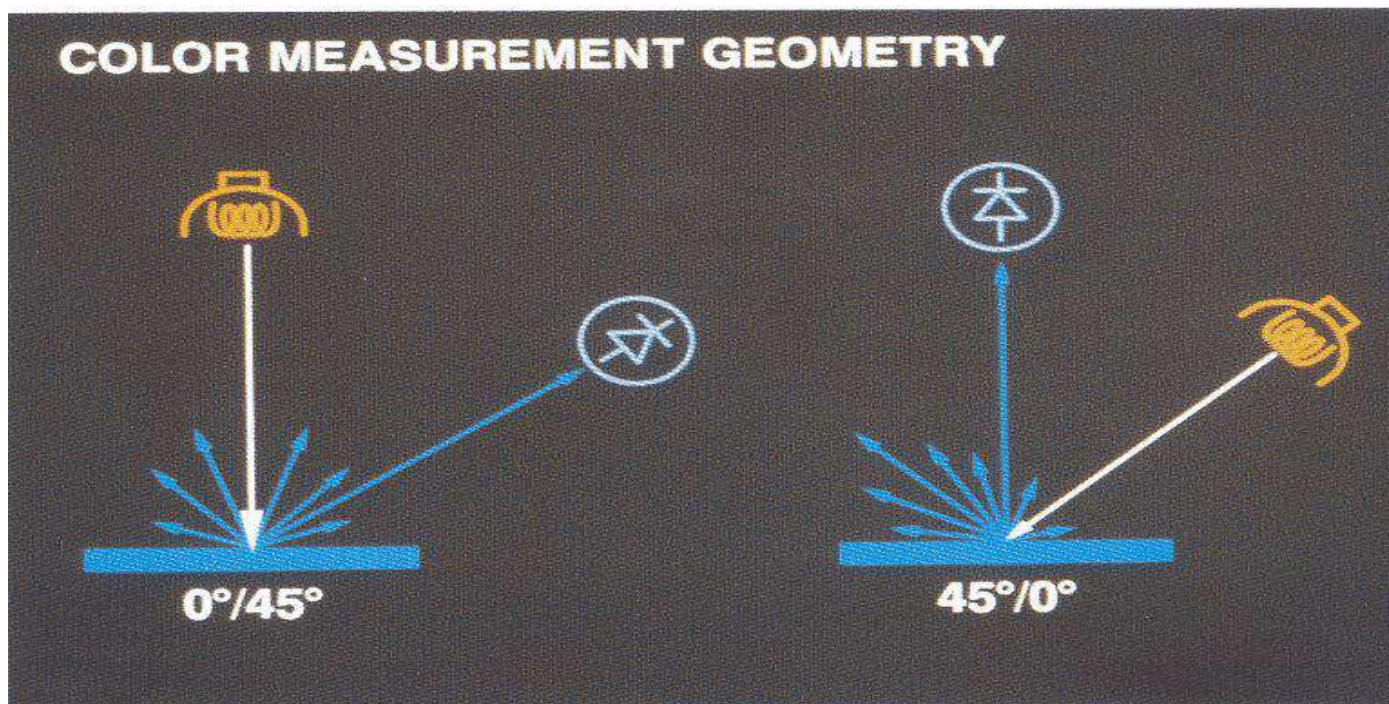
MENSURAÇÃO DE COR



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Geometria de Mensuração de Cor



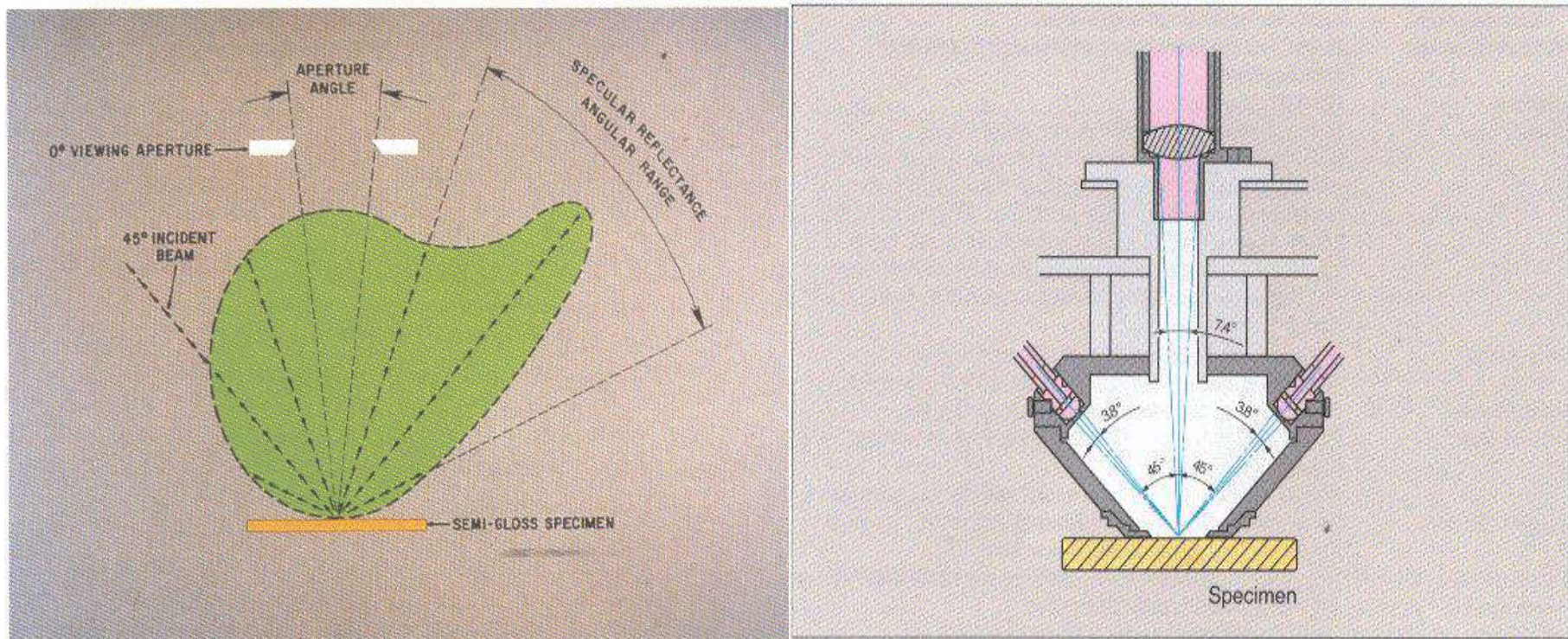
- De acordo com a lei de reciprocidade definida por Helmholtz 1909 as direções de iluminação e visualização em instrumento fotométrico pode ser intercambiado sem mudar a eficiência do fluxo de luz do sistema. Assim, as geometrias $0^{\circ}/45^{\circ}$ e $45^{\circ}/0^{\circ}$ são consideradas equivalentes desde que todos os outros componentes do sistema mantenha-se constantes.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Espectrofotômetros $0^\circ/45^\circ$ e $45^\circ/0^\circ$



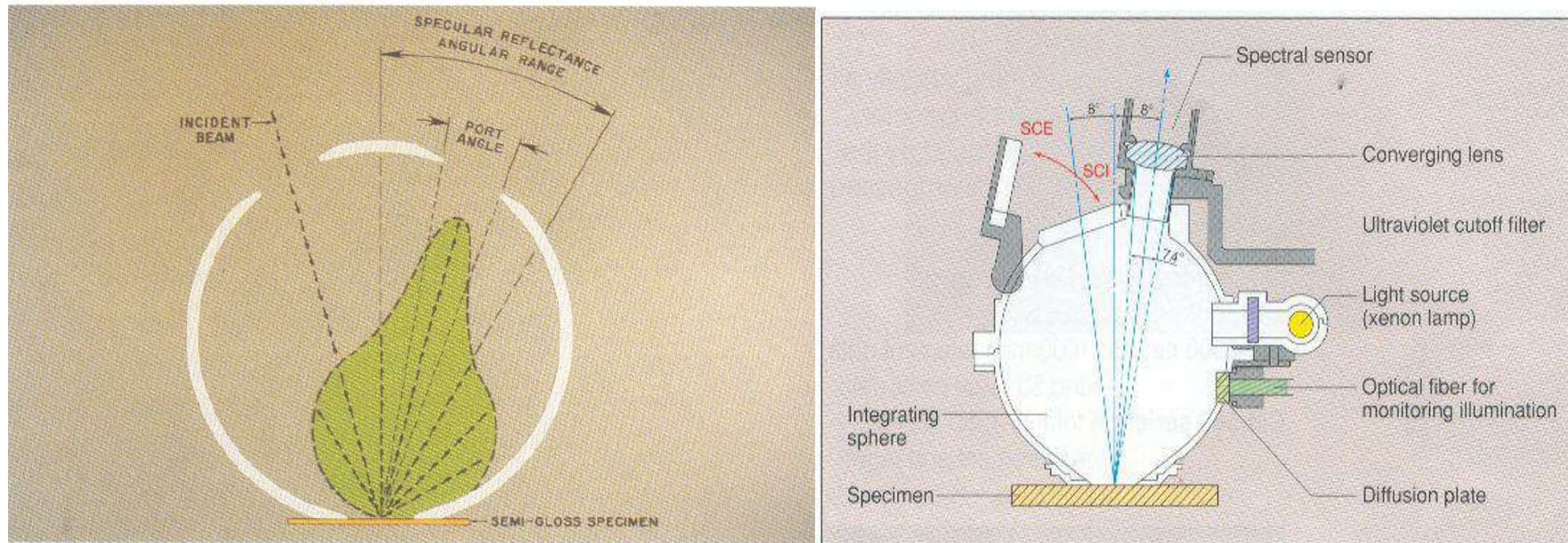
- Os instrumentos $45/0$ ou $0/45$ são essencialmente para mensurar materiais e cores sempre nas MESMAS CONDIÇÕES com normalmente é usado para avaliações visuais. Esse instrumento é usado em segmentos com Plásticos, Artes Gráficas e Farmacêutica.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Espectrofotômetros d/8 ou 8/d



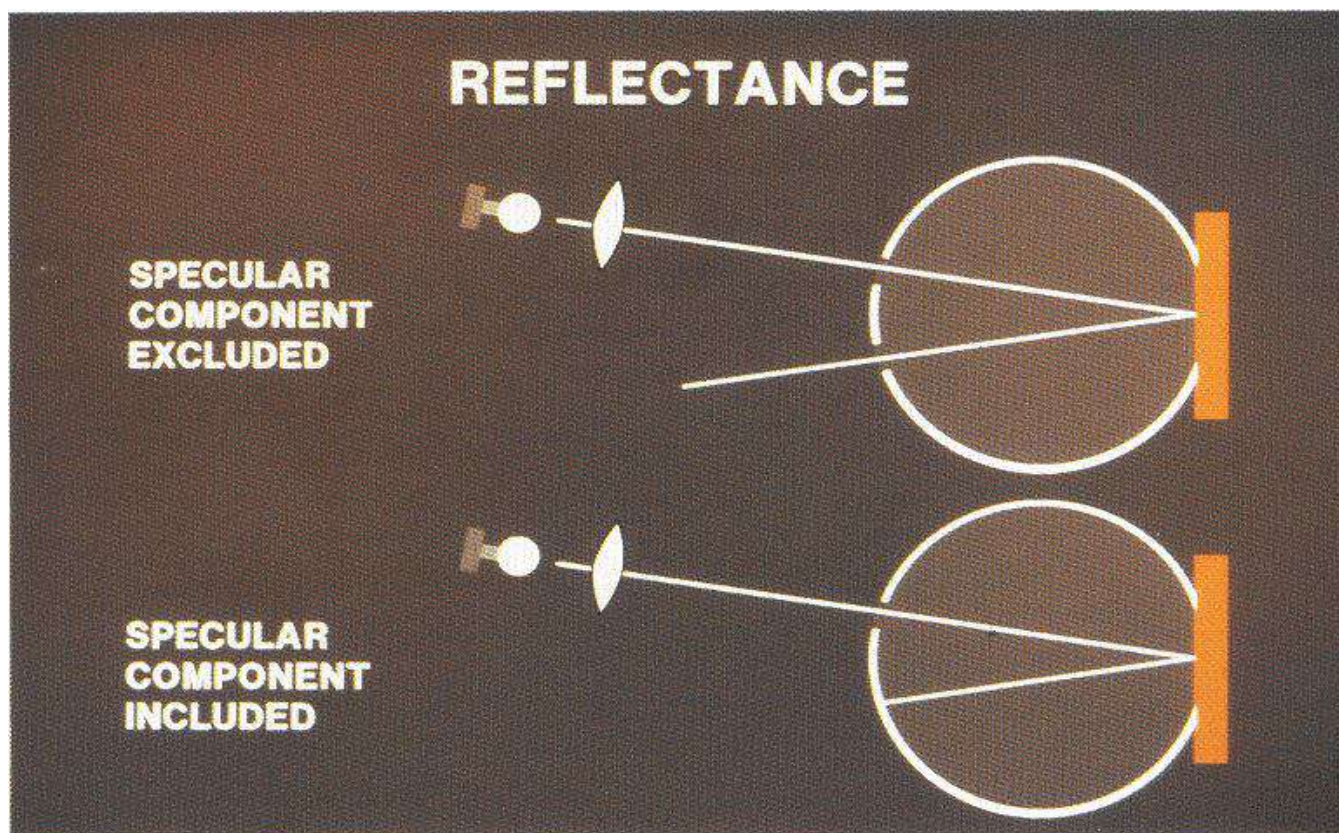
- Esse tipo de equipamento trabalha com uma esfera de integração de iluminação difusa que tem a capacidade para incluir o componente especular com refletância difusa (SCI), com isso permite avaliar amostra semi-brilho e foscas. Esse equipamento permite também excluir a componente especular (SCE) dessa forma o equipamento opera semelhante a um equipamento 0/45 45/0. A geometria de iluminação d/8 ilumina o objeto com luz difusa e detecta a luz em 8°. O instrumento 8/d ilumina o objeto em 8° e coleta a luz refletida em todas as direções.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Componentes Especular

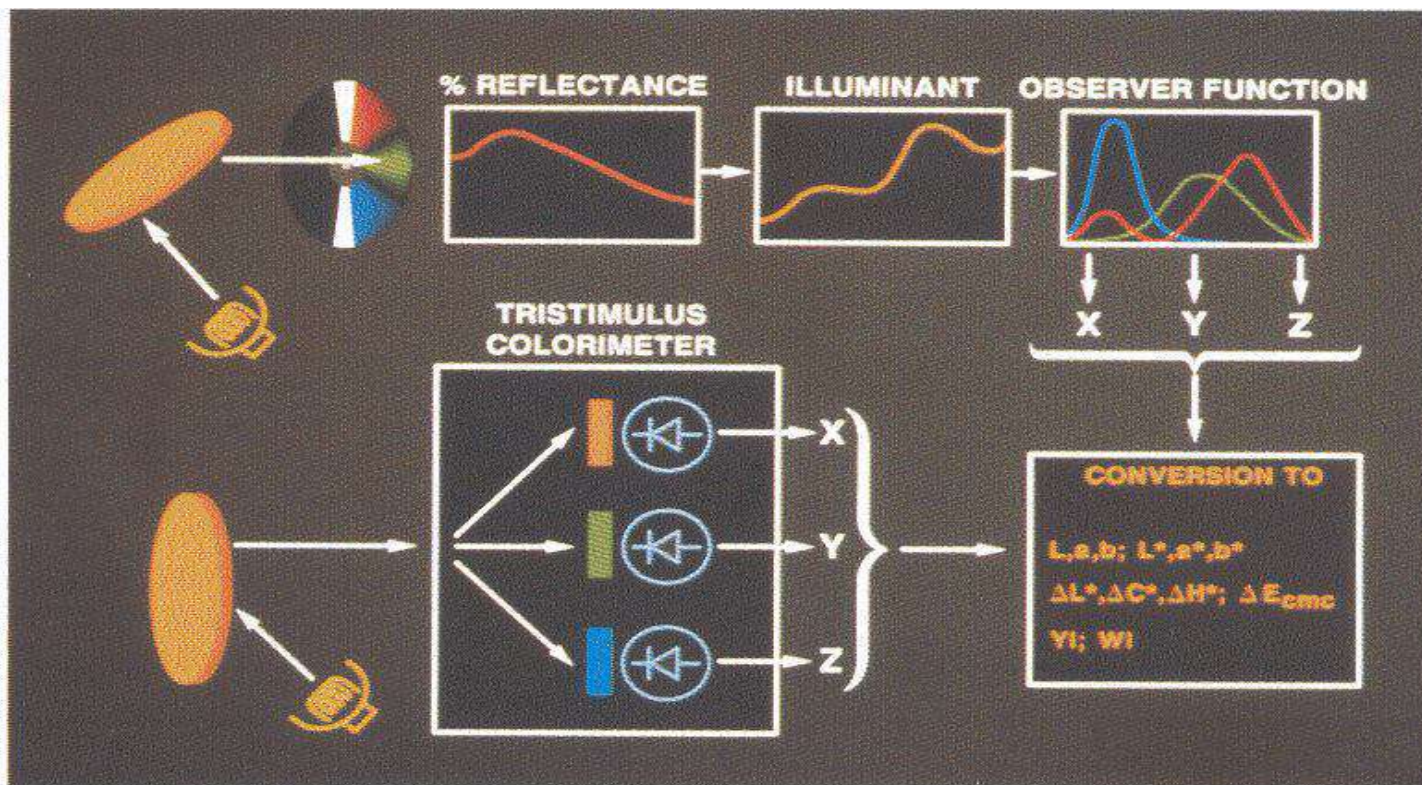




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Espectrofotômetros / Colorímetros



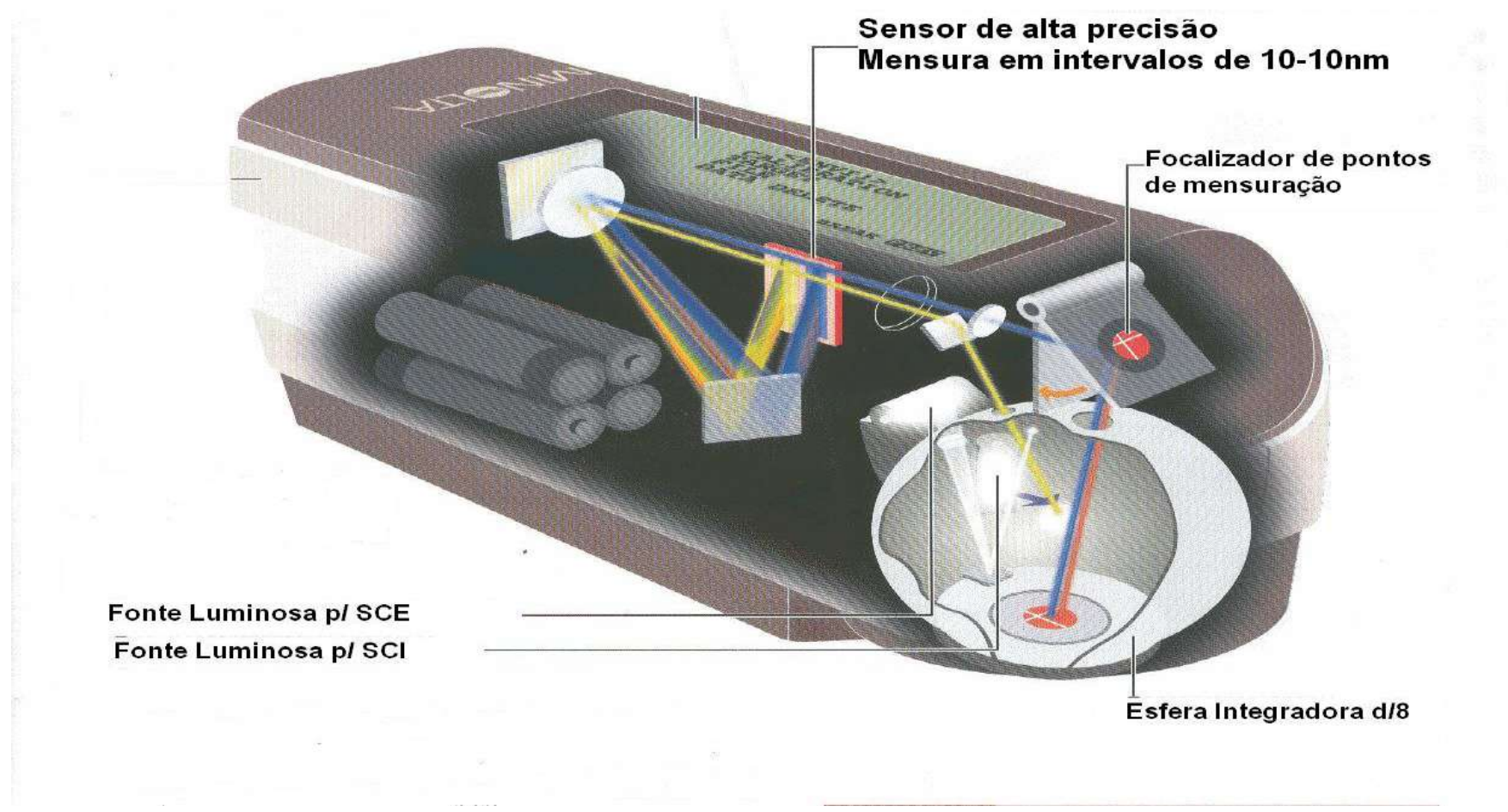
- Os espectrofotômetros operam com discos monocromadores e medições de 10 em 10nm
- Os colorímetros usam três filtros com comprimentos específicos.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Espectrofotômetro

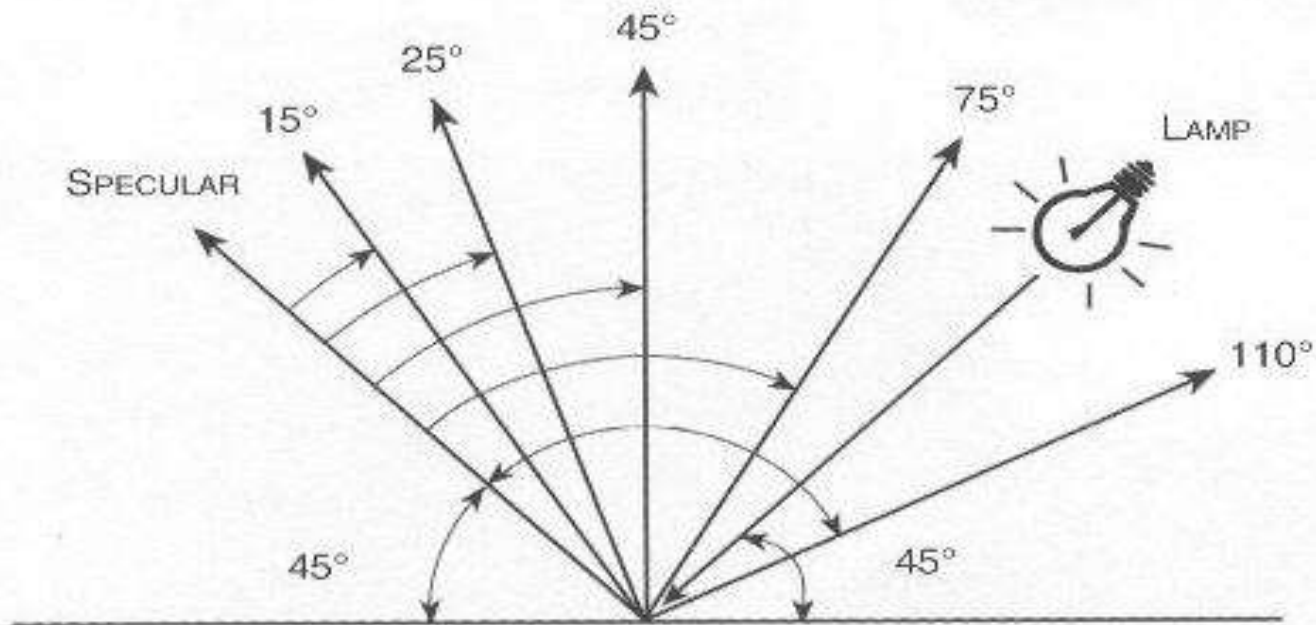




Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Gônio Espectrofotômetro



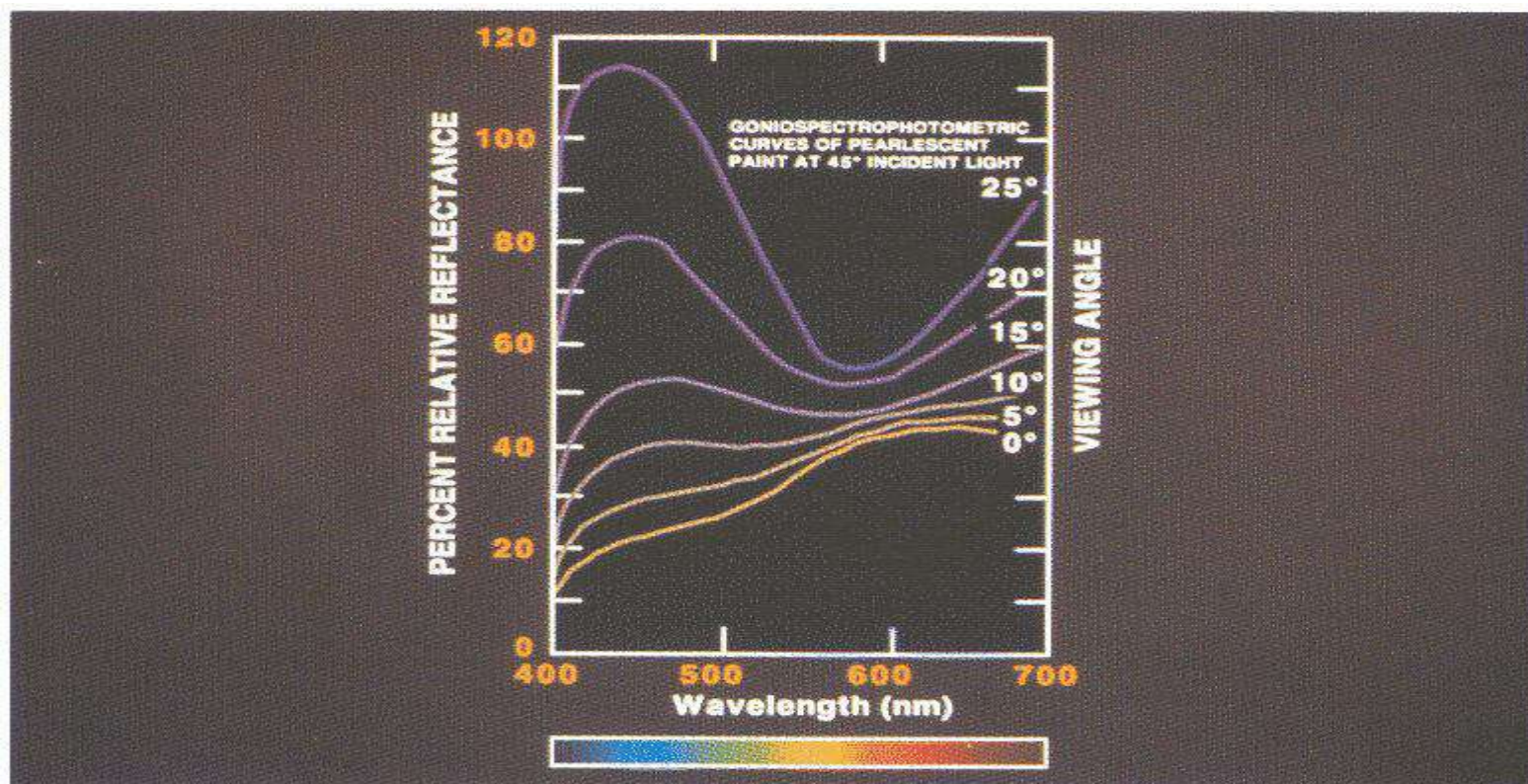
- Os Gônios possuem vários detectores em ângulos predeterminados. Muitas tintas automotivas usam pigmentos de flocos de alumínio e perolados. Essas cores são denominadas cores de efeito. Conforme o ângulo de observação podemos visualizar cores distintas. Esse ângulo chamamos de Flip/Flop.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Gônio Espectrofotômetro



- Notem as curvas de uma cor perolada, azul avioletada em 25° e a medida que inclinamos o ângulo a cor passa a ser um dourado amarelado próximo de zero



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Mensurando Tintas



- A repetibilidade e reprodutibilidade dos métodos de aplicação são importantes para uma boa qualidade na mensuração. Em métodos com extensão procure utilizar lenetas (cartolinas) resistentes a solventes e a temperatura. O sistema de tinta pode apresentar problemas como floculação, flotação, células de Bernard, sedimentação, casca de laranja, manchas e etc.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Mensurando Cargas e Pós



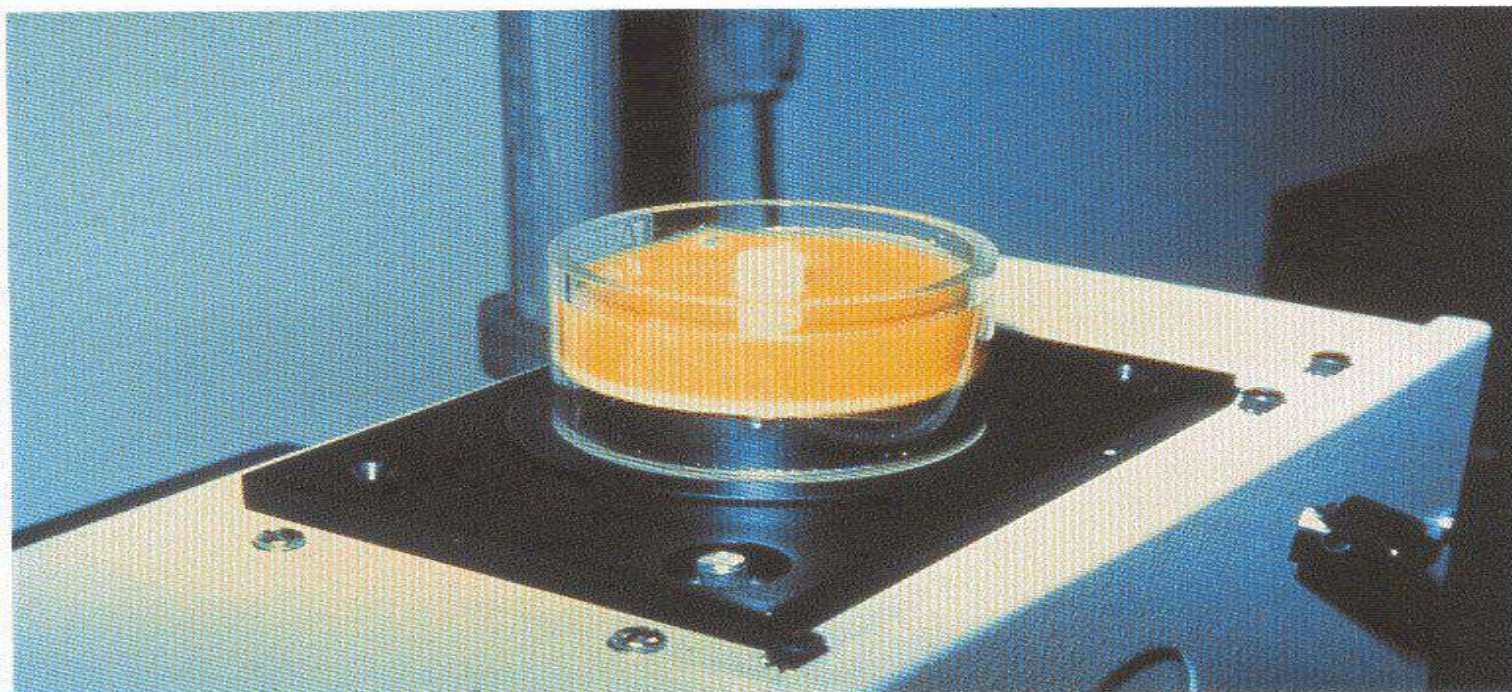
- Muitos segmentos industriais mensuram diretamente seus produtos na forma de pó. Exemplos desses segmentos são as indústrias de cargas minerais, TiO_2 , fármacos entre outros. Mas para tanto recomenda-se Devices como Zeiss Powder Press.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Mensurando – Líquidos Translúcidos



- Líquidos e soluções translúcidos podem ser mensurados através das técnicas de refletância. Nesse caso o espectro deve ter também um aparato para acoplar um pote de cristal opticamente claro, transparente e fino. Acima um exemplo de mensuração de suco de laranja.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Mensurando Tecidos e Filamentos



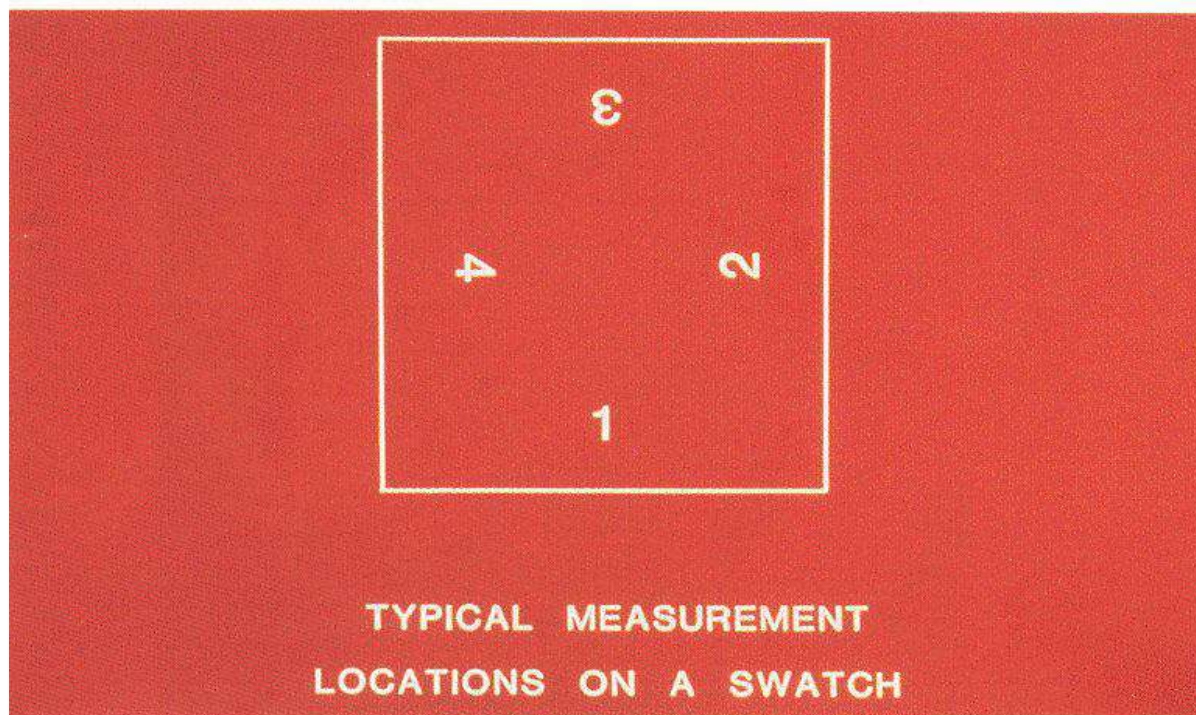
- Existem várias técnicas para mensurar tecidos e filamentos, mas é importante aparatos que permitam sua compactação como os apresentados acima.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Mensurando – Automotivas



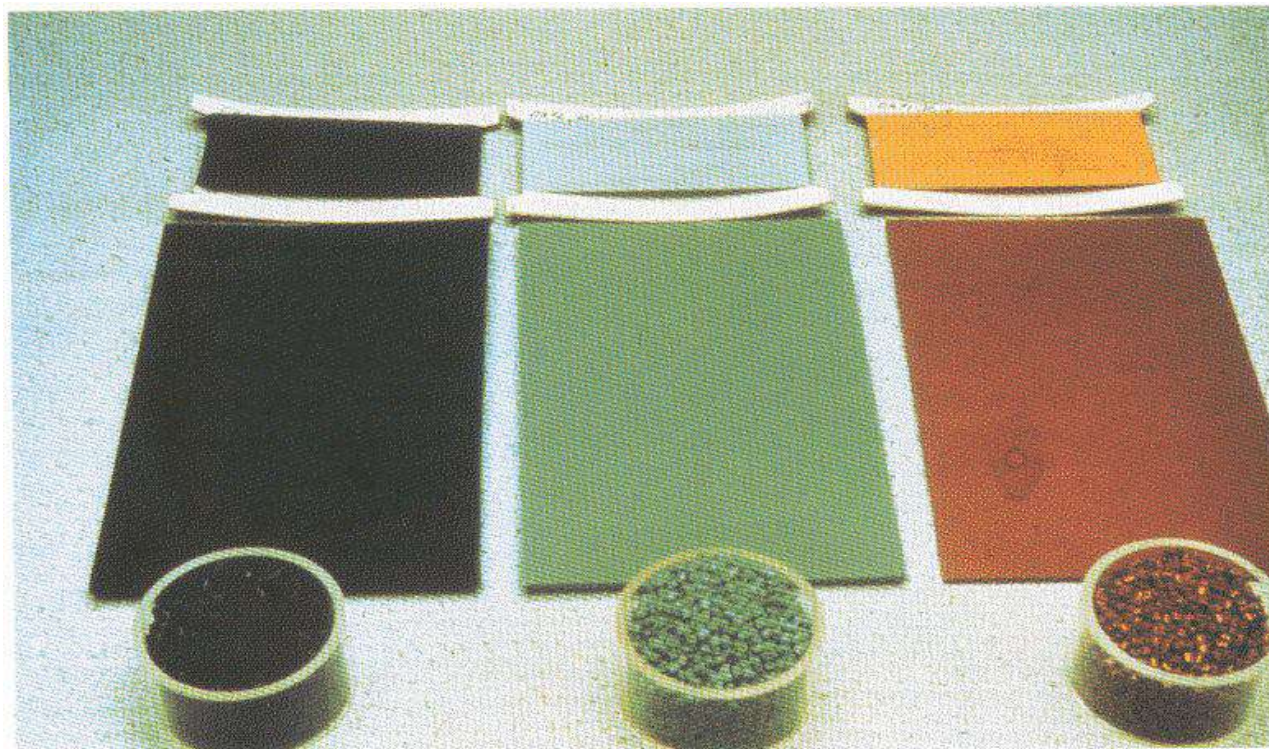
- As técnicas recomendadas na Indústria Automotiva (SAE J1545) para mensuração de Materiais Direcionais são de no mínimo 4 mensurações com rotação de ângulos de 90° e o resultado final deve ser a média das 4.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Mensurando – Plásticos



- Varias técnicas para mensuração de plásticos podem ser empregadas. Injetando no molde, filamentos ou o próprio granulo do master batch



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Mensurando – Texturizados



- Quando mensuramos objetos e materiais texturizados recomenda-se várias mensurações (acima de 4) em vários ângulos de rotação. A área de mensuração do espectro deve ser a maior possível dentro da configuração do equipamento.
- Exemplos desse tipo de material são texturas, grafiatos, piso de quartzo, pisos cerâmicos, pedras naturais (granitos) e peças de madeira.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Mensurando – Líquidos – Transmitância



- Uso sempre de células de cristal e espectro com transmitância
- Padrões de Transmitância – Ar, água, Solvente transparente
- Padronização dos produtos – Inicialmente o instrumento deve ser 100% padronizado com a célula vazia, depois com solvente transparente e por último com a solução teste. A % relativa de transmitância é dada pela diferenças com o solvente transparente e a solução teste.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Mensurando On Line



- Exemplo acima de um espectro com mensuração side-center-side em uma indústria têxtil, mas esse sistema também pode-se ser aplicado na indústria de papel e plástico.



Minicursos CRQ-IV - 2009

COLORIMETRIA

Mensurando On-line Via Úmida



- O sistema trabalha com espectro d/8 refletância com um aparato de passagem do líquido pelo qual a cor é mensurada. Esse sistema agiliza o processo de produção de tintas e líquidos coloridos pois dispensa a aplicação e confecção de corpos de prova para mensuração.

Minicurso Cor e Colorimetria - CRQ 4ª - São Paulo
Avaliação

1 – Três condições são fundamentais para que exista cor para nós seres humanos. Cite essas três condições:

2 – Na retina do olho humano existem 2 tipos de células responsáveis pela cores. Cite esses dois tipos.

3 – Cite as quatro classes de objetos que são dominantes na distribuição da luz.

4 – O espectro visível (as cores) é uma pequena parte do espectro total de ondas eletromagnéticas. Cite outras ondas eletromagnéticas que fazem parte do nosso dia-a-dia.

5 – Cite as três dimensões da cor.

6 – Quem foi Munsell?

7 – No sistema CIE Lab cite cada eixo:

(L) é o eixo da _____

(a) é o eixo das cores: _____

(b) é o eixo das cores: _____

8 – Como calcula-se diferenças de cor? Sempre é a amostra menos padrão. Então:

- Se DL^* é (+) então amostra é mais _____
- Se DL^* é (-) então amostra é mais _____
- Se Da^* é (+) então amostra é mais _____
- Se Da^* é (-) então amostra é mais _____
- Se Db^* é (+) então amostra é mais _____
- Se Db^* é (-) então amostra é mais _____

9 – Cite as condições para ANALISE VISUAL DE COR.

10 – Existem dois tipos de espectrofotômetro no mercado. Cite quais são esses equipamentos.