

FACULDADE DE BELAS ARTES DA UL
Biblioteca



ULBAM02159

A COR E A PROFUNDIDADE DE CAMPO

NOTAS COMPLEMENTARES DA LIÇÃO SOBRE O MESMO TEMA

por

Manuela Correia de Sousa

LISBOA

E.S.B.A.L.



Janeiro de 1983

ET

4

4(C)

ET-4-4 (c)

R:35/88

INTRODUÇÃO

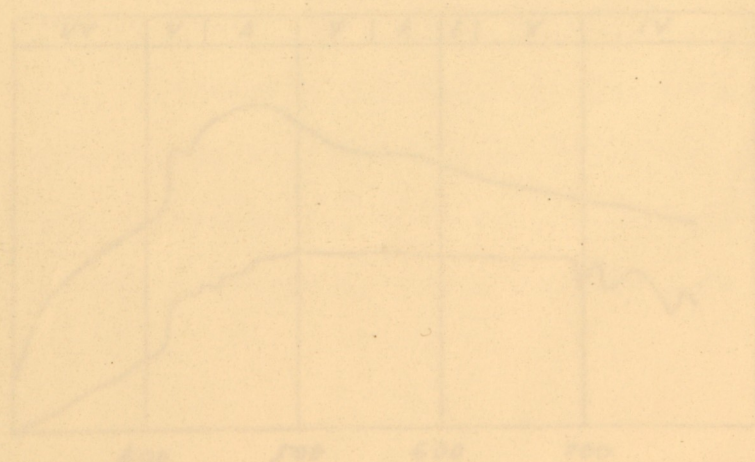
As presentes notas tem como objectivo facultar alguns elementos de informação basilares para a abordagem da problemática da cor em relação com a profundidade de campo.

Os principais fenómenos naturais e os condicionalismos mais característicos inerentes ao observador são aqui apresentados de forma necessariamente genérica e introdutória, sem pretensões científicas ou tecnológicas mas, em todo o caso, com o intuito de facilitar o acompanhamento compreensivo da lição que nos propomos desenvolver e, se possível, de contribuir para despertar a curiosidade em relação a matérias que estão, de algum modo, ligadas com as técnicas usadas pelo pintor quando emprega linguagem perspectivica.

É evidente que pelo menos alguns dos importantes fenómenos e condicionalismos aqui expostos não poderiam ser inteligivelmente referidos no curto espaço de tempo disponível para uma lição que pretendemos se inscreva em âmbito estritamente ligado com a Pintura. Esta é uma razão de necessidade.

Parece igualmente pacífico que o entendimento global do interesse da perspectiva não deve limitar-se, no aluno, à sua mais ou menos completa interpretação como árido sistema geométrico - de aplicação limitada, para alguns, às obrigações profissionais inerentes ao ensino secundário - mas, sim, deve abranger todo o

extenso campo de intervenção que realmente está aberto às suas virtualidades e no qual o artista, pela sua formação técnico-cultural e pela sua criatividade natural, tem um muito significativo papel a desempenhar e, também, a reivindicar. Este seria só por si, segundo nos parece, um motivo suficiente para estas notas complementares.

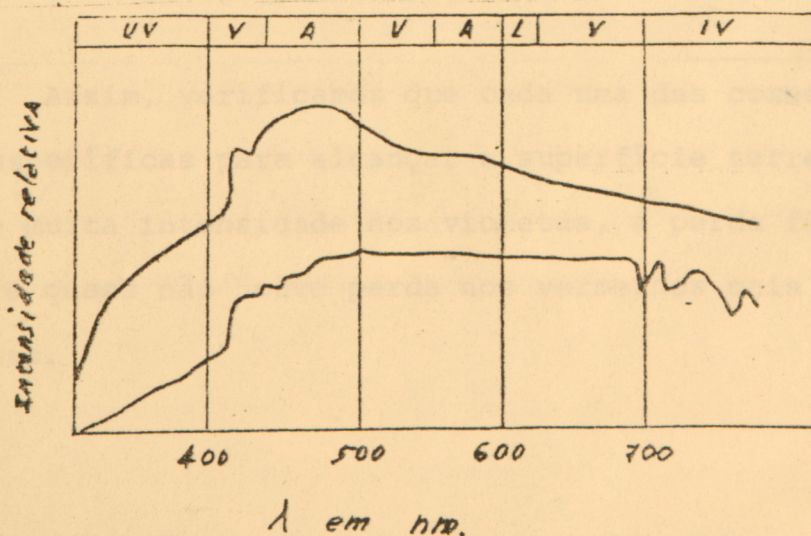


1. A LUZ

1.1 - Generalidades

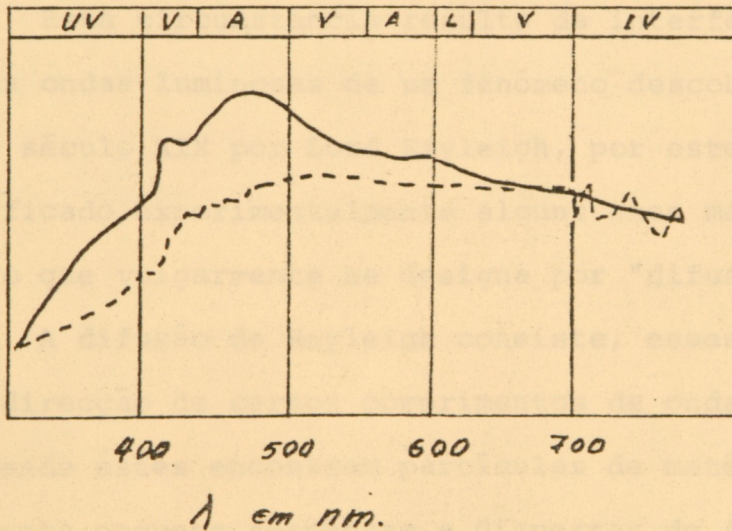
O sol é a fonte luminosa mais importante de que a Terra dispõe. Nenhum outro manancial luminoso se lhe pode comparar em eficiência, sobretudo no que se refere à extensão da área iluminada. A distribuição espectral da energia solar que chega à superfície da Terra depende de um grande número de factores, de entre os quais podemos destacar, a latitude, a hora do dia, a estação do ano e as condições atmosféricas locais.

O gráfico que se segue mostra, na curva superior, a distribuição espectral da luz directa do sol acima da atmosfera terrestre e, na curva inferior, a composição espectral dessa mesma luz ao nível do mar:



Se compararmos estas duas curvas, verificamos que a luz solar perde intensidade durante o seu percurso na atmosfera e que essa perda é diferente para as várias cores do espectro.

No quadro seguinte, aproveitando as curvas do gráfico anterior e deslocando a curva inferior de modo a que o extremo correspondente ao ultra-violeta coincida com o mesmo extremo da curva de distribuição espectral acima da atmosfera, observamos melhor a alteração relativa constactada:



Assim, verificamos que cada uma das cores sofreu alterações específicas para alcançar a superfície terrestre: a luz perdeu muita intensidade nos violetas, a perda foi menor nos azuis e quase não houve perda nos vermelhos mais próximos dos laranjas.

1.2 - A difusão de Rayleigh

Se a qualidade da luz que nos chega do sol fosse influenciada apenas pela absorção atmosférica, todas as componentes colorimétricas da luz deveriam diminuir igualmente de intensidade.

O que, na prática, se verifica é algo diferente: a luz directa do sol tem uma diminuição relativamente regular desde o verde ao vermelho, o que lhe dá uma coloração muito intensa, ligeiramente amarelada mas muito próxima do branco. Em contrapartida, tem uma perda muito acentuada na zona do azul e do violeta.

Esta circunstância resulta da interferência na propagação das ondas luminosas de um fenómeno descoberto no último quartel do século XIX por Lord Rayleigh, por este também teorizado e verificado experimentalmente alguns anos mais tarde. Trata-se daquilo que vulgarmente se designa por "difusão de Rayleigh".

A difusão de Rayleigh consiste, essencialmente, na mudança de direcção de certos comprimentos de onda dos raios luminosos quando estes encontram partículas de matéria de dimensão extremamente pequena suspensas e dispersas de forma não organizada em meios gasosos, líquidos ou sólidos e transparentes. Isto faz com que se separem do feixe luminoso e se espalhem em torno das partículas atingidas certas componentes da luz, ou seja, certas cores - as quais deixam de fazer parte, total ou parcialmente, desse feixe luminoso e passam a "dar cor" à área por onde se espalham.

Para que haja difusão de um determinado comprimento de onda, ou cor, é necessário que as partículas tenham dimensões que oscilem entre $0,1\lambda$ e λ , sendo λ o comprimento de onda dessa cor.

A luz difundida é, em muitos casos, detectável pelos nos sos olhos e as direcções preferenciais de observação situam-se num plano perpendicular à luz incidente. Na direcção desta última, prevalecem as cores e raios não difundidos.

Na difusão de Rayleigh não há perda de energia, ao contrário do que acontece com outras formas de produção de cor, co mo sejam a absorção selectiva, a reflexão e a refacção.

Ao entrar na atmosfera, a luz branca do sol encontra as moléculas dos gases ⁽¹⁾ que a constituem e igualmente, suspensas neste meio, poeiras e gotículas de água com dimensões susceptíveis de causar fenómenos de difusão. As diversas componentes da luz solar difundem-se então de acordo com a lei de Rayleigh, ou seja:

- 1) - Em proporção directa com a intensidade da luz incidente
- 2) - Em proporção directa com o quadrado do número de partículas
- 3) - Em proporção inversa com a quarta potência dos com primentos de onda da luz.

O último ponto é o mais facilmente detectável porque os pequenos comprimentos de onda são extraordinariamente mais difun didos do que os mais longos: o violeta ($\lambda = 425 \text{ nm}$) é dez vezes mais difundido do que o vermelho ($\lambda = 625 \text{ nm}$).

A difusão de Rayleigh veio explicar numerosos fenómenos dos quais o mais importante é, sem dúvida, a cor azul do céu. Ao longo dos tempos, filósofos, cientistas e artistas formularam hi-

(1) - Na medida em que num meio gasoso as moléculas estão dispersas ao acaso, elas também são elementos de difusão da luz.

hípotheses para explicar o azul do céu. É fascinante saber que, de entre todos (ultrapassando, até, hipóteses levantadas, séculos depois, por cientistas como Clausius e Newton) foi Leonardo da Vinci quem concebeu uma explicação mais próxima da teoria moderna atribuindo *o azul do céu a uma camada de matéria muito finamente dividida, iluminada pelo sol e interposta entre nós e o negro do espaço sideral.*

Na realidade, a luz branca do sol (que contém todos os comprimentos de onda do espectro visível), ao entrar na atmosfera, difunde muito mais comprimentos de onda na faixa dos violetas e azuis do que nas outras faixas; daqui resulta que, como a luz difundida é mais visível em direcções perpendiculares à direcção dos raios luminosos, o céu é mais saturado de azul nessas direcções.

Mas, sendo o violeta a luz mais difundida, porque não vemos nós o céu violeta? Isso não acontece por dois motivos: o primeiro relaciona-se com a própria lei de Rayleigh, na medida em que os outros comprimentos de onda também se difundem, embora em menores proporções; o segundo relaciona-se com o nosso sistema perceptivo, na medida em que somos mais sensíveis ao azul e ao verde do que ao violeta. Da conjugação destes dois factores resulta a nossa sensação de céu azul.

Como os pequenos comprimentos de onda são os mais difundidos, a luz directa do sol chega-nos quase sempre influenciada por tons de onda médios e grandes da gama visível do espectro. Contudo, essa coloração varia com a espessura e natureza da camada atmosférica que a luz tem de atravessar.

Ao nascer e ao pôr do sol, o fenómeno de difusão torna-se flagrante: a luz incidente vai do laranja ao vermelho e o céu tinge-se de anil. Ao meio dia, verifica-se o contrário: a luz do sol não é tão difundida e a luz que nos chega perde menos quantidade das componentes de comprimentos de onda curtos; embora tenha então uma coloração entre o branco e o amarelo, é suficientemente intensa e rica de cores componentes para nos parecer branca.

A difusão aumenta substancialmente nas auroras e ocasos, devido à grande espessura da camada atmosférica que a luz tem em tão de atravessar, mas pode aumentar a qualquer hora do dia se se verificar aumento da densidade do ar ou de gotículas de água e de poeiras de dimensão apropriada.

A intensidade da luz difundida é relativamente pequena comparada com a da luz diurna (luz directa mais luz difundida) ou, mesmo, com a luz reflectida pelas zonas dos objectos iluminadas pela luz directa do sol.

Em consequência, a tonalidade da luz difundida entre o observador e qualquer corpo situado a curta distância só é geralmente perceptível se a difusão for muito grande. Contudo, se os corpos observados estiverem muito afastados, a camada atmosférica difusora da luz é muito mais espessa e a tonalidade da luz difundida é quase sempre visível nas zonas de sombra. Para as zonas iluminadas pela luz solar directa, é necessária uma grande distância para que, por um lado, a camada de luz difundida aumen

te e, por outro, a luz reflectida pelos corpos perca, por sua vez, intensidade (seja por difusão seja por absorção), até ganhar maior intensidade a luz difundida.

Tal como se passa com os pontos brilhantes das gotas de chuva - que são invisíveis contra o céu enevoadado (excepto se chover muito intensamente) mas perfeitamente visíveis contra uma zona escura -, assim acontece também com a tonalidade da luz difundida: em regra só é visível distintamente contra um fundo sombrio.

2. LUZ DIURNA

2.1 - Generalidades

Acabamos de ver como a qualidade espectral e a intensidade da luz que chega à superfície da terra são modificadas por fenômenos que ocorrem nas camadas atmosféricas atravessadas, sobretudo fenômenos de absorção e difusão.

Assim, a luz diurna ou luz do dia é constituída pela luz directa do sol (que tem predominância decisiva nos valores colorimétricos das zonas iluminadas dos corpos) e pela luz difundida (muito menos intensa e predominantemente visível nas zonas de sombra).

Vimos também que a intensidade e a tonalidade da luz directa e da luz difundida, além de dependerem da altura do sol em relação ao horizonte, dependem igualmente da quantidade e dimensões das gotículas de água e poeiras suspensas na atmosfera. Por outras palavras, a luz do dia depende da altura do sol e das condições atmosféricas.

O estudo destas condicionantes é particularmente difícil, devido à raridade das experiências efectuadas sobre tal matéria, à sua fraca divulgação e aos fins, geralmente muito especializados, a que se destinam.

Por este facto, tem o maior interesse referir aqui alguns resultados de uma investigação sobre "A distribuição espectral da luz do dia" apresentados num congresso da "Optical Society of America", há alguns anos.

As medições necessárias a esta investigação foram efectuadas durante o mês de Junho, em Nova York, sob diversas condições atmosféricas. Uma boa parte dos trabalhos realizados incidu sobre a medição de energia e composição da luz diurna que chegava a um painel inclinado a 15° , a partir de vertical, para poente, considerando alturas do sol de 8° , 20° , 40° e 70° . Também foi analisada a luz do céu (luz difundida) sendo a sua medida efectuada com o painel rodado de modo a não receber luz directa do sol (1) (2).

Não pretendemos fazer uma análise detalhada dos resultados obtidos porque seria demasiado extensa. Vamos focar apenas, a título de exemplo, alguns resultados que permitam ilustrar as considerações teóricas atrás expostas.

2.2 - Variação da difusão com a altura do sol e as condições atmosféricas

Vejamos, de modo sucinto, as conclusões obtidas nas referidas experiências quanto à composição espectral da luz directa em diferentes alturas solares e condições atmosféricas (3).

(1) A título de curiosidade, observe-se que a terminologia utilizada na investigação referida é de concepção muito semelhante à que foi utilizada por Leonardo da Vinci nas notas que deixou sobre este assunto. Assim, à luz directa do sol, chama Leonardo "luz particular" e à luz do céu e do ar "luz universal"; se, no primeiro caso, Leonardo não parece entrar em linha de conta com a luz difundida (o que ainda hoje é aceitável em termos de percepção visual), no segundo aproxima-se muito do conceito actual.

(2) Notar que N. York tem uma latitude aproximada de 40° N e Lisboa 38° N.

(3) É importante notar que as conclusões que apresentamos se referem a obser

1) - Dia límpido e pouco húmido

- a) *com o sol a 8°* - predomínio franco na intensidade dos laranjas e, ainda mais, dos vermelhos; as componentes violetas e azuis têm fracas intensidades a esta altura. O tom dominante da luz incidente é o alaranjado.
- b) *com o sol a 20°* - aumento de intensidade, em relação ao caso anterior, nas componentes de comprimentos de onda curtos, acompanhada de diminuição de intensidade nos comprimentos de onda maiores; os comprimentos de onda de maior intensidade situam-se na zona dos amarelos. A cor dominante da luz incidente é branca amarelada.
- c) *com o sol a 70°* - em relação ao caso anterior, as componentes vermelha e laranja perdem um pouco de intensidade, as amarelas mantêm a mesma intensidade e as azuis aumentam ligeiramente⁽¹⁾. A Cor dominante da luz incidente é branca.

2) - Dia límpido, um pouco mais húmido (portanto maior difusão do que em 1)

No que se refere às intensidades dos amarelos, laranjas e vermelhos, são muito semelhantes para as várias alturas solares; as componentes azuis e violetas, embora aumentem de intensidade com o aumento da altura solar, têm valores mais baixos que em 1, excepto quando o sol está a 70° , caso em que esses valores são iguais. A cor dominante da luz incidente só é branca quando o sol atinge os 70° ; consoante as outras alturas solares, essa cor pode ser avermelhada, branca alaranjada e branca am

vações efectuadas na parte da manhã; as poucas experiências feitas de tarde mostram, no entanto, que a difusão, para condições atmosféricas semelhantes, é acentuadamente maior durante este período do dia.

(1) O que mostra claramente que nem todo o azul se difunde.

relada.

3) - Dia com neblina (bastante mais difusão do que em 1)

Quaisquer que sejam as alturas do sol, as componentes azuis e violetas têm intensidades bastante mais baixas que nos casos precedentes; pelo contrário, as componentes laranjas e, sobretudo, vermelhas sofrem um aumento considerável de intensidade que atinge o seu ponto máximo com o sol a 8° .

Em conclusão, a cor dominante da luz incidente é vermelho, quando o sol está a 8° , laranja avermelhado, com aumento de brilho, estando o sol a 20° e branca amarelada com o sol a 70° .

4) - Dia com céu fortemente nublado

Neste caso, a altura do sol tem pouca influência na variação da intensidade das cores espectrais; além disso, os valores das intensidades dessas cores são muito mais próximos uns dos outros. O valor colorimétrico da luz é muito semelhante ao do sol a 70° num dia límpido, ou seja, a luz é branca na medida em que os diversos comprimentos de onda sofrem, ao atravessar a atmosfera, inúmeras interferências constructivas e destructivas produzidas nas gotículas de água das nuvens por fenómenos de reflexão e de refração⁽¹⁾. Como esta luz é altamente difusa, re-

(1) A refração e a reflexão predominam, neste caso, sobre a difusão.

resulta que os objectos são iluminados por ela de modo muito semelhante - o que faz com que não apareçam contrastes acentuados entre as zonas iluminadas e as zonas de sombra; deste facto resulta que esses objectos parecem mais uniformemente coloridos, do que nos dias límpidos.

O estudo da distribuição espectral da luz do céu (luz difundida que chega a um painel com a mesma inclinação mas virado de modo a que não apanhe luz directa) só foi efectuado para um dia de céu completamente limpo. Constatou-se que a luz difundida que chega ao painel é composta, predominantemente, por violetas e azuis, embora contenha, com muito menor intensidade, todos os outros comprimentos de onda. Conclusão: a intensidade das componentes violetas e azuis é mais elevada com o sol a 8° , 20° e 40° ; com o sol a 70° , essa intensidade pouco diminui, embora tal diminuição seja proporcionalmente maior do que para as restantes componentes - ou seja, a luz difundida é muito maior mais saturada de azuis quando a altura do sol é pequena ou média e torna-se muito menos saturada quando essa altura aumenta, embora a sua tonalidade continue a ser azul.

2.3 - Variação da difusão e intensidade da luz com as estações do ano e a latitude

Como a difusão de Rayleigh varia na razão directa do quadrado do número de partículas que a luz tem de atravessar e o sol não atinge as mesmas alturas durante todo o ano, a cor do céu, da luz directa e da luz difundida é influenciada pelas estações do ano.

Em Portugal, por exemplo, é notório que o céu límpido de Ja

neiro apresenta normalmente um azul muito mais saturado do que em pleno Verão; por seu turno, a luz do sol é ligeiramente mais amarelada e mais fraca no inverno, uma vez que, além da difusão, a absorção aumenta quando a camada atmosférica que a luz tem que atravessar é mais espessa, o que é característico das baixas alturas solares dessa estação do ano.

Tendo em conta as variações da qualidade colorimétrica da luz apontadas em 2.2, podemos também fazer uma ideia de como uma variação da altura do sol de 47° (diferença, no caso de Lisboa, e entre as alturas solares máximas nos dois solstícios) determina uma variação visualmente apreciável, tanto na qualidade espectral como na intensidade média da luz diurna⁽¹⁾.

Apresentamos, a seguir alguns valores calculados de modo muito simplificado mas capazes de nos mostrarem em que medida a luminosidade relativa da luz varia com as estações do ano; estes valores foram obtidos com céu limpo para latitudes de cerca de 51° ao meio dia solar.

- Luz do céu mais luz do sol (octante sul do céu):

. Solstício de Verão	-	11 500	unidades lux
. Equinócios	-	8 100	" "
. Solstício de inverno	-	2 300	" "

(1) Em Lisboa, o sol, no solstício de verão, está afastado 15° da vertical do lugar. A título de exemplo damos as alturas do sol em relação ao horizonte, para a capital portuguesa:

Solstício de Verão	-	75°
Equinócios	-	52°
Solstício de Inverno	-	28°

- Sô luz do céu (octante norte):

. Solstício de Verão	- 6 600 unidades lux		
. Equinócios	- 3.700	"	"
. Solstício de Inverno	- 1 400	"	"

Para céu completamente coberto, por exemplo, e para alturas solares de 45° , os valores médios podem variar de 5000 a 9000 unidades lux e dependem unicamente do grau de nebulosidade.

Estes factores de luminosidade têm enorme importância na qualidade da cor da luz recebida pois, havendo menor luminosidade, as cores da luz directa e da luz difundida ficam mais saturadas e, portanto, as suas tonalidades são mais facilmente percepcionadas.

Como facilmente se depreende, a latitude tem bastante importância na composição espectral da luz e na sua intensidade: nas zonas próximas do equador a variação da altura máxima do sol ao longo do ano é mínima, ao passo que nas zonas nórdicas (referimo-nos sô ao hemisfério norte) essa variação é muito grande, chegando o sol, na sua altura máxima a ter um afastamento considerável da vertical do lugar.

2.4 - Variação da difusão com condições climatéricas locais

Além da latitude, do estado do tempo e das estações do ano, as condições climatéricas locais influenciam o grau de difusão da luz. Assim, as regiões com climas acentuadamente húmidos, como o Minho, mesmo em dias de sol de pleno Verão sô muito raramente têm uma atmosfera seca e, devido ao calor, formam-se frequentemente li-

geiríssimas neblinas de gotículas cujo tamanho facilita a difusão; deste modo, apesar da atmosfera parecer, num primeiro relance, particularmente límpida, a partir das cinco da tarde a luz directa torna-se muito dourada e as zonas de sombra perto do observador são dominadas por uma sensível coloração azul. Veneza é também uma região em que este efeito é muito evidente, devido à evaporação constante dos canais e lagoas.

Passa-se o contrário em latitudes menores e com climas particularmente secos: a camada atmosférica que o sol tem de atravessar é menor e contém muito menos partículas difusoras; nestas regiões, estando o sol alto, só zonas de sombra muito longínquas conseguem ter uma coloração azulada, como acontece nos desertos do Egipto e no Planalto do Pamir, onde as coisas se vêem distintamente a uma grande distância, porque a densidade do ar é muito pequena, no primeiro caso devido ao calor e no segundo devido a altitude.

Tem significado lembrar que, sobre esta matéria Leonardo da Vinci. escreveu:

783 - *"Disse que o azul que o ar mostra não é a sua cor própria e que ele é causado pela humidade quente, vaporizada em átomos minúsculos e insensíveis; e esta humidade quente, em seguida, recebe a percussão dos raios solares que a torna luminosa, sob a obscuridade das imensas trevas da região do fogo que fazem a cobertura superior (...../.....). Pode-se ver, como vi, no cume do Monte Rosa, no meio do mês de Julho, o céu escuro e o sol que batia na montanha, muito mais luminoso que na base, porque menos camadas de espessura de ar se entrepunham entre o cimo do monte e o sol"* (Tratado da Pintura).

3. A DIFUSÃO E A PERSISTÊNCIA DAS CORES COM A DISTÂNCIA

3.1 - Considerações preliminares

Existe uma grande semelhança entre a luz reflectida por uma superfície com um tom saturado quando iluminada por uma lâmpada de incandescência da ampola incolor e a luz emitida por uma lâmpada de incandescência de igual potência cuja ampola seja de vidro colorido e transmita o mesmo tom da superfície. Ambas apresentam um espectro de emissão muito semelhante, a despeito da diferença de intensidades o que faz com que, em termos visuais, a diferença essencial entre ambas seja que o brilho da luz reflectida pela superfície iluminada é muito menor do que o brilho da luz emitida pela ampola colorida.

No caso das superfícies iluminadas que se nos deparam correntemente na paisagem, a sua cor está influenciada pela qualidade da luz diurna que as ilumina e a sua intensidade é incomparavelmente menor que a da luz do dia. Contudo, essas superfícies comportam-se como fontes luminosas e as cores saturadas por elas emitidas estão sujeitas às mesmas regras e condicionalismos que são aplicáveis às fontes produtoras de luz.

Estes e outros aspectos de interesse estão intimamente ligados com a difusão de Rayleigh e serão sumariamente analisados nos parágrafos seguintes.

3.2 - A persistência das cores com a distância

Para uma rápida análise do problema da persistência das cores com a distância convém, antes de mais, admitir que as condições atmosféricas se mantêm inalteráveis. Suponhamos para o efeito, uma atmosfera límpida, embora tendo em suspensão gotículas de água e poeiras susceptíveis de reforçar a acção difusora dos gases que, na essência, a constituem.

Nesta atmosfera tentemos isolar quanto possível o fenómeno da difusão.

Não é tarefa fácil. Sabemos, com efeito, que a visão à distância das cores dos corpos iluminados só é geralmente possível com luz diurna. As superfícies iluminadas por esta luz comportam-se como mananciais luminosos mas, para além da sua fraca intensidade irradiante comparada com a luz do dia, há tantos fenómenos de interferência, de mistura de cores originadas por outros mananciais, de reflexão, de sombra, de contraste - entre outros -, que as conclusões possíveis seriam o resultado de esquemas demasiado complexos.

Se, porém, considerarmos a observação durante a noite de mananciais luminosos com luz própria, por exemplo lâmpadas de incandescência ou de neon, há uma maior probabilidade de retirarmos algumas conclusões simples e com significado imediato, visto que, nestas circunstâncias, o manancial luminoso observado está essencialmente sujeito à absorção atmosférica (que é função da distância), à difusão de Rayleigh e à sensibilidade do olho humano.

Numa atmosfera-tipo como a que admitimos, o fenómeno da absorção atmosférica produz, como vimos, a diminuição da intensi-

dade da luz quando aumenta a profundidade de campo. Por seu lado, o fenômeno de difusão de Rayleigh dá origem ao desvio total ou parcial de certos comprimentos de onda da luz, que assim deixam de fazer parte do feixe que chega ao observador ou, pelo menos, perdem intensidade. A sensibilidade do olho humano é, para o artista, o factor fundamental de apreciação: será motivo de maior atenção mais adiante, ainda que convenha, desde agora, fazer-lhe uma ou outra referência.

As fontes luminosas consideradas são luzes artificiais, como sejam a lâmpada de incandescência corrente, as lâmpadas de descarga de vapor de sódio e de vapor de mercúrio, as lâmpadas fluorescentes e as vulgarmente denominadas lâmpadas de "néon". Estas últimas têm cores predominantes diferentes consoante o gás raro empregado (verde e azul para o argon; vermelho e laranja para o néon ou para o hélio) e, visualmente, podem ser consideradas fontes de luz monocromática. As lâmpadas de incandescência podem ser também transformadas em fontes luminosas monocromáticas, aos nossos olhos, pelo emprego de invólucros coloridos ou pela interposição de superfícies transparentes e coloridas entre a lâmpada e o observador, como é o caso dos semáforos de trânsito. É claro que podem verificar-se efeitos de contraste simultâneo se duas ou mais destas fontes luminosas interferirem entre si, mas não abordaremos especificamente, pelo menos agora, tal fenômeno.

Cada um destes mananciais artificiais tem uma distribuição espectral de cores característica.

Assim, a título de exemplo:

- Uma lâmpada de incandescência com filamento de tungstênio tem uma distribuição espectral predominante nas zonas do vermelho, amarelo e laranja, irradiando cerca de dez vezes menos violeta e cinco vezes menos azul do que vermelho.
- Uma lâmpada de mercúrio descarrega a maior parte da sua energia nas zonas amarela e verde do espectro, uma parte ligeiramente menor na zona do violeta, sendo quase insignificante, comparativamente, a energia emitida nas zonas do laranja, vermelho e do azul. A distribuição espectral destas lâmpadas e das de sódio têm saltos bruscos correspondentes à emissão muito intensa de certas cores com inexistência quase total das outras, ao contrário do que se passa, por exemplo, com o sol e com as lâmpadas de incandescência.
- As lâmpadas fluorescentes de iluminação corrente têm distribuição espectral variada, conforme a técnica e o material usados. Têm tendência a procurar conseguir efeitos semelhantes ao da luz diurna, o que é parcialmente conseguido em alguns modelos. Também neste tipo de lâmpadas existe emissão preferencial de certas cores, com saltos bruscos no espectro mas todas as outras cores principais têm intensidades que influenciam nitidamente a composição da luz, ao contrário das lâmpadas de mercúrio e de sódio acima mencionadas.
- O uso de invólucros coloridos nas lâmpadas de incandescência, conduz naturalmente a um processo de seleção em que se torna dominante a cor transmitida pelo material colorido. O espectro da luz transmitida tem tão fracos valores para as componentes situadas em regiões afastadas da cor que emite que, visualmente, essas componentes, não têm significado. O mesmo acontece com as lâmpadas de néon.

Nestas fontes luminosas coloridas, a absorção e a difusão de Rayleigh conjugam-se perfeitamente e conduzem, com o aumento da distância de observação, na maioria dos casos, à diminuição de intensidade, e, até, ao desaparecimento visual da própria fonte.

A difusão desempenha aqui um papel importante: as cores que se difundem menos são as de maior comprimento de onda e portanto o vermelho próximo do carmim será, para idêntica intensidade inicial, o que se conserva até maior distância. Na realidade, não é bem assim para o observador, por causa da sensibilidade do olho humano. Em todo o caso, é bem conhecido que o vermelhão e amarelo dos semáforos de trânsito se distinguem geralmente a maior distância do que o verde, o mesmo se verificando com a luz de bonbordo (vermelhão) e de estibordo (verde) de um avião ou de um navio que se distanciam progressivamente de nós.

Outro facto que mostra bem a importância da difusão na atenuação da intensidade de certas luzes coloridas é o de, durantte a segunda guerra mundial, os faróis e farolins dos automóveis terem sido obrigatoriamente pintados de azul para dificultar a detecção aérea.

Quando o tom da luz se situa em zona do espectro que se encontra na passagem de uma cor para outra, a tendência será para o predomínio visual do maior comprimento de onda com o aumento da distância, excepção feita para os vermelhos entre o vermelhão (exclusivé) e o carmim, pois o olho humano é pouco sensível a esta última cor. O anil constitui outra excepção porque com a distância tenderia a parecer azul; contudo, não o vemos porque também se difunde muito e pouco permanece com a distância.

Para fontes luminosas policromáticas, o problema é mais complexo. Por um lado, a absorção atmosférica pode ter influência na alteração da cor percebida, pela rápida eliminação de algumas das suas componentes mais fracas em intensidade. Por outro lado, a difusão de Rayleigh pode conduzir a alterações sensíveis na cor que chega ao observador. É evidente também que a sensibilidade deste tem influência nos elementos que a seguir focamos e que só métodos de espectrografia poderão fornecer elementos mais precisos. Constatou-se, em todo o caso, nas observações que efectuamos, o seguinte:

- 1) - *Lâmpada de incandescência normal* - Tem uma coloração média amarelo-alaranjada porque as componentes violeta e azul são muito fracas e difundem-se rapidamente, a componente verde, cuja energia é duas vezes e meia menor do que a componente vermelha, pode igualmente perder intensidade por difusão e a coloração torna-se, a muito grandes distâncias, francamente laranja.
- 2) - *Lâmpada de mercúrio* - Tem uma coloração média branca azulada. Quando vista ao longe, parece branca esverdeada por perda de parte importante do violeta.

3.3 - O Caso de luz diurna

Teoricamente, a diminuição, com a distância, da intensidade luminosa ou a modificação aparente das cores dos corpos iluminados obedece às regras que procuramos ilustrar através do relativo isolamento fenomenológico que é possível conseguir durante a noite. Na formulação das cores por acção da luz solar, ou seja, durante o dia, existem, como já dissemos, numerosos fenómenos suple

mentares intervenientes no processo.

Um dos mais significativos é, sem dúvida, a fraca intensidade dos mananciais luminosos sem luz própria, quando comparados com a poderosíssima fonte luminosa que é o sol, ou mais concretamente, com a luz solar transmitida adicionada da difusão que cria nas camadas atmosféricas que atravessa (luz diurna). Podemos ter uma noção dessa importância se notarmos que o brilho de uma folha de papel branco exposta à luz do sol é cerca de cem mil vezes menor do que o brilho do disco solar.

Na prática, os mananciais iluminados, isto é, sem luz própria são os elementos que mais nos interessam para a apreciação da cor em relação à profundidade de campo. Dificilmente são fomentadores do aparecimento de cor noutros corpos, salvo a pequenas distâncias. Com a variação de distância, podem modificar-se as cores sob as quais são percebidos, designadamente através de fenómenos de interferência, de contraste simultâneo e de reflexão. Não esqueçamos que, embora a intensidade desses mananciais seja reduzida, têm composição espectral própria, com predominância de certas cores, e estão naturalmente sujeitos ao fenómeno de difusão de Rayleigh. Por outro lado, são particularmente sensíveis à absorção atmosférica, visto que as fracas intensidades luminosas, ao atenuarem-se, deixam rapidamente de ser percebidas pelo olho humano que, como veremos, tem limitações importantes no problema da visão em profundidade.

A perda de energia luminosa reflectida por mananciais iluminados resulta fundamentalmente da absorção selectiva que está na origem das suas próprias cores. O seguinte quadro permite obter

uma ideia da absorção relativa das energias visíveis para corpos de várias cores (admitindo que o preto absorve teoricamente toda a luz incidente) (1).

C o r	% de absorção das energias visíveis
Preto	100
Azul escuro, verde acastanhado	85 - 90
Cinzento	75 - 80
Vermelho, castanho claro, azul claro	70 - 75
Creme	50 - 55
Branco	40 - 50

A intensidade da luz reflectida depende também da qualidade textural da superfície e da sua posição em relação aos raios luminosos incidentes. Se a superfície for opaca os raios não absorvidos, que traduzem a sua cor, reflectem-se tanto mais quanto mais próximos estiverem da normal à superfície; a reflectância diminui se os raios incidentes se desviarem desta posição; assim, se fizerem um ângulo de 30° com a normal, a reflectância diminui para metade e se o desvio for de 45° e de 60° diminui, respectivamente, para $1/3$ e para $1/10$.

(1) A reflectância de qualquer cor em relação às suas variantes (tom, saturação e brilho) está determinada no "Atlas de Cores Munsell". Note-se ainda que, na prática qualquer, cor preta tem sempre alguma reflectância.

Como regra teórica, a reflectância de uma superfície é igual à reflectância máxima (segundo a normal) multiplicada pelo seno do ângulo que os raios luminosos fazem com a superfície.

A natureza ou qualidade textural da superfície desempenha também um papel importante na percepção da sua cor, muito particularmente quando a observação é efectuada a distância. Uma superfície mate e micro-irregular tem mais probabilidades de transmitir fielmente a sua cor do que uma superfície grosseiramente irregular, em que se criam facilmente zonas de sombra que atenuam ou anulam parcelas significativas da cor própria da superfície. Para estes últimos tipos de superfícies, as zonas de sombra só desaparecem quando o observador se encontra situado na direcção dos raios luminosos incidentes; contudo, as variadas inclinações das grandes irregularidades em relação aos raios incidentes fazem com que o conjunto da superfície, mesmo visto desta maneira, não apresente tonalidades uniformes, ao contrário da superfície micro-irregular. Tal situação é, contudo, raramente observada. Já Goethe dizia que *só o sol tem uma imagem imaculada da terra.*

A apreensão da cor própria de uma superfície polida reveste-se de dificuldades que resultam, fundamentalmente:

- 1) - da facilidade existente para a criação de reflexão especular, cuja cor é a da luz incidente, o que impede ou dificulta a leitura da cor do objecto;
- 2) - de anulações de cor causadas por fenómenos combinados de refacção e reflexão interiores à camada superficial do corpo iluminado;
- 3) - de fenómenos de interferência, destrutiva ou construtiva, entre os raios imediatamente reflectidos pela parte superior da superfície e os raios que, tendo

nela penetrado, regressam ao meio exterior.

Estes e outros fenômenos originam variações importantes da cor (tom, saturação e brilho) sob que são percebidos os objectos polidos, o que faz com que haja pouca probabilidade de que a cor destes seja percebida à distância com fidelidade bastante.

Os problemas do contraste simultâneo, das sombras próprias e da interferência da luz reflectida pelos objectos com a luz mais ou menos colorida que se cria, durante o dia, na atmosfera serão tratados adiante. Convém, em todo o caso, referir que tais problemas tem especial importância na temática que temos vindo a expor.

4. CONDICIONALISMOS DA VISÃO

4.1 - Generalidades

A visão humana é um fenômeno que tem sido alvo de investigações constantes desde há longos séculos. Está fora de questão apresentar aqui a história dos sucessos que conduziram progressivamente à aquisição de conhecimentos e à elaboração das modernas teorias fisiológicas e psicológicas sobre o assunto. O que interessa salientar é que a cor é uma impressão causada no sistema complexo olho-cérebro pelos diferentes comprimentos de onda e intensidades da luz visível ou, se for preferido, pelas diversas energias fotônicas susceptíveis de impressionarem o olho humano. Um artista experimentado é capaz de distinguir mais de dez mil cores diferentes.

Contudo, como já ficou atrás saliente, as cores realmente percebidas pelo olho humano nem sempre são as indicadas pelo esquema físico de reflectância de um objecto. Na verdade, dependem também da sensibilidade espectral do detector - neste caso, o olho humano - e da intensidade e distribuição espectral da fonte iluminante. A acuidade visual, a capacidade natural de visão em profundidade, a experiência e conhecimento e a possibilidade de análise crítica têm igualmente influência na percepção e compreensão da aparência. Nas páginas seguintes vamos procurar fazer inter

vir alguns dos mais importantes destes factores na matéria que estamos tratando.

4.2 - Poder separador da retina e visão em profundidade

Temos vindo a focar as condicionantes exteriores ao observador. Vamos agora analisar algumas das que dependem fundamentalmente dele.

São muito complexos os fenómenos que determinam o modo como vemos um corpo em profundidade visto que, para além do seu número, são eles próprios variáveis.

Em termos de óptica geométrica, poderíamos ver um avião de 40 m de envergadura como um objecto pontual a 120 quilómetros de distância, o que significaria, teoricamente, que, estando nós em Lisboa, ele se nos apresentaria como um simples ponto visível ao sobrevoar Leiria a alguns quilómetros de altitude; na prática, sabemos que tal é impossível.

De acordo com a nossa experiência corrente, conhecemos que a nitidez dos pormenores de um corpo se vai perdendo em função do tamanho desses pormenores, da sua iluminação e do aumento da distância a que nos encontramos desse corpo. O que acontece é que muitos dos pontos definidores da forma se vão projectar na retina, sobrepostos e cada vez em maior número, sobre os mesmos cones, provocando uma imagem progressivamente mais confusa. Embora, por experiência, possamos identificar o corpo e consigamos por vezes detectar a sua cor, perdemos facilmente a nitidez do

contorno com o aumento da distância.

Lucrécio, no seu erudito poema *A Natureza das Coisas*, faz a seguinte descrição, curiosamente demonstrativa do que acabamos de dizer:

*"Das casas se acaso ao longe olhamos
 Para as quadradas Torres, mostram-se elas
 À nossa vista por então redondas:
 Todo o ângulo se faz ao longe obtuso,
 Ou, por melhor dizer não é visível:
 Os simulacros seus ténues, sem força,
 Como partidos de uma ténue face,
 São no trânsito seu acometidos
 Do ar que atravessam por contínuos choques,
 Ficando cada vez assim mais ténues,
 Tê que, dos olhos em distância, morrem,
 E não podem por nós então ser vistos.
 Daqui provêm que, os ângulso da torre
 Desluzidos assim, ela pareça
 De pedras um acerro arredondado"*

A despeito do cunho literário da explicação, é notável que os conceitos sobre o assunto de um homem do Séc. I A.C. não difiram sensivelmente do que a experiência e a teoria ensinam nos tempos actuais.

Convém agora recordar que a superfície aparente de um objecto varia na razão inversa do quadrado da distância a que ele se situa do observador, princípio em que se baseia, aliás, a construção de maquetas reduzidas usadas para simulação de grandes cenários em trucagens cinematográficas.

Nesta base, analisemos sumariamente alguns dos factores que influenciam a visão a distância. Consideremos como modelo

hipotético uma superfície quadrada branca, de trinta e seis metros quadrados de área, com um rendimento de luminância máximo, quer em relação à fonte luminosa quer ao observador. Em termos muito genéricos, podemos dizer que esta superfície, se for vista a um quilómetro de distância, parecerá como se fosse um quadrado de trinta e seis centímetros quadrados de área colocado a 25 cm do observador: como o seu contorno aparente é definido por rectas, sendo a forma regular, tem probabilidade de ser percebida sem que essa forma se altere pois, apesar de a essa distância só ser possível distinguir entre si pontos que no quadrado real distem trinta centímetros⁽¹⁾, a nossa percepção e experiência tendem a completar a figura; no entanto, se analisarmos criticamente o que *realmente* vemos, chegamos à conclusão que não distinguimos os cantos do quadrado.

No caso do plano observado ter um contorno irregular, desconhecido ou ambíguo, não poderíamos contar com o seu conhecimento prévio, o que dificultaria muito o reconhecimento do contorno.

Podemo-nos perguntar então: se as limitações de acuidade visual são responsáveis pelo facto de não percebermos distintamente o contorno de uma certa superfície, porque razão observamos como continua essa superfície? O que acontece é que muitos dos raios difundidos a partir dos pontos que constituem o contorno

(1) O poder separador do olho humano, em condições normais de observação, corresponde ao ângulo visual de 1', ou seja, à projecção na retina de duas imagens diferentes afastadas 0,01 mm, distância que separa dois cones diferentes. O referido ângulo define uma frente de 3 cm a 100 m de distância e, portanto, uma frente de 30 cm a 1000 m.

(tal como muitos dos raios que partem dos pontos situados no interior) são reflectidos em direcções diferentes da que une a superfície ao observador. Todavia, os raios que partem do contorno perdem-se facilmente, enquanto que os do interior da superfície são redirigidos em parte, por processos sucessivos de refacção e reflexão, na direcção do observador; além disto, os raios que partem do contorno têm tendência a ser interferidos construtiva e destrutivamente, e difractados por acção da luz difundida que preenche as regiões vizinhas da superfície. Claro que estes fenómenos de interferência e de difracção também têm lugar quando a superfície está próxima do observador; contudo, o desvio, a anulação ou o reforço dos raios luminosos reflectidos são, geralmente, muito menos sensíveis para o observador ou não são sequer notados, por ser de muito pequena espessura a camada atmosférica atravessada.

Do que foi dito, podemos concluir:

1) - como a maioria das coisas que vemos a distância não tem contornos regulares - por exemplo grandes rectas ou curvas uniformes -, os limites aparentes dessas coisas tendem a ser menos bem definidos e a perder-se com o aumento da distância;

2) - este facto é atenuado, até certo ponto, se a superfície considerada tiver por fundo outra superfície com a qual faça contraste acentuado de brilho. Neste caso, tal como na visão a curta distância, o contorno e o brilho de uma forma destacam-se acentuadamente, embora por motivos algo mais complexos dos que acima mencionamos e que abordaremos num dos parágrafos seguintes;

3) - de um modo geral, se um corpo for iluminado directamente e tiver um contorno irregular, perde-se mais facilmente a noção desse contorno do que a noção da cor própria do objecto, especialmente se esta apresentar uma tonalidade saturada e não tiver grande tendência para se difundir.

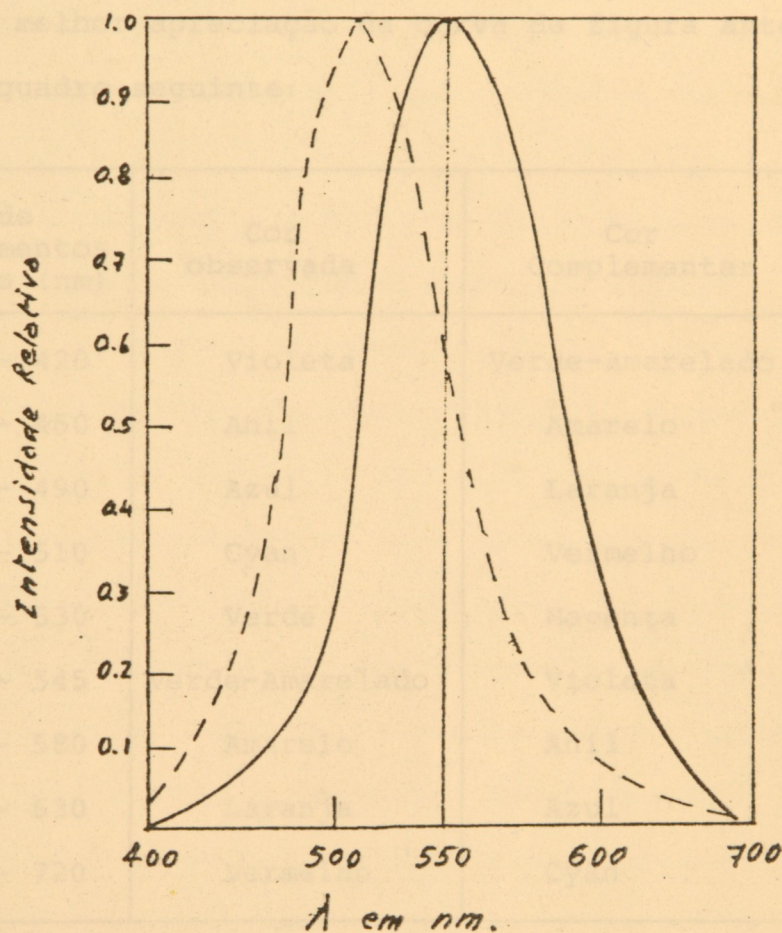
4.3 - A iluminação, a cor e a visão em profundidade

O olho humano é muito sensível às variações de intensidade luminosa; é bem conhecido que essa larga extensão de sensibilidade é utilizada de maneiras diferentes consoante as condições de iluminação sejam fracas, médias ou altas. Por outro lado, a passagem de um grau de iluminação para outro exige um tempo de adaptação para o olho, que é francamente grande quando passamos de uma iluminação muito forte para uma muito fraca: nestas últimas circunstâncias, a adaptação pode mesmo chegar a demorar quarenta a sessenta minutos.

Depois de uma adaptação conveniente, uma intensidade de luz muito pequena - por exemplo numa situação de quarto lunar - é capaz de nos fazer distinguir as formas dos objectos e, portanto, uma gradação de claro-escuro, embora não nos permita determinar a cor dos objectos porque a quantidade de luz que os corpos reflectem não tem energia suficiente para activar os cones e excita apenas os bastonetes.

Quando a luz é suficientemente intensa para activar os cones, nem por isso a nossa sensibilidade aos tons saturados, como já referimos, se torna uniforme.

A diferença de sensibilidade do olho humano foi estudada pela Comissão Internacional de Iluminação (C.I.I.) e encontra-se esquematizada no diagrama seguinte:



À curva de traço contínuo acima apresentada dá-se o nome de "curva padrão de luminosidade relativa" em função de um observador-tipo. Por ela podemos verificar que, para a mesma quantidade de energia luminosa, o olho é mais sensível a certos comprimentos de onda. Assim, o olho humano tem uma sensibilidade muito maior ao amarelo esverdeado (550 nm) e às cores que lhe estão próximas de ambos os lados do espectro do que aos comprimentos de onda curtos (violeta) ou aos mais longos (carmim). Este é tam

bem o motivo pelo qual é o vermelhão e não o carmim que se vê a maior distância, como já assinalamos na parte final do parágrafo 3.2⁽¹⁾.

Para melhor apreciação da curva da figura anterior, tem interesse o quadro seguinte:

Faixa de Comprimentos de onda (nm)	Cor observada	Cor Complementar
400 - 420	Violeta	Verde-Amarelado
420 - 450	Anil	Amarelo
450 - 490	Azul	Laranja
490 - 510	Cyan	Vermelho
510 - 530	Verde	Magenta
530 - 545	Verde-Amarelado	Violeta
545 - 580	Amarelo	Anil
580 - 630	Laranja	Azul
630 - 720	Vermelho	Cyan

A curva tracejada refere-se ao desvio da nossa sensibilidade às cores sob baixa intensidade de iluminação, a que se dá o nome de "efeito de Purkinje". Este desvio da nossa sensibilidade à cor em fracas luminosidades faz com que a luz da lua cheia, que nos permite visão bastante para nos deslocarmos livremente, não baste contudo para distinguir qualquer cor da gama dos com-

(1) Convém notar que a curva padrão da sensibilidade não é rigorosamente si
métrica, mostrando uma maior sensibilidade do olho aos tons quentes, sob luz diurna.

primentos de onda mais longos do espectro. Para os violetas, azuis e alguns verdes, a identificação da cor é possível mas a reflexão produzida nos objectos pela luz da lua não nos permite determinar a tonalidade dessas cores e muito menos distingui-las a distância, mesmo que esta seja razoavelmente curta.

O efeito de Purkinje torna-se ainda mais evidente nos períodos imediatamente anteriores à aurora ou seguintes ao ocaso: como vimos em 1.2, apesar de haver uma forte componente dos comprimentos de onda maiores na luz transmitida, nesses momentos sua intensidade é ainda pequena e todos os corpos de cores violeta, azul e verde parecem apresentar tons altamente saturados; simultaneamente, como a luz transmitida através das camadas inferiores da atmosfera é predominantemente vermelha ou laranja, os corpos de cores amarela, laranja e vermelha parecem também extraordinariamente brilhantes; em ambos os casos, devido à fraca intensidade da luz, o fenómeno só é observável a distâncias relativamente pequenas.

Quando o sol está um pouco acima do horizonte, é possível ver a cor das coisas a grandes distâncias, dado que a luz já ganhou suficiente intensidade; na realidade, esse é o período do dia em que se consegue distinguir as cores a maior distância e isto por dois motivos principais:

1) - os raios incidentes estão então mais próximos da direcção de visão do observador, ou seja, as zonas dos corpos mais intensamente iluminadas pela luz directa estão em condições de reflectir mais eficazmente luz para o observador; por exemplo, as paredes das casas, que são verticais, estão em condições óptimas para reflectir quase totalmente na direcção do observador; portanto, quando o sol está baixo, o brilho dessas paredes é muito mais intenso e pode alcançar maiores distâncias. Se excluirmos as zonas de sombra, o fenómeno é igual para toda a natureza (vertentes de montanhas, bosques, etc.).

2) - é maior o contraste entre as zonas iluminadas pela luz incidente, em que predominam os comprimentos de onda maiores, e as zonas de sombra, em que predomina a luz difundida (nesta hora, mais saturada de azul).

Convém, no entanto, deixar aqui um breve apontamento suplementar sobre a nossa capacidade para determinar a cor própria dos objectos independentemente da cor da luz incidente, se esta última for pouco saturada, como é o caso da luz do sol. Nestas circunstâncias de luz com tonalidade pouco saturada, os corpos, na sua parte iluminada, reflectem com intensidade bastante para sermos capazes, mesmo a distâncias relativamente grandes, de determinar as suas cores próprias: por exemplo, reconhecemos o branco de uma parede, ao nascer do dia, apesar de a parede emitir um tom alaranjado provocado pela tinta da luz incidente; nas zonas de sombra, a intensidade da luz reflectida pelas superfí-

cies é muito pequena e a distinção não pode geralmente ser feita, a não ser a pequenas distâncias, uma vez que às grandes distâncias predomina a intensidade da luz difundida.

4.4 - Contrastes por complementaridade e visão à distância

Se duas superfícies de cores complementares e de tonalidades saturadas estiverem bem iluminadas e forem vistas a grande distância, o seu contraste de cor perde-se, pois uma delas tem tendência a persistir devido ao efeito conjugado da sua fraca difusão de Rayleigh e da nossa maior sensibilidade relativa à sua cor, e a outra, em consequência, tende a anular-se e a ser dominada pela luz azul difundida; é o que se passa, por exemplo, com os grupos violeta/verde-amarelado, anil/amarelo e azul/laranja.

Para outros pares de cores complementares, já é mais difícil dizer qual delas persistirá com a distância, como é o caso do azul cyan/vermelho pois o azul cyan difunde-se muito mais do que o vermelho; no entanto, cada uma destas cores tem uma gama de tons variados, sendo o vermelho, devido à sua larga faixa, o que admite maior número de tons - por isso, com um cyan mais orientado para a zona dos azuis e um vermelho mais perto do laranja, temos igual sensibilidade às duas cores e, neste caso, persistirá o vermelho; para tonalidades diferentes das indicadas, só caso a caso se poderá prever qual delas persistirá.

Para o grupo verde/magenta a previsão é difícil, pois o magenta não é uma cor espectral. Pode no entanto dizer-se que, a curtas distâncias e para objectos pequenos bem iluminados, o verde perde-se e o magenta torna-se vermelho e persiste.

4.5 - Cores não saturadas e visão à distância

As cores muito pouco saturadas são, como é de calcular, as mais afectadas com a distância. A mistura subtractiva de uma grande percentagem de branco com uma cor saturada faz com que, quase que independentemente do seu poder de penetração na atmosfera, a cor percebida seja branca; por exemplo, um barco pintado com uma mistura de verde esmeralda e de branco mas com grande predomínio do branco, ainda é percebido como verde a duzentos metros; no entanto, se for visto a mais ou menos mil e quinhentos metros a cor percebida é a branca.

É evidente que um corpo rosa claro, que tem uma componente vermelha, é capaz de persistir um pouco mais com a distância do que um corpo pintado com a cor do caso anterior. Contudo, se tiver dimensões suficientes pode ser visto a distância elevada e acaba por nos parecer branco.

Se a cor for misturada com várias intensidades de cinzento, é a intensidade da mistura que prevalece. Se a cor for misturada com muito preto, é ainda a intensidade da mistura que prevalece, embora a grandes distâncias tal intensidade seja atenuada e modificada pelas camadas de luz que se encontram difundidas na atmosfera.

A intensidade luminosa e as dimensões do campo que serve de fundo à cor do corpo observado tem uma importância decisiva na percepção das cores; assim, se o barco acima referido, quando o vemos branco, estiver enquadrado num fundo preto, embora este último se possa atenuar, a intensidade da mistura considerada pa

recherà, por contraste, ligeiramente mais branca do que se o fundo for acinzentado enquanto que, se estiver sobre um fundo branco, confundir-se-á com este.

4.6 - Mistura partitiva, poder separador e distância

É difícil fazer considerações muito precisas sobre este problema, visto que é frequentemente aleatório ou mesmo impossível ver na paisagem que nos rodeia um conjunto que seja exemplo perfeito de mescla partitiva. A natureza é rica de casos em que esta dificuldade se salienta: notemos apenas que uma seara verde coberta de papoilas tem sempre um considerável predomínio de verde mas o vermelho das flores pode desaparecer completamente se a seara for observada a distância considerável.

Os aglomerados urbanos, por outro lado, não facilitam a testagem dos estudos teóricos sobre o problema da mistura partitiva: os edifícios, no nosso país, são, de um modo geral, pintados de tons não saturados e de cores variadas dispostas ao acaso. Por isso, esses edifícios são vistos a uma distância suficientemente grande e, partindo do princípio de que não é neles observável nenhuma zona de sombra, obtemos apenas um valor de intensidade ausente de cor; este fenómeno resulta, ao mesmo tempo, das limitações do poder separador do olho humano e da facilidade com que se difundem as cores não saturadas relativamente às saturadas.

Teria sido particularmente interessante verificar como se comportam a várias distâncias consideráveis e bem estabelecidas os arranjos de mescla partitiva a que estamos habituados mas tal teria requerido meios materiais e humanos de que não nos foi

possível dispor. Por isso, limitamo-nos a fazer o estudo a curta distância (em que o problema da difusão não interfere sensivelmente) dos exemplos de mescla partitiva apresentados na página 125 do livro "COLOR", de Franz Gerritsen: os exemplos apresentados nesta obra dão como resultado os diagramas que constam na parte superior da mesma página 125. As experiências que efectuamos com os modelos facultados na obra de Gerritsen permitiram, no entanto, detectar um fenómeno curioso que não devemos deixar de anotar aqui: a partir de certa distância (entre 10 a 30 metros, consoante o exemplo de mescla observado), a cor proveniente da mescla partitiva perde-se, prevalecendo mais ou menos acentuadamente uma das cores que realmente serviu para a construção da figura. Assim:

a) - nos exemplos das riscas:

- *riscas vermelhas e azuis* - prevalece, a cerca de 10 metros, o vermelho original sem misturas que permitam interpretá-lo como magenta;
- *riscas azuis e verdes* - prevalece, a cerca de 15 metros, o verde original;
- *riscas vermelhas e verdes* - a cerca de 30 metros, desaparece a impressão ocre da mistura e prevalece o vermelho original.

b) - nos exemplos dos quadrados:

- *azuis a amarelos* - logo às muito pequenas distâncias, perde-se a impressão esbranquiçada da mistura e, um pouco mais longe, a cerca de 10 metros, o amarelo retoma a saturação original; contudo, devido a um fenómeno de contraste de intensidades de cor, continuamos, a esta última distância, a perceber os pequenos quadrados amarelos como pontos coloridos independentes; só entre os 20 e os 30 metros adquirimos, finalmente, a noção de um quadrado uniformemente amarelo;

- *verdes e magenta* - a sensação ocre resultante da mistura percebe-se até cerca de 30 metros; a uma maior distância vemos vermelho, o que resulta, provavelmente, da tendência que tem o magenta para se tornar vermelho com o aumento da distância;
- *vermelhos e cyan* - a sensação neutra do quadrado persiste até cerca de 15 metros; depois disso e até cerca de 20 metros, obtem-se a sensação de branco; a partir desta distância, o quadrado passa a aparentar a cor cyan original.

Os resultados acima mencionados foram obtidos com as figuras iluminadas directamente pelo sol. Como é natural, as distâncias a que os resultados referidos se conseguem dependem da iluminação. Assim, no exemplo dos quadrados e em dia de céu encoberto, foi observado o seguinte:

- *azuis e amarelos* - o quadrado amarelo nunca chega a retomar a saturação original;
- *verdes e magenta* - a cerca de 30 metros, o quadrado vê-se laranja, só a maior distância adquirindo a cor vermelha;
- *vermelhos e cyan* - a sensação de branco do quadrado mantém-se para além dos 20 metros, e o cyan, em consequência, só aparece mais longe, embora com menor saturação do que no caso da figura iluminada pelo sol directo.

Acentua-se que os resultados acima referidos foram obtidos isolando do resto das figuras os quadrados de sobreposição, pela utilização de um caixilho preto. O emprego de caixilhos brancos ou cinza não alterou a tonalidade dos resultados mas interferiu na maior ou menor saturação das cores observadas.

5. CONCLUSÃO

Acabamos de expor alguns dos mais significativos aspectos da intervenção da profundidade de campo na visão das cores. Como se pode depreender do exposto, é muito difícil conjugar de modo completo os fenômenos que intervêm no processo, mesmo da forma simplificada que utilizamos. Na realidade, existem numerosos outros aspectos que não puderam ser aqui focados, alguns muito subtis, circunstanciais e, até, ainda incompletamente estudados, todos eles com influência mais ou menos acentuada na interpretação das cores à distância, o que desde logo permite concluir que a análise global das situações tem de ser feita pelo observador em face dos diversos casos concretos de distância, cor, condições atmosféricas, iluminação, dimensões e natureza das superfícies, estação do ano, hora do dia, etc.. Contudo, parece ter ficado igualmente saliente o interesse que pode ter para o artista plástico a aquisição de conhecimentos bastantes sobre a matéria.

Para cada situação, a síntese a efectuar pelo artista depende também de numerosos factores inerentes a ele próprio e às motivações que determinam o seu trabalho. Assim, uma componente altamente poética pode dominar num tipo de pintura dita "tradicional", isto é, destinada a ser vista a pequena distância e enquadrada por uma arquitectura. Mas, se o artista for chamado a fazer uma intervenção de cor ou de luz num local destinado a ser também observado e apreciado a distância, a intervenção dessa

componente tenderá normalmente a diminuir ou, mesmo, a desaparecer; o problema terá de ser resolvido ponderadamente face ao caso concreto.

A técnica de evidenciar ou anular certas formas em relação ao ambiente circundante por efeito da intervenção da cor ou da luz requer estudo para que são certamente insuficientes os elementos apresentados nas presentes notas. O que sobretudo se teve em vista em todo o exposto, foi contribuir de modo positivo, ainda que limitado, para o fornecimento de elementos susceptíveis de serem utilizados como apoio introdutório no estudo mais aprofundado da problemática em causa.

Em suma, pensamos que as dúvidas e interrogações que inevitavelmente decorrem da leitura das presentes notas poderão concitar ao enriquecimento de conhecimentos sobre a matéria, através de pesquisa documental e experimental, o que nos parece não estar em desacordo com o espírito que deve presidir a toda a formação superior.

BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTAÇÃO

- LIGHT - Its Interaction with Art and Antiquities - Thomas B. Brill - Ed. Plenum Press, N.Y., London, 1980.
- COLOR - Frans Gerritsen - Ed. Blume, 1976
- CHEMISTRY OF THE ATMOSPHERE - Murray J. McEwan and Leon F. Phillips - Ed. Eduard Arnold - London, 1975.
- ÓPTICA - Francis Searas - Ed. Aguilar, 1974.
- PSICOLOGIA DA VISÃO - R.L. Gregory - Ed. Inova, 1968.
- ILUMINAÇÃO NATURAL - R.G. Hopkinson, P. Petherbridge, J. Longmore - Ed. Gulbenkian, 1975.
- A NATUREZA DAS COISAS - Lucrécio - Ed. Jorge Ferreira de Mattos, 1851.
- TRAITÉ DE LA PEINTURE - Leonardo da Vinci, tr. Peladan, Ed. Paris, 1925.
- SPECTRAL ENERGY DISTRIBUTION OF DAYLIGHT - H.R. Condit and F. Grum - in Journal of the Optical Society of America - Julho, 1964.
- HOW LIGHT INTERACTS WITH MATTER - Victor F. Weisskopf - in Scientific American - Nº Especial - Setembro 1978.
- WHY OBJECTS APPEAR AS THEY DO - Thomas B. Brill - in Journal of Chemical Education, Abril 1981.
- CHEMISTRY AND ARTISTS COLORS - Part I "Light and Color" - Virginia Orna - in Journal of Chemical Education, Abril 1980

- THE PERCEPTION OF SURFACE COLOR - Jacob Beck - in Scientific American, Agosto 1975.
- THE CAUSES OF COLOR - Kurt Nassau - in Scientific American, Outubro 1980.
- THE PERCEPTION OF SURFACE BLACKS AND WHITE - Alan Gilchrist - in Scientific American, Março 1979.
- THE REPRESENTATION OF COLOURS IN CEREBRAL CORTEX - S. Zecki - in Nature, Abril 1980.
- SUBJECTIVE CONTOURS - Gaetano Kanizsa - in Scientific American, Abril 1976.
- LA DIFFUSION MOLECULAIRE DE LA LUMIÈRE - Jean Cabannes - Ed. Paris, 1928.

ÍNDICE

	Pág.
1 - A LUZ	
1.1 - Generalidades	1
1.2 - A Difusão de Rayleigh	3
2 - A LUZ DIURNA	
2.1 - Generalidades	8
2.2 - Variação da difusão com a altura do sol e as condições atmosféricas	9
2.3 - Variações da difusão com as estações do ano e a latitude	12
2.4 - Variação da difusão com condições climatéricas locais	14
3 - DIFUSÃO E PERSISTÊNCIA DAS CORES COM A DISTÂNCIA	
3.1 - Generalidades	16
3.2 - A persistência das cores com a distância	17
3.3 - O caso da luz diurna	21
4 - CONDICIONALISMOS DA VISÃO	
4.1 - Generalidades	26
4.2 - Poder separador e visão em profundidade	27
4.3 - A iluminação, a cor e a visão em profundidade ..	32
4.4 - Contraste por complementaridade e visão à dis- tância	37

	Pág.
4.5 - Cores não saturadas e visão à distância	38
4.6 - Mistura partitiva, poder separador e distância	39
5 - CONCLUSÃO	42
BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTAÇÃO	44

