

Luz, Cor, Sistema Visual Humano e Dispositivos de Saída

Março/2011



Introdução

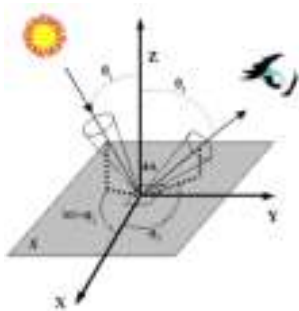
- Computação Gráfica sintetiza IMAGENS para serem vistas por um observador humano
- O que é uma IMAGEM?



Imagem (definição 1)



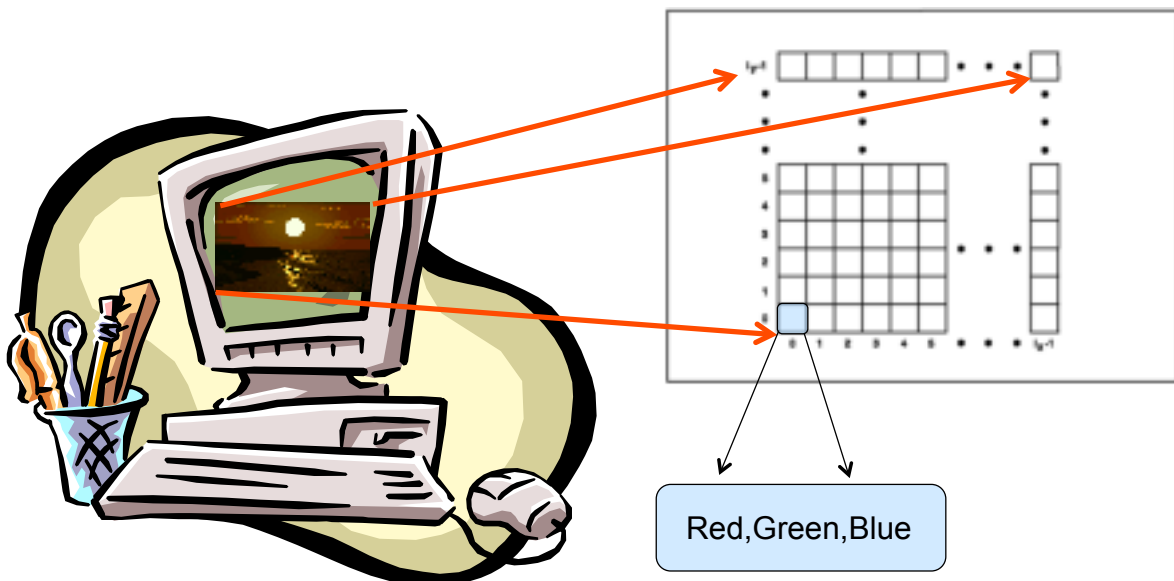
- O que um observador humano PERCEBE como resultado da LUZ refletida por um objeto atingindo o OLHO



3

Imagem (definição 2)

- Uma matriz de valores dentro do computador



One Picture Element - Pixel

4

Problemas Associados

- Como representar a informação luminosa dentro do computador?
 - Processo de percepção humana de cor e luz
 - Tradução da representação interna num padrão de emissão de luz

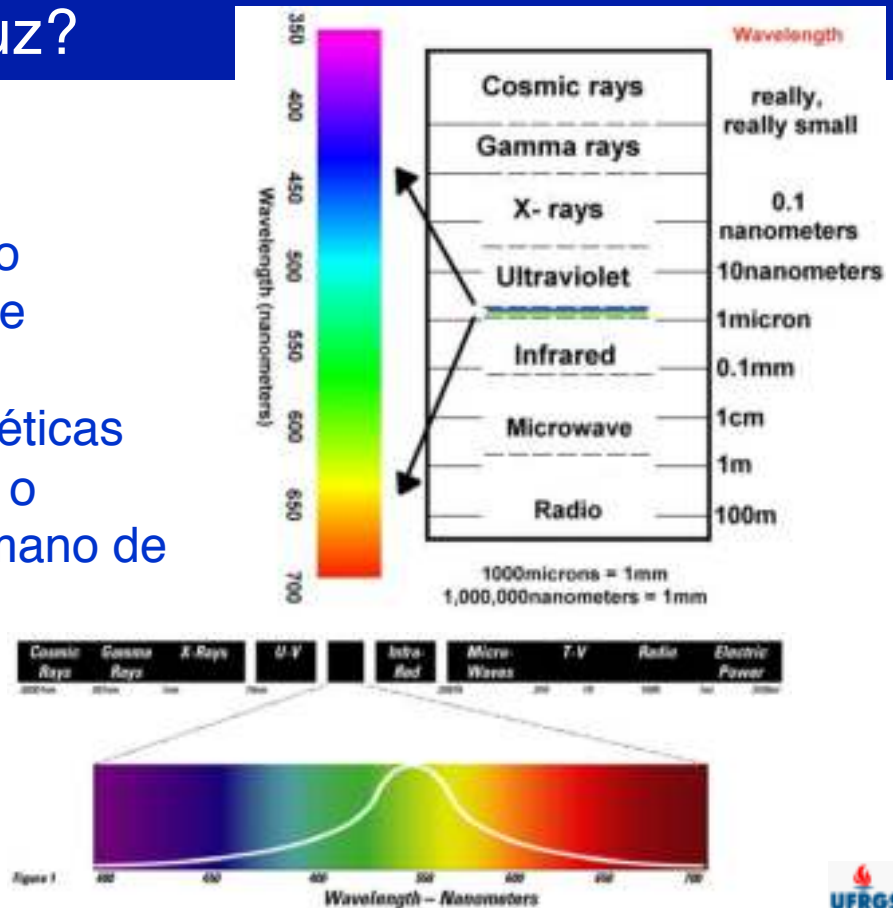
Problemas Associados

- Quero uma camiseta AZUL!



O que é Luz?

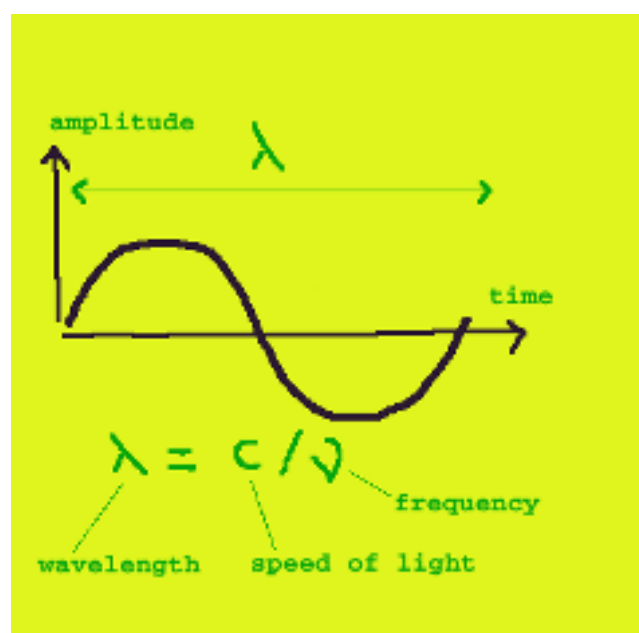
- Energia
- Faixa (muito pequena) de radiações eletromagnéticas que afetam o sentido humano de visão



7

O que é Cor?

- Sensação visual produzida pelos diferentes comprimentos de onda atingindo o olho humano
- Uma cor “pura” pode ser definida pelo seu comprimento de onda, ex:
 - Vermelho: 700nm
 - Violeta: 400nm



8

Fontes de Luz

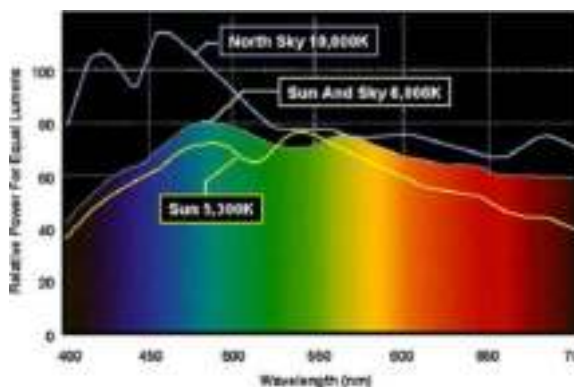
- Luz é uma forma de energia
- Energia é emitida quando os elétrons trocam de um nível de energia para outro com menos energia
- Movimento dos elétrons para níveis + altos provocado por:
 - Calor (lâmpadas incandescentes)
 - Descargas Elétricasleva os elétrons a voltarem aos níveis mais baixos, liberando energia.

9

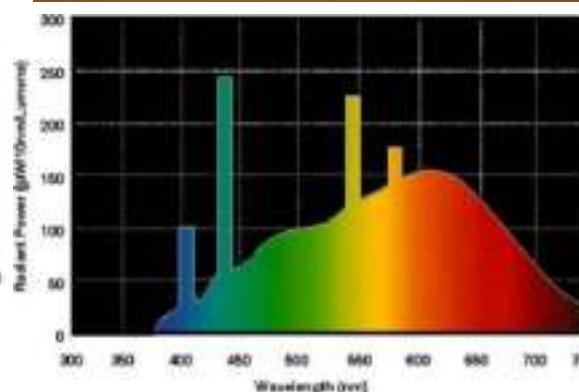
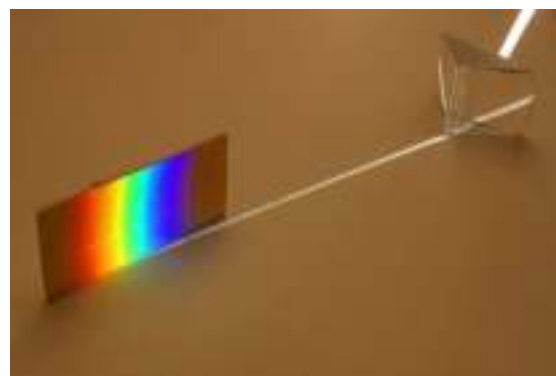


Caracterização de Fontes de Luz

- Distribuição Espectral
Quais os comprimentos de onda emitidos pela fonte de luz

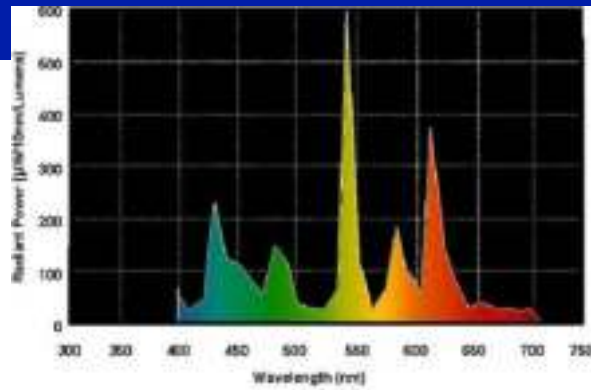


Luz do sol

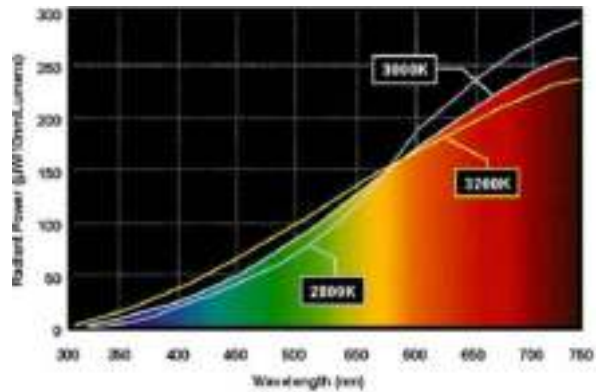


10





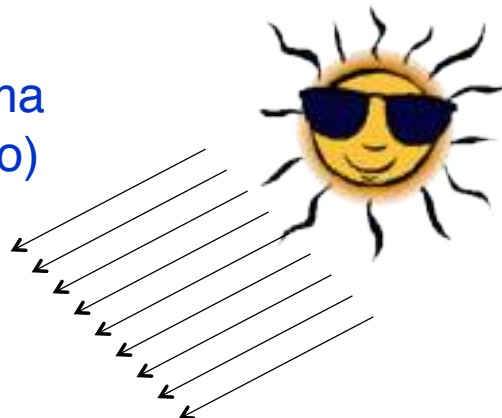
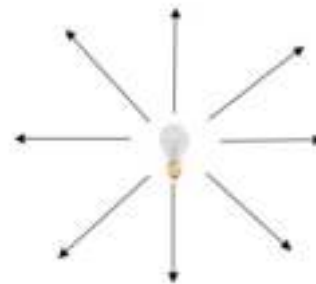
Fluorescente GE (SPX50)



Luz incandescente

Tipos de Fontes de Luz

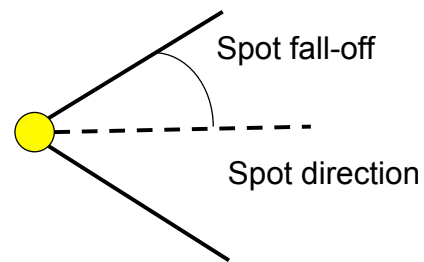
- **Pontuais** – emitem luz igualmente em todas as direções (idealização)
- **Direcionais** – raios emitidos todos na mesma direção (ponto no infinito)
Ex: Sol



Tipos de Fontes de Luz

- **Spot** – emitem luz em direções diferentes

Spot Fall-Off
Spot Direction



- **Área** – Emissão ocupa uma superfície 2D

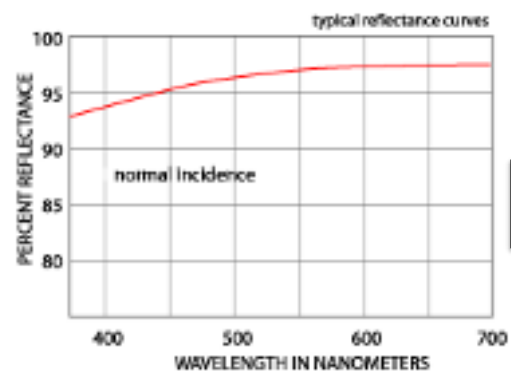
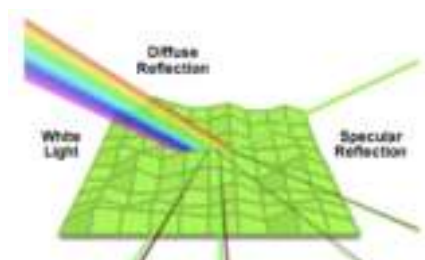
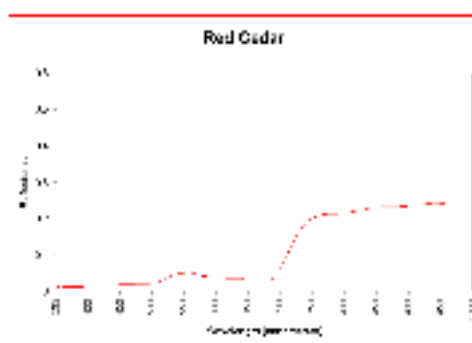


13

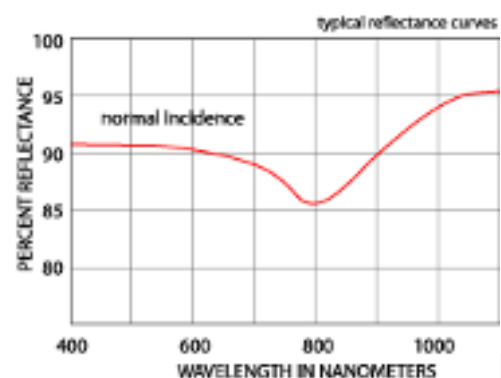


Caracterização dos Objetos

- Reflexão dos Objetos



Prata

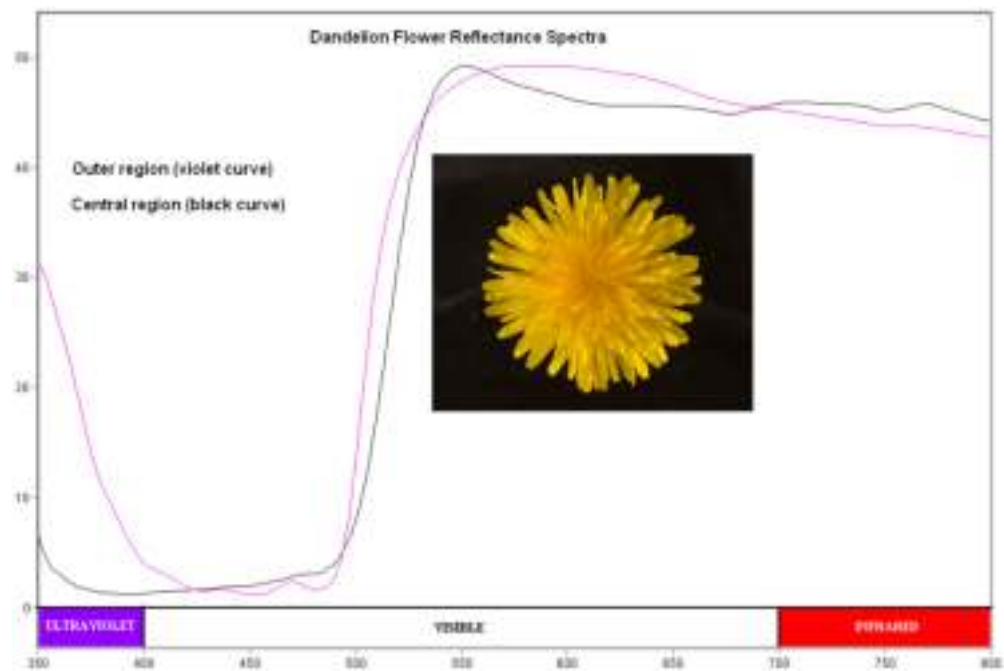


Alumínio

14

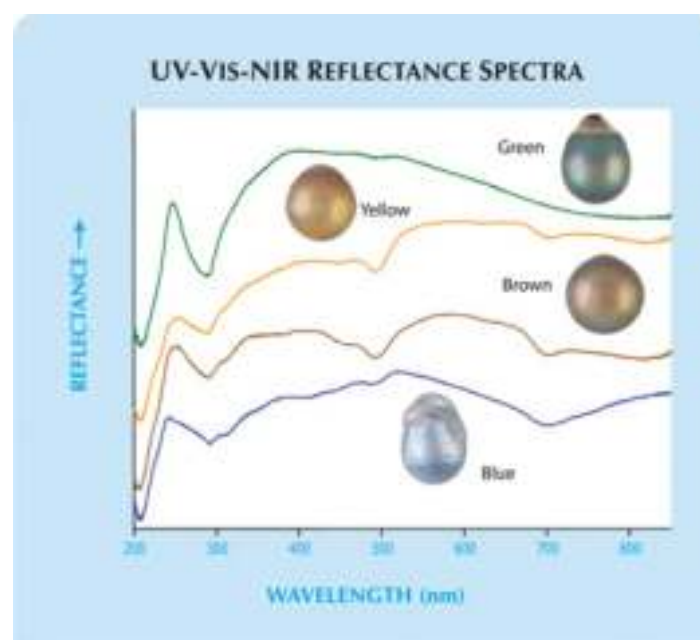


Flores



15

Pérolas



16

Interação entre Fonte e Objetos

- http://www.gelighting.com/na/business_lighting/education_resources/learn_about_light/color_lamp.htm



http://www.cs.brown.edu/exploratories/freeSoftware/repository/edu/brown/cs/exploratories/applets/spectrum/reflection_java_browser.html

17



Fluorescência e Fosforescência

- Tempo que leva para os elétrons fazerem a transição
- Fluorescentes: 10^{-6} segundos
- Fosforescentes: 10^{-3} seg até horas e dias
- Qual material deveria ser utilizado em monitores de vídeo e televisores?

18



Fósforos

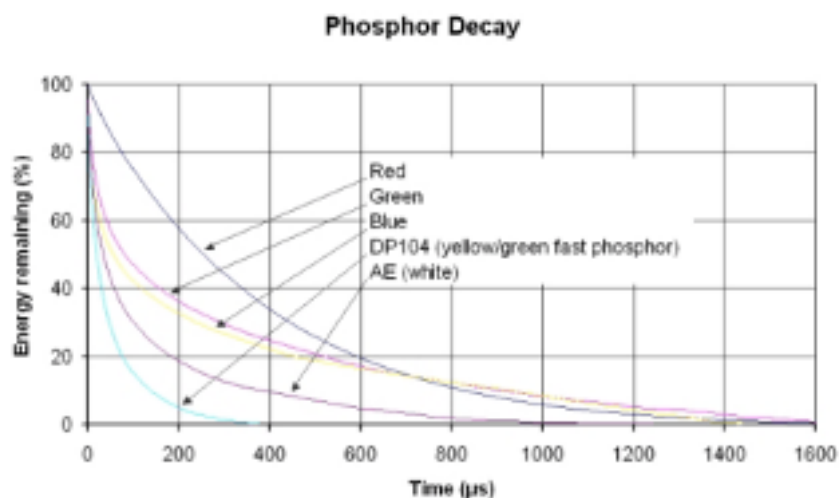
- Fósforos são materiais utilizados em TVs e Monitores
- Exemplo
 - Fósforo X
 - Comprimento de onda: 627nm
 - Cor: vermelha
 - Persistência: 900×10^{-6} segundos
 - Uso: TVs a cores

<http://www.lgchem.com/lgcci.homepi.prod.RetrieveElectronicDetail.laf?classId=100003&prodId=01140200001&disMenu=2>

19



Decaimento em Energia



Fósforo DP 104

20



Exemplos de Fósforos

Standard phosphor types

[edR]

Standard phosphor types^[20]

Phosphor	Composition	Color	Wavelength	Peak width	Persistence	Usage	Notes
P1, GJ	$Zn_2SiO_4:Mn$ (Willemito)	Green	528 nm	40 nm ^[21]	1-100ms	CRT, Lamp	Oscilloscopes
P4	$ZnS:Ag+(Zn,Cd)S:Ag$	White	-	-	Short	CRT	Black and white TV CRTs and display tubes.
P4 (Cd-free)	$ZnS:Ag+ZnS:Cu+Y_2O_2S:Eu$	White	-	-	Short	CRT	Black and white TV CRTs and display tubes, Cd free.
P4, GE	$ZnO:Zn$	Green	505 nm	-	1-10µs	VFD	VFDs
P7	?	Blue with Yellow persistence	-	-	Long	CRT	Radar PPI, old EKG monitors
P10	KCl	green-absorbing scotophor	-	-	Long	Dark-trace CRTs	Radar screens; turns from translucent white to dark magenta, stays changed until erased by heating or infrared light
P11, BE	$ZnS:Ag,Cl$ or $ZnS:Zn$	Blue	460 nm	-	0.01-1 ms	CRT, VFD	Display tubes and VFDs
P19, LF	$(Kf,MgF_2):Mn$	Orange-Yellow	590 nm	-	Long	CRT	Radar screens
P20, KA	$(Zn,Cd)S:Ag$ or $(Zn,Cd)S:Cu$	Yellow-green	-	-	1-100 ms	CRT	Display tubes
P22R	$Y_2O_2S:Eu+Fe_2O_3$	Red	-	-	Short	CRT	Red phosphor for TV screens
P22G	$ZnS:Cu,Al$	Green	-	-	Short	CRT	Green phosphor for TV screens
P22B	$ZnS:Ag+Co-on-Al_2O_3$	Blue	-	-	Short	CRT	Blue phosphor for TV screens
P26, LC	$(Kf,MgF_2):Mn$	Orange	595 nm	-	Long	CRT	Radar screens

21

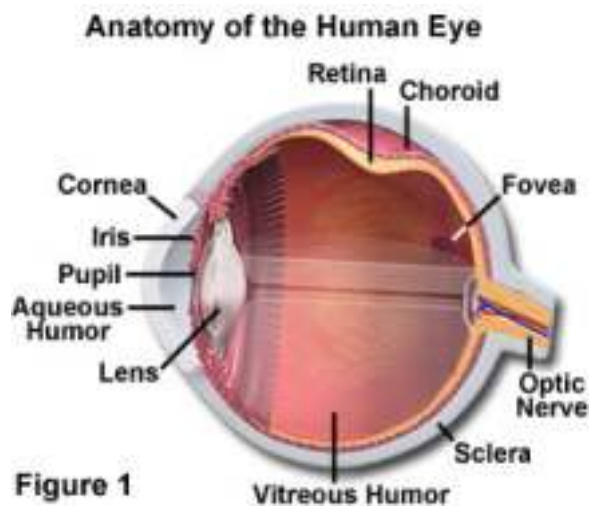


Visão Humana



22



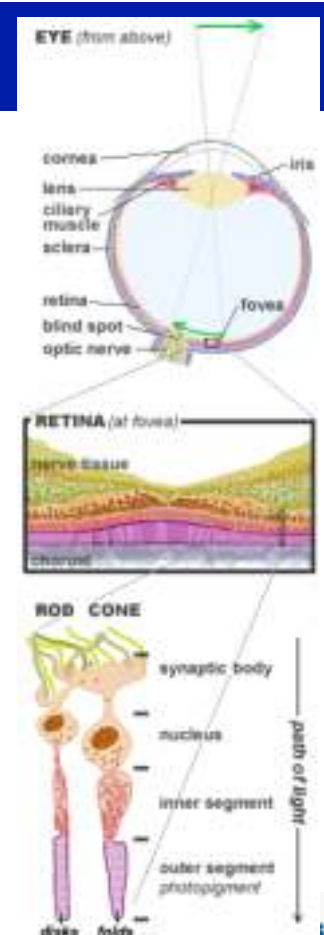


- Retina: parte sensível à luz (200° de cobertura)
- Íris: regula a quantidade de luz que entra no olho
- Lente permite foco
- Fovea: melhor acuidade na retina

23



- Luz penetra no olho e atinge a retina
- Retina contém células foto-sensíveis
 - Envia sinais elétricos para o cérebro
- 2 tipos de células
 - Rods (Bastões)
 - Cones



24

Células na Retina

- RODS

- 120 milhões
- Não detectam cor (intensidade de luz)
- Muito sensíveis
- Maior concentração na periferia da retina

- CONES

- Responsáveis pela visão colorida
- 6 a 7 milhões
- 3 tipos com receptores químicos
- Comprimentos de onda grandes (vermelho), médios (verde) e curtos (azul)
- Cones curtos MENOS receptivos do que os outros dois

Absorption Spectra of Human Visual Pigments

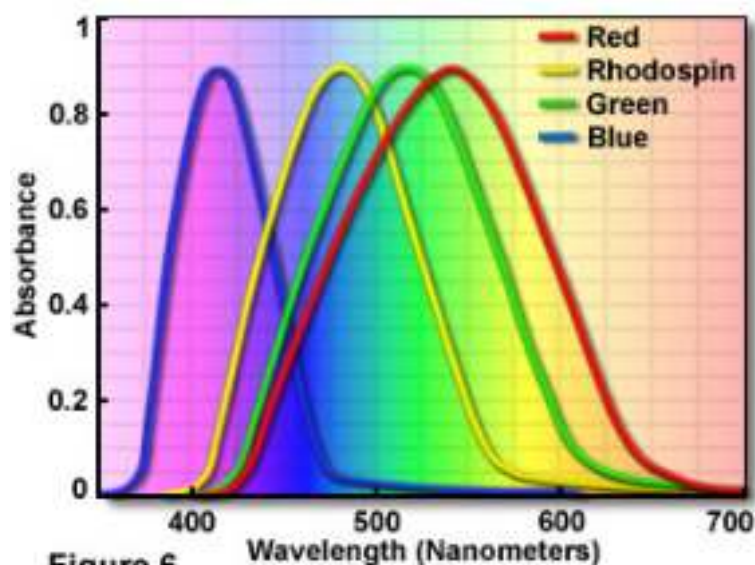
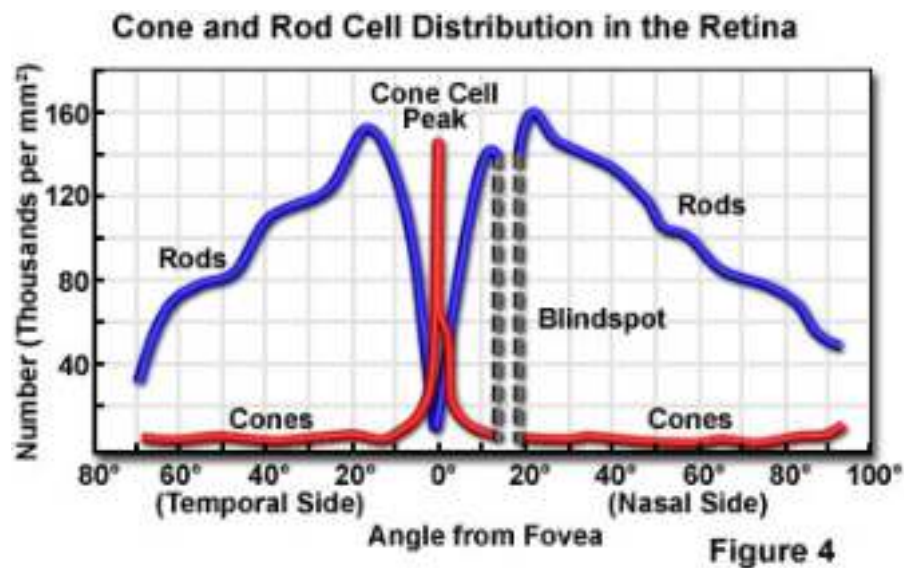


Figure 6

Distribuição de Bastões e Cones



27



Teoria de Cor Tricromática

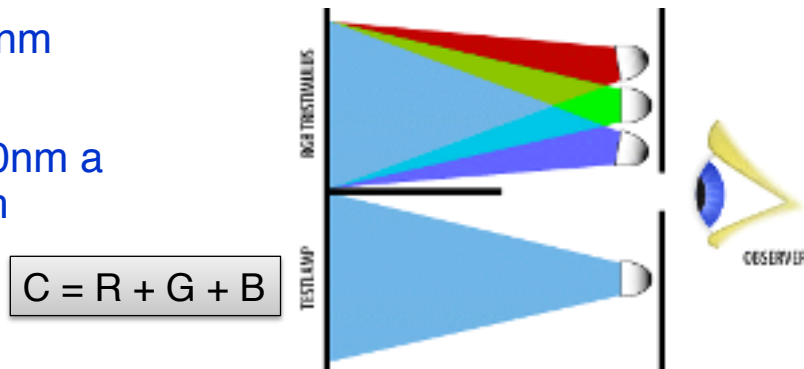
- 3 receptores de cores primárias no olho
- Quantas cores vemos?
- Condução de experimentos para determinar quantas cores nós vemos
- Expressão de todas as cores como combinações de cores primárias

28



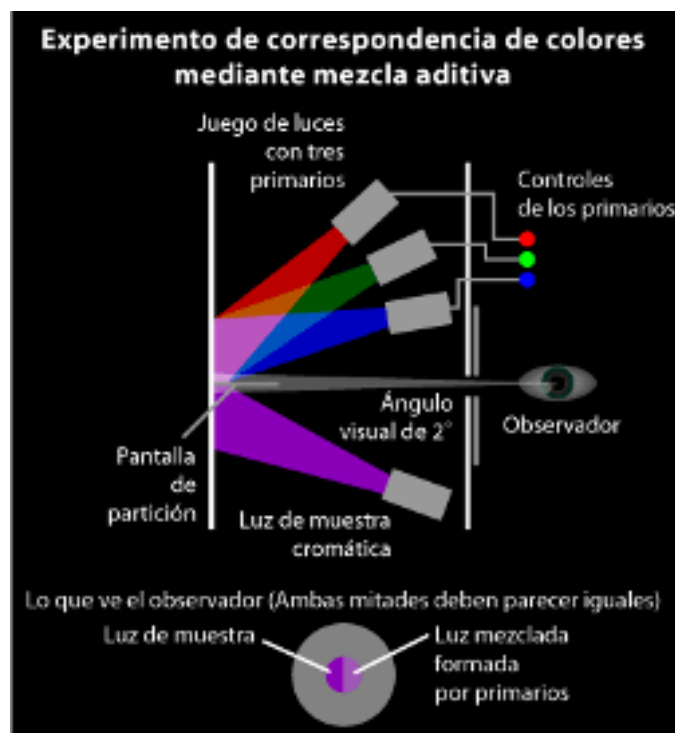
Experimentos CIE 1931

- *CIE - Commision Internationale de L'Eclairage*
- 3 primárias
 - Blue: 435.8 nm
 - Green: 546.1nm
 - Red: 700nm
- Espectro
 - 360 – 830nm a cada 5nm



29

Experimento



30

Experimento

Cor 1



R? G? B?

31



Experimento

Cor 2



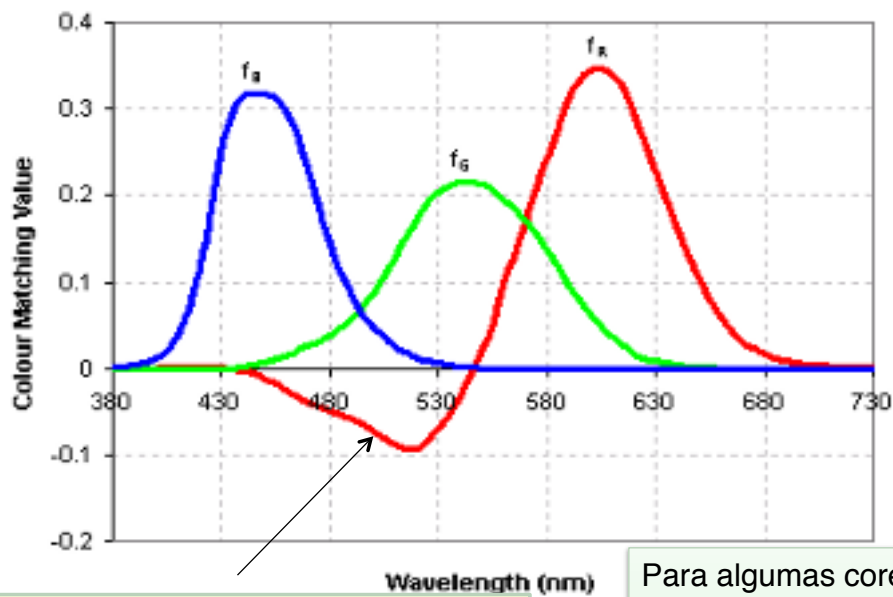
R? G? B?

e assim por diante...

32



Funções de Reconstrução de Cor RGB



Como explicar a parte negativa em R?

Para algumas cores, só foi possível obter a cor teste se a primária R fosse adicionada à cor teste, ou seja:

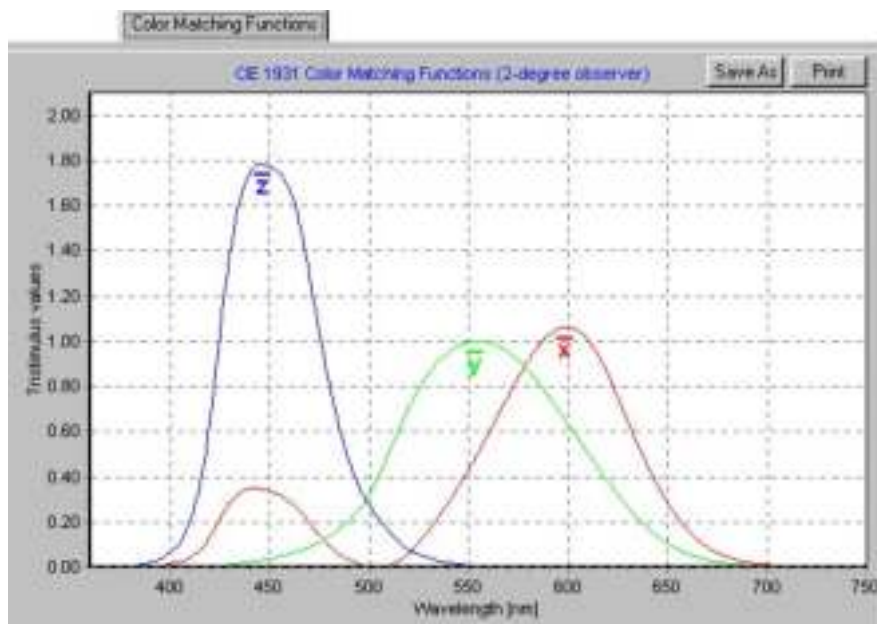
$$C + R = G + B \text{ ou}$$

$$C = G + B - R$$

33

UFRGS

Funções de Reconstrução de Cor XYZ



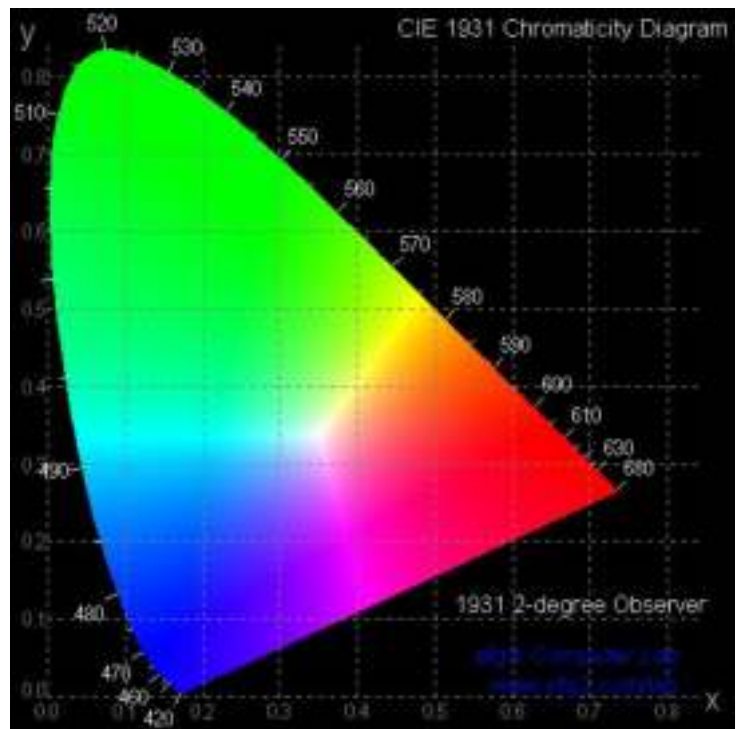
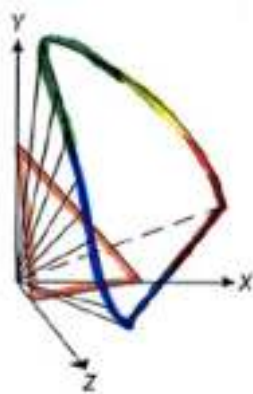
Transformação das funções RGB para eliminar o R negativo e fazer Y igual a distribuição de intensidade luminosa (Rhodospin – slide 25)

34

UFRGS

CIE Diagrama de Cromaticidades

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$
$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$



35

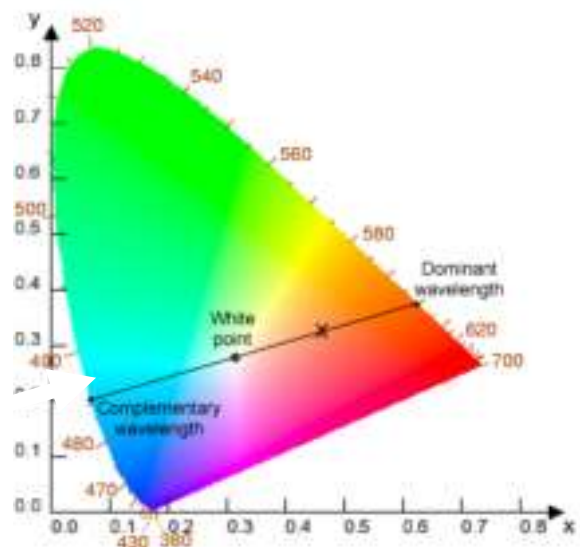
Que cor é esta camiseta?



36

Propriedades do Diagrama de Cromaticidade

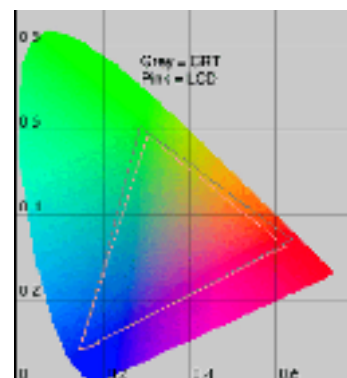
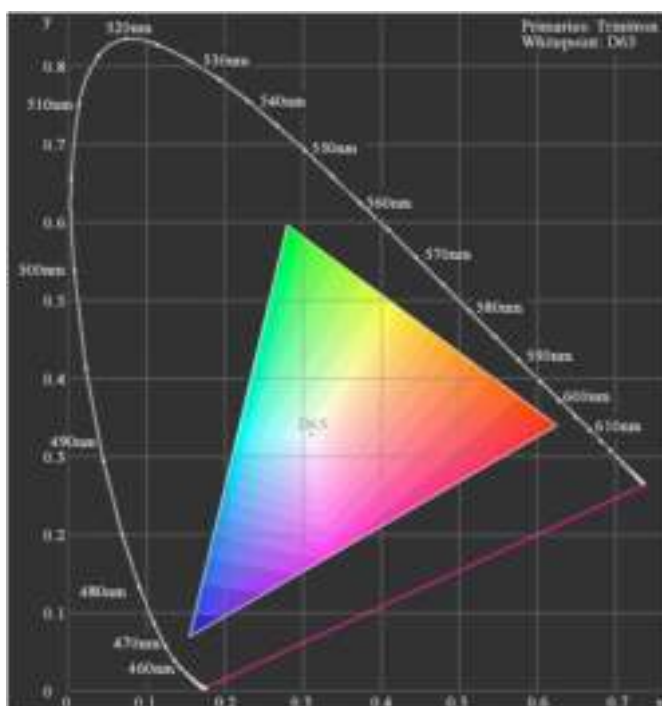
- Cores puras (monocromáticas)
- Cores padrão (exemplo $x=0.31$ $y = 0.316$)
- Comprimento de onda dominante
- Cor complementar



37



Gamuts de Cor



Espaço de cores
“exibíveis” por um
dispositivo

38



Comparação entre Gamuts

- Qual é melhor? Porque?

Monitor Dell

R: (0.625 0.34)

G: (0.31 0.595)

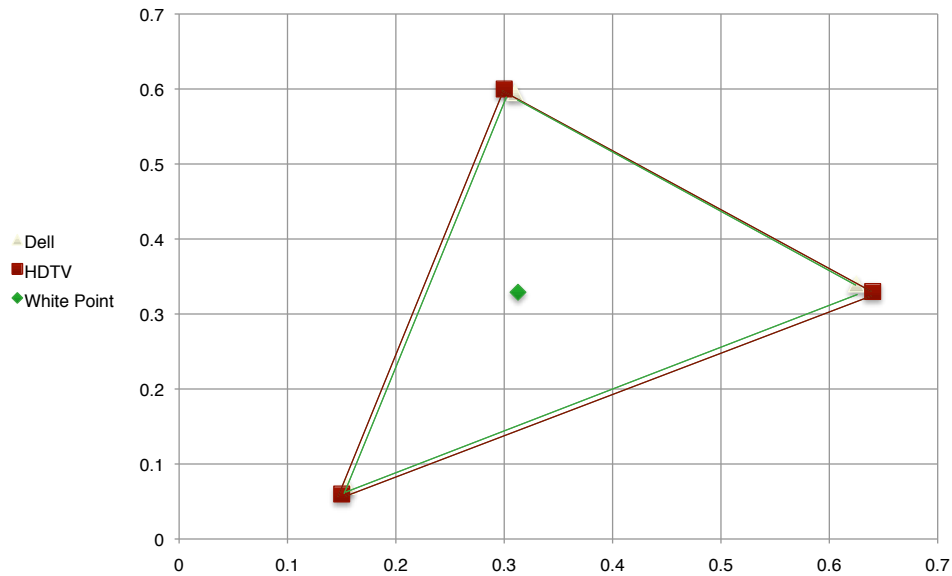
B: (0.155 0.07)

HDTV

R: (0.64 0.33)

G: (0.3 0.6)

B: (0.15 0.06)



39



Modelos de Cor

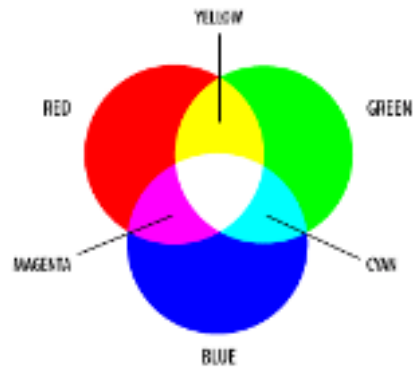
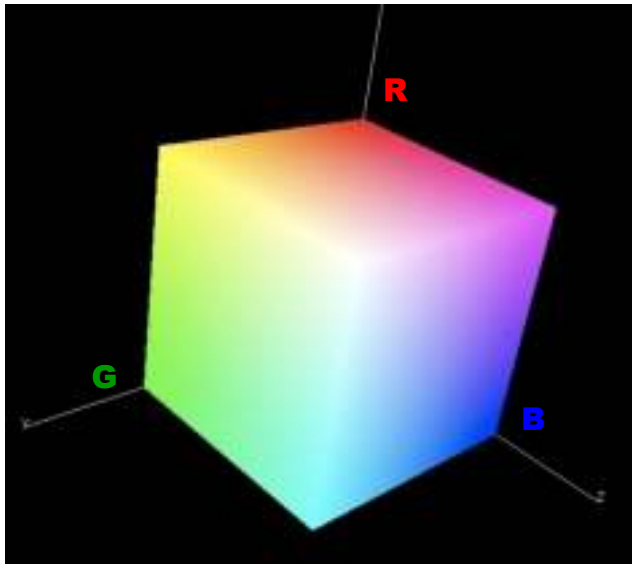
- RGB
- CMY
- HSV/HLS

40



Modelo de Cor RGB - Aditivo

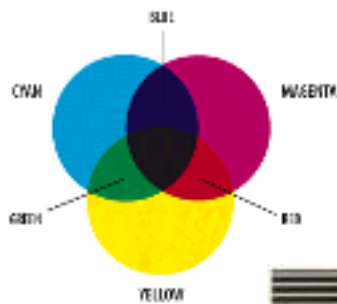
“Adicionar” Luz



41



Modelo de Cor CMY- Subtrativo



“Remover” Luz
Utilizado em impressoras



Original painting

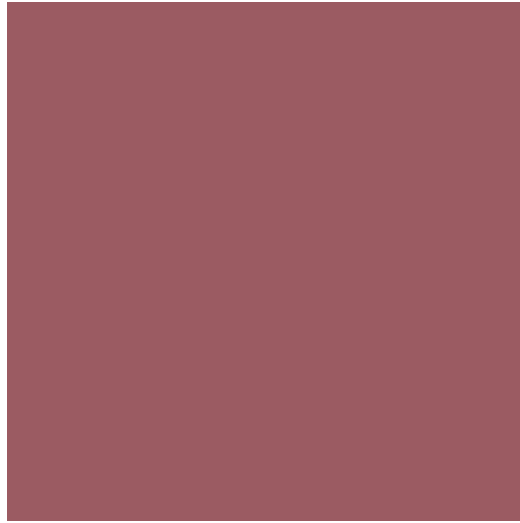


CMYK Components

42

Dificuldade com modelo RGB

Qual a especificação RGB deste cor?



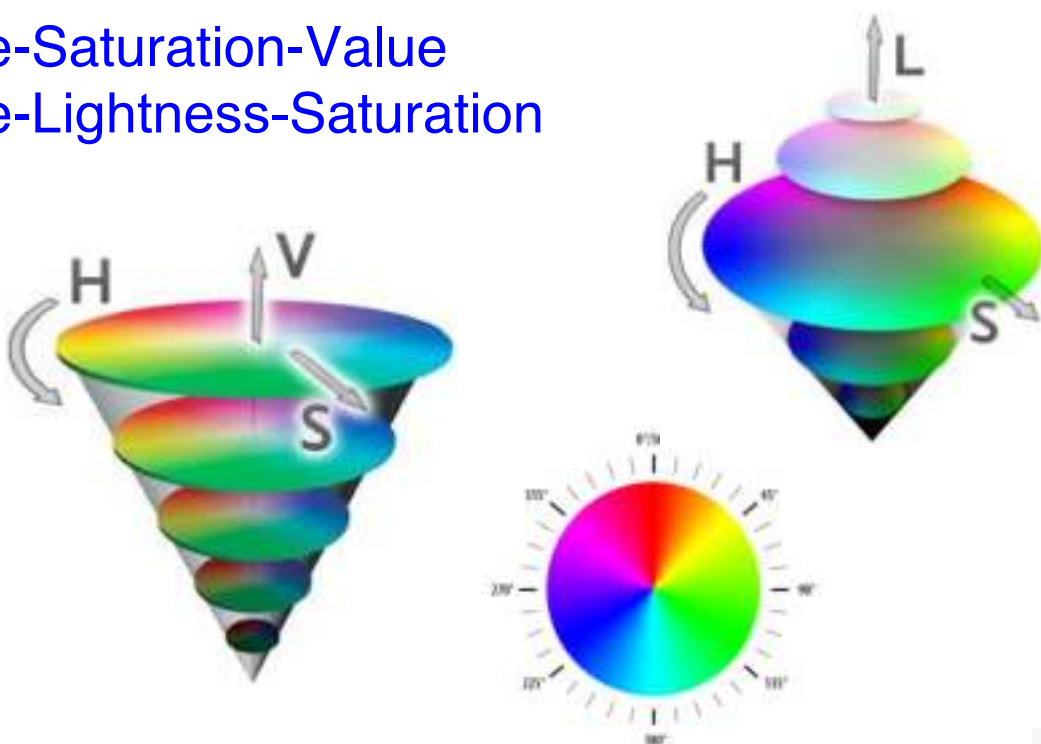
R=136 G=71 B=79

Não é intuitivo ou fácil de especificar!

43

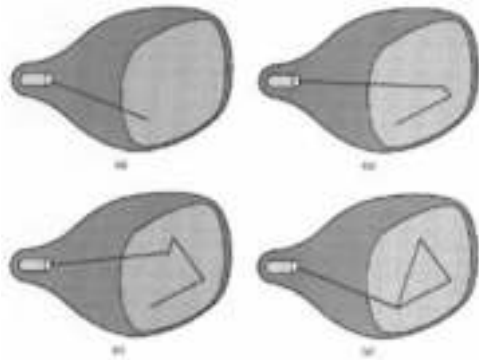
Modelo de Cor

Hue-Saturation-Value
Hue-Lightness-Saturation



44

Tecnologia de output

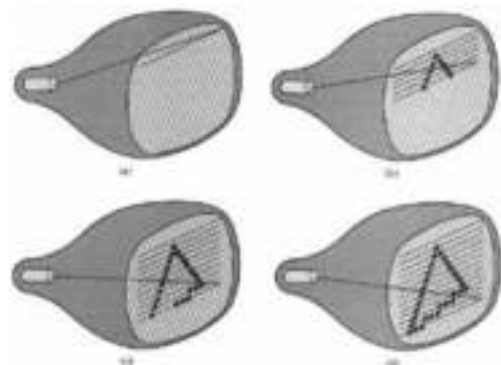


- (Anos 60) Vector systems
 - Processador de display (I/O) conectado na CPU
 - Especificação em alto-nível (início linha, final linha)

45

Tecnologia de output

- (Anos 70) Raster systems
 - Tecnologia baseada em TV (tecnologia raster onde linhas são traçadas horizontalmente)

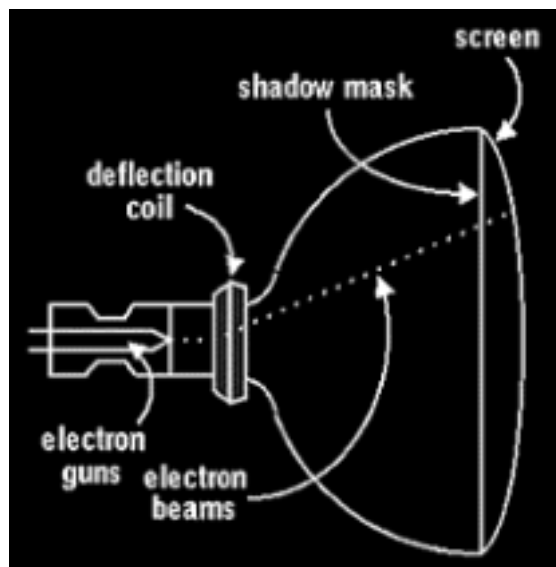


46

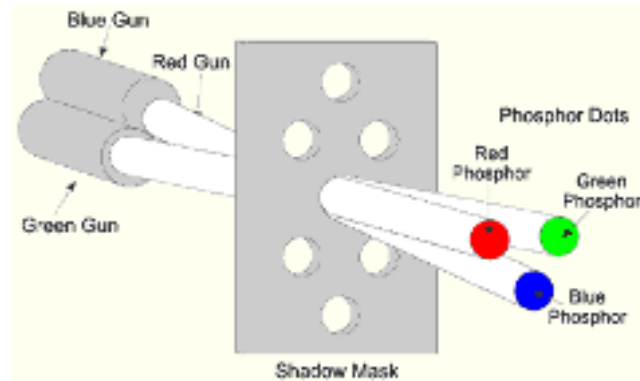
Componentes

- Frame-Buffer
- Conversor DAC
- Monitor de Vídeo
 - CRT
 - Controlador de Vídeo

Tubo de Raios Catódicos (CRT - Cathode Ray Tube)

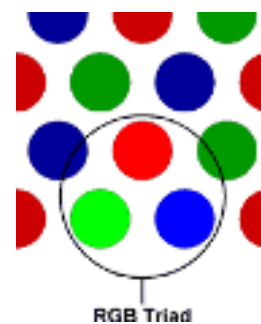
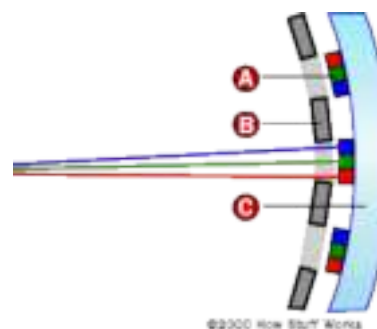
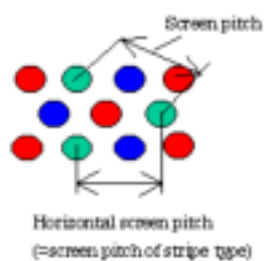


Shadow Mask



49

Pitch/Triad



50

Monitores CRT



51



Conversão FB/Monitor

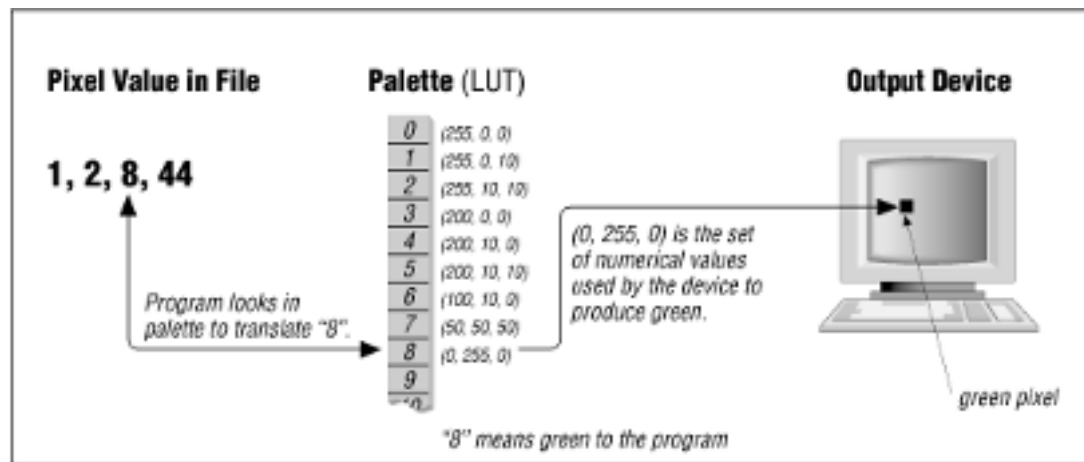
- Diretamente
 - Cada informação de cor do pixel é utilizada diretamente para ativar os fósforos no monitor
 - Por exemplo: $r=0.5$, $g=0.9$, $b=0.05$
 - Canhão Red com 50% da capacidade
 - Green com 90%
 - Blue com 5%

52



Conversão FB/Monitor

- Indiretamente: Look-Up Table (LUT)



53

Exemplo de LUT: 216
Entradas
24 bits por entrada

00000	00001	00002	00003	00004	00005	00006	00007	00008	00009	00010	00011	00012	00013	00014	00015	00016	00017	00018	00019	00020	00021	00022	00023	00024	00025	00026	00027	00028	00029	00030	00031	00032	00033	00034	00035	00036	00037	00038	00039	00040	00041	00042	00043	00044	00045	00046	00047	00048	00049	00050	00051	00052	00053	00054	00055	00056	00057	00058	00059	00060	00061	00062	00063	00064	00065	00066	00067	00068	00069	00070	00071	00072	00073	00074	00075	00076	00077	00078	00079	00080	00081	00082	00083	00084	00085	00086	00087	00088	00089	00090	00091	00092	00093	00094	00095	00096	00097	00098	00099	00100	00101	00102	00103	00104	00105	00106	00107	00108	00109	00110	00111	00112	00113	00114	00115	00116	00117	00118	00119	00120	00121	00122	00123	00124	00125	00126	00127	00128	00129	00130	00131	00132	00133	00134	00135	00136	00137	00138	00139	00140	00141	00142	00143	00144	00145	00146	00147	00148	00149	00150	00151	00152	00153	00154	00155	00156	00157	00158	00159	00160	00161	00162	00163	00164	00165	00166	00167	00168	00169	00170	00171	00172	00173	00174	00175	00176	00177	00178	00179	00180	00181	00182	00183	00184	00185	00186	00187	00188	00189	00190	00191	00192	00193	00194	00195	00196	00197	00198	00199	00200	00201	00202	00203	00204	00205	00206	00207	00208	00209	00210	00211	00212	00213	00214	00215	00216	00217	00218	00219	00220	00221	00222	00223	00224	00225	00226	00227	00228	00229	00230	00231	00232	00233	00234	00235	00236	00237	00238	00239	00240	00241	00242	00243	00244	00245	00246	00247	00248	00249	00250	00251	00252	00253	00254	00255	00256	00257	00258	00259	00260	00261	00262	00263	00264	00265	00266	00267	00268	00269	00270	00271	00272	00273	00274	00275	00276	00277	00278	00279	00280	00281	00282	00283	00284	00285	00286	00287	00288	00289	00290	00291	00292	00293	00294	00295	00296	00297	00298	00299	00300	00301	00302	00303	00304	00305	00306	00307	00308	00309	00310	00311	00312	00313	00314	00315	00316	00317	00318	00319	00320	00321	00322	00323	00324	00325	00326	00327	00328	00329	00330	00331	00332	00333	00334	00335	00336	00337	00338	00339	00340	00341	00342	00343	00344	00345	00346	00347	00348	00349	00350	00351	00352	00353	00354	00355	00356	00357	00358	00359	00360	00361	00362	00363	00364	00365	00366	00367	00368	00369	00370	00371	00372	00373	00374	00375	00376	00377	00378	00379	00380	00381	00382	00383	00384	00385	00386	00387	00388	00389	00390	00391	00392	00393	00394	00395	00396	00397	00398	00399	00400	00401	00402	00403	00404	00405	00406	00407	00408	00409	00410	00411	00412	00413	00414	00415	00416	00417	00418	00419	00420	00421	00422	00423	00424	00425	00426	00427	00428	00429	00430	00431	00432	00433	00434	00435	00436	00437	00438	00439	00440	00441	00442	00443	00444	00445	00446	00447	00448	00449	00450	00451	00452	00453	00454	00455	00456	00457	00458	00459	00460	00461	00462	00463	00464	00465	00466	00467	00468	00469	00470	00471	00472	00473	00474	00475	00476	00477	00478	00479	00480	00481	00482	00483	00484	00485	00486	00487	00488	00489	00490	00491	00492	00493	00494	00495	00496	00497	00498	00499	00500	00501	00502	00503	00504	00505	00506	00507	00508	00509	00510	00511	00512	00513	00514	00515	00516	00517	00518	00519	00520	00521	00522	00523	00524	00525	00526	00527	00528	00529	00530	00531	00532	00533	00534	00535	00536	00537	00538	00539	00540	00541	00542	00543	00544	00545	00546	00547	00548	00549	00550	00551	00552	00553	00554	00555	00556	00557	00558	00559	00560	00561	00562	00563	00564	00565	00566	00567	00568	00569	00570	00571	00572	00573	00574	00575	00576	00577	00578	00579	00580	00581	00582	00583	00584	00585	00586	00587	00588	00589	00590	00591	00592	00593	00594	00595	00596	00597	00598	00599	00600	00601	00602	00603	00604	00605	00606	00607	00608	00609	00610	00611	00612	00613	00614	00615	00616	00617	00618	00619	00620	00621	00622	00623	00624	00625	00626	00627	00628	00629	00630	00631	00632	00633	00634	00635	00636	00637	00638	00639	00640	00641	00642	00643	00644	00645	00646	00647	00648	00649	00650	00651	00652	00653	00654	00655	00656	00657	00658	00659	00660	00661	00662	00663	00664	00665	00666	00667	00668	00669	00670	00671	00672	00673	00674	00675	00676	00677	00678	00679	00680	00681	00682	00683	00684	00685	00686	00687	00688	00689	00690	00691	00692	00693	00694	00695	00696	00697	00698	00699	00700	00701	00702	00703	00704	00705	00706	00707	00708	00709	00710	00711	00712	00713	00714	00715	00716	00717	00718	00719	00720	00721	00722	00723	00724	00725	00726	00727	00728	00729	00730	00731	00732	00733	00734	00735	00736	00737	00738	00739	00740	00741	00742	00743	00744	00745	00746	00747	00748	00749	00750	00751	00752	00753	00754	00755	00756	00757	00758	00759	00760	00761	00762	00763	00764	00765	00766	00767	00768	00769	00770	00771	00772	00773	00774	00775	00776	00777	00778	00779	00780	00781	00782	00783	00784	00785	00786	00787	00788	00789	00790	00791	00792	00793	00794	00795	00796	00797	00798	00799	00800	00801	00802	00803	00804	00805	00806	00807	00808	00809	00810	00811	00812	00813	00814	00815	00816	00817	00818	00819	00820	00821	00822	00823	00824	00825	00826	00827	00828	00829	00830	00831	00832	00833	00834	00835	00836	00837	00838	00839	00840	00841	00842	00843	00844	00845	00846	00847	00848	00849	00850	00851	00852	00853	00854	00855	00856	00857	00858	00859	00860	00861	00862	00863	00864	00865	00866	00867	00868	00869	00870	00871	00872	00873	00874	00875	00876	00877	00878	00879	00880	00881	00882	00883	00884	00885	00886	00887	00888	00889	00890	00891	00892	00893	00894	00895	00896	00897	00898	00899	00900	00901	00902	00903	00904	00905	00906	00907	00908	00909	00910	00911	00912	00913	00914	00915	00916	00917	00918	00919	00920	00921	00922	00923	00924	00925	00926	00927	00928	00929	00930	00931	00932	00933	00934	00935	00936	00937	00938	00939	00940	00941	00942	00943	00944	00945	00946	00947	00948	00949	00950	00951	00952	00953	00954	00955	00956	00957	00958	00959	00960	00961	00962	00963	00964	00965	00966	00967	00968	00969	00970	00971	00972	00973	00974	00975	00976	00977	00978	00979	00980	00981	00982	00983	00984	00985	00986	00987	00988	00989	00990	00991	00992	00993	00994	00995	00996	00997	00998	00999	01000	01001	01002	01003	01004	01005	01006	01007	01008	01009	01010	01011	01012	01013	01014	01015	01016	01017	01018	01019	01020	01021	01022	01023	01024	01025	01026	01027	01028	01029	01030	01031	01032	01033	01034	01035	01036	01037	01038	01039	01040	01041	01042	01043	01044	01045	01046	01047	01048	01049	01050	01051	01052	01053	01054	01055	01056	01057	01058	01059	01060	01061	01062	01063	01064	01065	01066	01067	01068	01069	01070	01071	01072	01073	01074	01075	01076	01077	01078	01079	01080	01081	01082	01083	01084	01085	01086	01087	01088	01089	01090	01091	01092	01093	01094	01095	01096	01097	01098	01099	01100	01101	01102	01103	01104	01105	01106	01107	01108	01109	01110	01111	01112	01113	01114	01115	01116	01117	01118	01119	01120	01121	01122	01123	01124	01125	01126	01127	01128	01129	01130	01131	01132	01133	01134	01135	01136	01137	01138	01139	01140	01141	01142	01143	01144	01145	01146	01147	01148	01149	01150	01151	01152	01153	01154	01155	01156	01157	01158	01159	01160	01161	01162	01163	01164	01165	01166	01167	01168	01169	01170	01171	01172	01173	01174	01175	01176	01177	01178	01179	01180	01181	01182	01183	01184	01185	01186	01187	01188	01189	01190	01191	01192	01193	01194	01195	01196	01197	01198	01199	01200	01201	01202	01203	01204	01205	01206	01207	01208	01209	01210	01211	01212	01213	01214	01215	01216	01217	01218	01219	01220	01221	01222	01223	01224	01225	01226	01227	01228	01229	01230	01231	01232	01233	01234	0123
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------

Cor em OpenGL

- glColor3
- glColor4
- Exemplos

```
- glColor3f(0.5, 0.76, 0.55);  
- glColor4ub( 0, 255, 0, 255);
```

Fontes de Luz em OpenGL

```
glEnable(GL_LIGHTING); //habilita o uso de iluminação
```

```
void glLightfv( GLenum light, GLenum pname, const  
               GLfloat * params);
```

Light – no mínimo 8 fontes de luz com nomes GL_LIGHT0, GL_LIGHT1, ...

Pname – Parâmetro a ser controlado

```
GL_AMBIENT, GL_DIFFUSE, GL_SPECULAR,  
GL_POSITION,  
GL_SPOT_CUTOFF, GL_SPOT_DIRECTION, GL_SPOT_EXPONENT,  
GL_CONSTANT_ATTENUATION,  
GL_LINEAR_ATTENUATION  
GL_QUADRATIC_ATTENUATION
```

Tarefa 1

- Pesquisar técnicas de computação gráfica do interesse de cada um
 - Busca por área de aplicação
 - Exemplo: computer graphics + visual effects, computer graphics + physical simulation
 - Upload pelo moodle até 2a. feira próxima