

UNIVERSIDADE LUSÓFONA DE HUMANIDADES E
TECNOLOGIAS



Departamento de Arquitectura, Urbanismo e Geografia

“Iluminação do objecto museológico”

Carla Susana Mateus Dias Mora

Dissertação apresentada na ULHT para obtenção do grau de
mestre em Museologia

Orientador: Professor Doutor Mário Canóva Moutinho
Co. Orientador: Engenheiro Vítor Vajão

Lisboa 2004

(Defesa a 30 de Abril de 2004, última revisão)

Agradecimentos

Os meus sinceros agradecimentos:

Professor Doutor Mário Moutinho e Mestre Judite Primo, por me terem motivado e encaminhado a minha formação académica para a Museologia.

Engenheiro Vítor Vajão, Co-orientador da dissertação e responsável pelos projectos de iluminação do Claustro e da Igreja dos Jerónimos, pelo empenho e disponibilidade no desenrolar deste trabalho.

Professor Doutor Mário Souza Chagas, da UNIRIO, por me ter orientado enquanto estive a trabalhar no Rio de Janeiro.

Museólogas Tereza Fonseca e Ana Erves, por me terem acompanhado no Museu da República do Rio de Janeiro.

Luminotécnico Luís Carlos Oliveira, do Museu da República do Rio de Janeiro.

António Rasteiro, técnico responsável pela manutenção do espaço, do Museu do Chiado, pela disponibilidade em receber-me no museu.

Dr. Luís Raposo, director do Museu Nacional de Arqueologia, Museóloga Ana Isabel Santos, pela disponibilidade e interesse demonstrado pelo meu trabalho.

Por fim mas não menos importante, o meu obrigada a todos os amigos e familiares que ao longo destes anos tornaram possível esta caminhada embora com um cansaço extremo, mas sempre com um sorriso no rosto.

Dedico este trabalho aos meus avós, que embora não possam caminhar a meu lado, sei que estão todos os dias comigo.

Carla Mora

Resumo

“A iluminação do objecto museológico” é um documento de análise e interpretação de conceitos luminotécnicos e realidades museológicas, que tenciona apenas despertar a nossa sensibilidade quer como meros observadores, quer como profissionais envolvidos no processo museológico.

O trabalho encontra-se dividido em oito capítulos, sendo eles: “Introdução”; “Espaço museológico”; “Princípios para iluminação de museus”; “Luz artificial”; “Principais unidades fotométricas”; “Concepção luminotécnica”; “Estudos de caso” e “Matrizes de iluminação”. O segundo capítulo e os quatro capítulos seguintes têm por base uma componente teórica de extrema importância que vão despertar os sentidos auxiliando na percepção do espaço, na educação do olhar e principalmente na identificação de alguns problemas existentes. Nos últimos dois capítulos é feita uma análise a cinco estudos de caso, onde a aprendizagem teórica levou ao despertar da observação, transformando o trabalho de campo numa descoberta diária.

Os estudos de caso fundamentam o objectivo da dissertação, pelo que foram escolhidos quatro, tendo em conta a realidade museológica em Portugal, onde edifícios históricos ou espaços com história, são transformados em museus como é o caso do Museu do Chiado, do Museu Nacional de Arqueologia e do Mosteiro dos Jerónimos (do qual apenas foi estudado o Claustro e a Igreja de São Jerónimo). Como termo de comparação entre realidades museológicas, mas com uma grande proximidade cultural, foi desenvolvido um estudo de caso no Brasil, no Museu da República do Rio de Janeiro.

No oitavo capítulo foram feitas matrizes de iluminação, onde utilizando os mesmos parâmetros, são analisados aspectos fundamentais do projecto luminotécnico e do espaço, existentes em cada estudo de caso. Os parâmetros analisados foram: a iluminação como elemento efectivo do projecto; a iluminação como complemento; a existência de luz natural e controlo; iluminação artificial; iluminação arquitectónica; infra-estruturas, manutenção; adaptação a iluminâncias; qualidade luminosa na percepção do objecto; ultravioletas e infravermelhos; contrastes e sombras; temperaturas de cor; fidelidade cromática; controlo de reflexos e encadeamento. Na última matriz são feitas conclusões gerais ao nível da iluminação de uma forma global, que finalizam esta dissertação. Em nenhum dos estudos de caso analisados se encontraram situações perfeitas, mas em todos eles foram apontados aspectos positivos.

Em anexo estão disponíveis as plantas dos espaços cedidas pelos museus.

Abstract

"Lighting of museologic object" is one document of analysis and interpretation of lighting concepts and museologic realities, which only intend to conscious our sensitivity as ordinary observers, and improve our skills as professionals in the museologic process. The work has eight chapters: "Introduction", "Museologic space"; "Principles for lighting of museums"; "Artificial light"; "Main photometric units"; "Lighting technique conception"; "Case studies" and " Lighting matrixes". The second chapter and the following four chapter's main theoretical component have a base of extreme importance, which will conscious the human senses helping in the perception of the space, and they will also improve our perceptive glance of the main world helping us to identify and correct some existing problems in the area. The last two chapters will focus on five case studies, where the academic knowledge converted the field work in a daily and astonishing discovery.

The case studies are based in the dissertation objective, therefore there were chosen four case studies that focus the museologic reality in Portugal, where historical buildings or spaces with history, were converted in museums: Chiado Museum, Archiologic National Museum and of the Jerónimos Monastery (Claustro and the Saint Jerónimo Church). As term of comparison between museologics realities, with a great cultural proximity, we added a Brazilian case study: Rio de Janeiro Republic Museum.

The eighth chapter presents some illumination matrixes that use same parameters, and were the basic aspects of lighting design project and space, existing in each case study, are analyzed. The analyzed parameters were: the illumination as effective element of project; illumination as complement; the existence of natural light and control; artificial illumination; architectonic illumination; infrastructures, maintenance; adaptation to illuminance; luminous quality in the perception of object; extreme ultraviolet and infrared beam; contrasts and shades; color temperatures; chromatic fidelity; reflexes and chaining control. The last matrix main conclusion focuses the use illumination in a wide-ranging way, which finalizes this dissertation. None of the analyzed case studies were perfect situations, but all the case studies have positive features.

The museums space plants are available as attachments

Índice

1	Introdução	8
2	Espaço museológico	9
	2.1 Conceção e objectivos	9
	2.1.1 Ambiência confortável	11
	2.1.2 Adequada capacidade visual.....	12
	2.1.3 Conservação	14
	2.2 Elementos de suporte expositivo.....	15
	2.2.1 Vitrinas	15
	2.2.2 Caixas expositivas.....	21
	2.2.3 Espaço cénico / ambiente realístico	22
3	Princípios para a iluminação de museus.....	23
	3.1 Análise do processo de visão	24
	3.1.1 Luz	24
	3.1.2 Cor – conceitos básicos.....	27
	3.1.3 Objecto	28
	3.1.4 A visão	36
4	Luz artificial.....	44
	4.1 Características	44
	4.1.1 Distribuição da luz	44
	4.1.2 Fenómenos da luz	46
	4.1.3 Quantidade de luz	47
	4.1.4 Qualidade da luz	48
	4.1.5 Temperatura de cor	48
	4.1.6 Restituição de cor.....	50
	4.1.7 Modelação (luz/forma/objectos/imagens).....	51
	4.1.8 Criação de efeitos visuais.....	52
	4.2 Conclusão	53
5	Principais unidades Fotométricas.....	54
	5.1 Fluxo Luminoso	54
	5.2 Intensidade luminosa.....	55
	5.3 Luminância	56
	5.4 Níveis de iluminação (iluminância)	57
6	Concepção luminotécnica.....	59
	6.1.1 Características do momento expositivo	60

6.1.2	A temporização da exposição	60
6.2	Arquitectura do espaço	61
6.2.1	Edifícios singulares	61
6.2.2	Edifícios altos com clarabóias	62
6.2.3	Edifícios altos com janelas	62
6.2.4	Edifícios projectados para museus	63
6.2.5	Análise e controle da luz natural	63
6.2.6	Distribuição da luz	67
6.3	Luminotecnia	69
6.3.1	Ambiência geral (iluminação arquitectónica dos espaços)	69
6.3.2	Sistemas de luz dirigida	70
6.3.3	Luminárias	71
6.3.4	Níveis de iluminação recomendados em função dos objectos	72
6.3.5	Factores de dano – fotoquímicos e de temperatura	73
6.3.6	Iluminar com os mínimos níveis de iluminação	77
6.3.7	Poluição luminosa	78
6.3.8	Abordagem económica	78
6.3.9	Sistemas de comando automático	79
6.4	Iluminação externa de Edifícios/ Monumentos	81
7	Estudos de caso	84
7.1	Museu da República do Rio de Janeiro	84
7.1.1	Abordagem histórica	84
7.1.2	Criação do Museu da República	88
7.1.3	Exposições	89
7.1.4	Áreas de passagem	96
7.1.5	“Usina do Catete – República Iluminada”	97
7.1.6	Projecto de iluminação e análise	97
7.1.7	Manutenção	100
7.1.8	Conservação	100
7.2	Museu do Chiado – Museu Nacional de Arte Contemporânea	100
7.2.1	Abordagem histórica	100
7.2.2	Exposições	103
7.2.3	Projecto de iluminação e análise	104
7.2.4	Manutenção	107
7.2.5	Conservação	107
7.3	Claustro	109

7.3.1	Projecto de conservação do Claustro	109
7.3.2	Projecto de iluminação e análise.....	110
7.3.3	Manutenção	113
7.3.4	Conservação	113
7.4	Capela de São Jerónimo	113
7.4.1	Abordagem histórica.....	113
7.4.2	Projecto de iluminação e análise.....	114
7.4.3	Manutenção	118
7.4.4	Conservação	119
7.5	Museu Nacional de Arqueologia.....	119
7.5.1	Abordagem histórica.....	119
7.5.2	Exposições.....	120
7.5.3	Projecto de iluminação e análise.....	123
7.5.4	Manutenção	128
7.5.5	Conservação	128
8	Matrizes de iluminação/ Análise e Conclusões.....	129

1 Introdução

A Museologia mostrou-me em determinada altura, como poderia direccionar o meu caminho tendo em conta, um dos elementos fundamentais para a vida na terra, a luz.

Um homem, um museu, uma peça, um edifício, um mero objecto, uma árvore (...) basicamente tudo o que nos rodeia no mundo perceptivo pode ser observado, contemplado, compreendido e sentido, porque existe luz. Não se trata apenas de um mero complemento ou necessidade, mas de uma fonte de sobrevivência.

Seguindo alguns conceitos museológicos e dada a sua importância, deveríamos fazer dela uma peça de museu, onde todos pudessem contemplar a sua beleza e plenitude. Mas conseguiríamos nós expor luz? Talvez não, afinal ela penetra até na nossa pele sem pedir licença, mas conseguimos com toda a certeza expor, fazendo dela um emissor e não um ruído da nossa mensagem.

É com base neste conceito que será desenvolvido este trabalho, serão focados não só aspectos museológicos e museográficos, mas aspectos fisiológicos do ser humano e processos químicos da natureza, que influenciam o nosso comportamento perante o espaço e o objecto.

Tudo é passível de ser transformado em objecto museológico, a partir do momento em que com ele contemos uma história, uma vivência.

Ser-me-á impossível fazer referência a todos os aspectos fundamentais da iluminação, mesmo porque alguns caíram no esquecimento ou, porque simplesmente não fazem parte da nossa realidade.

2 Espaço museológico

2.1 Conceção e objectivos

A iluminação de qualquer bem cultural deveria inscreve-se no nosso juízo como um fazer museográfico. Mas para uma imensa maioria de especialistas, a questão da iluminação de bens culturais reduz-se à aplicação de umas quantas receitas relacionadas essencialmente com a conservação dos objectos expostos (controlo de níveis de iluminação, infravermelhos e radiação ultravioleta). Em raras excepções já se procura compreender a importância da iluminação como ferramenta museográfica. A luz não pode certamente conferir maiores qualidades plásticas a uma obra de arte, no entanto, não é menos certo que pode escondê-las ou alterá-las com uma iluminação deficiente.

A luz é o único suporte imprescindível para a comunicação entre a obra e o observador, possibilitando a percepção através da determinação dos aspectos qualitativos essenciais do processo. É por isso que a configuração do ambiente luminoso é uma prioridade na museografia, sintetizando o discurso acerca das qualidades da luz relacionadas directamente com as suas necessidades.

Sempre que os objectos se encontrem dentro de um espaço, a luz natural deve ser uma componente fundamental, criando a base da ambiência luminosa, embora deva ser eficazmente controlada. A modulação dos objectos é feita através da luz artificial que conseguimos adequar a cada caso.

Quando analisamos uma obra conjuntamente com o seu meio envolvente, a luz remete-nos a considerações que poderíamos classificar por três níveis: elementos objectivos; elementos subjectivos que vão afectar o observador mediante parâmetros individuais (memória visual, estado de ânimo, estado físico, personalidade, etc.) e elementos intermédios, que podendo ser quantificáveis respondem a cânones que se movem entre ambas as categorias.

Dentro dos elementos objectivos, em primeiro lugar há que considerar a questão da conservação dos bens culturais. Hoje dispomos de conhecimentos suficientes para podermos prevenir, de forma a evitar na medida do possível, os efeitos deteriorantes de luz sobre o objecto. Para auxiliar os profissionais, foram criadas normas internacionais. A importância da conservação existe não só frente às obras, mas também perante a nossa responsabilidade de respeitar o direito das futuras gerações.

É possível quantificar a luz de forma precisa, actualmente dispomos de aparelhos para efectuar as medidas necessárias, conhecemos os prejuízos de radiação emitidos pelas luminárias e podemos controlar os tempos de exposição a que se submetem as obras. Este factor coloca-nos perante algumas contradições existentes entre quantidades de luz

recomendadas para a conservação e as exigências médias do observador para a contemplação das obras.

Por outro lado, encontramos a percepção visual que agrupa simultaneamente elementos quantificáveis, e elementos que dependem essencialmente de padrões e cânones estéticos.

A reprodução de cor é quantificável porque são conhecidos os parâmetros de cada fonte de luz artificial, bem como a iluminância mínima que é necessária para o correcto reconhecimento de cada objecto. Assim mesmo, existem regras para modelar e realçar correctamente a textura e a volumetria de uma peça.

Para garantir a comodidade visual, podemos avaliar o contraste de luminâncias entre o objecto e o fundo, o equilíbrio de iluminâncias entre os sistemas de iluminação distintos ou a relação correcta entre estas iluminâncias e as temperaturas de cor das fontes utilizadas, ou por último, o controlo eficaz do deslumbramento.

A avaliação da percepção do espaço circundante e suas formas, trata-se de outro factor, dependente essencialmente da luz. Quando falamos de fontes de luz, não só nos referimos às que directamente a produzem, mas também a fontes secundárias que a reflectem e a transmitem, como é o caso dos revestimentos.

Por último, não são depreciativos os efeitos extra visuais que as luzes são capazes de provocar nos indivíduos.

O desenvolvimento das tecnologias faz com que seja impossível concentrar num museólogo ou museógrafo, todo o conhecimento necessário para dar resposta a todas as necessidades do museu actual; pelo que se deve trabalhar com uma equipa multidisciplinar, na actividade museográfica, o que no nosso ambiente raramente é posto em prática, sendo esta figura não mais do que um recurso literário.

Quando a responsabilidade no cuidado e gestão dos testemunhos da cultura, recai sobre uma pessoa é da sua obrigação, a arquitectura que os vai receber, a sua preservação e transmissão de conhecimento. Este factor coloca nessa pessoa o papel de dirigir directa e materialmente os objectos como um maestro numa orquestra, opera-se numa transformação subtil e psicológica, que em muitas ocasiões conduz a actuações que invertem a essência e a função do museu. Por um lado estabelece-se uma relação de propriedade num sentido figurado e por outro, surge a necessidade de colocar ao lado do objecto de grande valor histórico ou artístico uma encenação estática que perdure com o objecto e inclusive compita com ele. Esta transformação subjectiva é sem dúvida o principal obstáculo para o trabalho em equipa.

2.1.1 Ambiência confortável

A luz é um meio básico de existência, tem um efeito dramático e psicológico da forma como nós percebemos um espaço e da forma como isto afecta os nossos sentimentos quando o utilizamos. Por exemplo, espaços bem iluminados através de luz solar, têm brilho, são acolhedores, quentes, alegres, fazem-nos sentir bem, enquanto que outros que recebem luz indirecta podem ser monótonos, sem vida, frios, deixando-nos deprimidos. As pessoas também se sentem atentas, energéticas e positivas num dia cheio de luz, recebendo os raios de sol e com a existência de contrastes que essa luz provoca. O oposto acontece num dia escuro e monótono, quando não existem contrastes e o ambiente é aborrecido, estagnante, não despertando a imaginação.

A diferença entre estes dois dias pode ser marcada pela variação na qualidade da luz, a iluminação apropriada pode providenciar contrastes que podem igualar os atributos de um dia de sol.

Antecedendo qualquer tomada de decisão, para seu controle e modelação, deve avaliar-se o factor de iluminação natural no interior e em todos os planos expositivos possíveis. O resultado deste estudo dará uma ideia da medida em que é preciso reduzir este índice, e outros condicionantes arquitectónicos, museográficos e económicos que, permitiram a adopção da solução mais adequada. Normalmente utiliza-se o processo inverso: intervêm-se sobre a luz natural desconhecendo o seu alcance. Posteriormente, descobre-se que devido a tais intervenções, resulta a impossibilidade de compatibilizar a luz natural, com os requisitos museográficos. Então, renuncia-se ao seu emprego.

A luz natural é desejável por múltiplas razões: permite a uma pessoa orientar-se no tempo horário e climatologia; proporciona uma boa reprodução cromática, sendo um radiador completo; dispomos de uma grande quantidade dela e gratuita; é desejável por conforto porque dá uma boa modelação, e por fim, pelo efeito psicológico positivo sobre uma pessoa.

A luz também significa qualidade de vida, sendo ela a nossa primeira experiência à nascença.

Experiências de psicologia e psiquiatria na universidade de Yale, demonstraram que parte da luz solar intensa que penetra nos nossos olhos atravessa completamente o córtex e actua directamente sobre o hipotálamo, a espinal medula e a glândula pineal, onde elimina a produção de uma hormona chamada melatonina, que afecta os humores, a fertilidade e muitas outras funções orgânicas.

A insuficiência de luz leva a uma produção insuficiente de substâncias neuroradiadoras para o correcto funcionamento do cérebro, o que motiva a aparição de transtornos anímicos que vão desde a mera sensação de fadiga até ao estado depressivo. Nas grandes populações, a relação entre a luz e o estado mental das pessoas foi convertido no estudo com o nome de

Desordens Afectivas Estacionais (SAD). Os sintomas de SAD são múltiplos: atraso psicomotor, intelectual, falta de concentração, tendência ao isolamento, tristeza, irritabilidade, ansiedade, etc.

2.1.2 Adequada capacidade visual

A capacidade visual está assente nas condições que nos permitem ver todos os detalhes das obras de arte, de forma a haver uma interpretação aproximada; é preciso que essas condições se mantenham ao longo de todo o ano, independentemente das condições climáticas. A boa acuidade visual depende do controlo das formas de deslumbramento, encadeamento e reflexos nocivos.

2.1.2.1 Iluminação suficiente

A iluminação suficiente é a forma pela qual o homem reconhece o ambiente que o rodeia, uma vez que só quando iluminados os objectos têm a luminância necessária, a não ser que sejam eles próprios fontes luminosas. A tarefa da iluminação é a de produzir a luminância adequada aos objectos.

As cores dos objectos têm a propriedade de reflectir luz com maior ou menor intensidade produzindo as diferenças de brilho necessárias e essenciais a uma boa percepção dos detalhes.

Para cada tipo de trabalho existe um intervalo de iluminação adequado, ou seja aquele em que se minimiza a fadiga e maximiza a eficiência, tanto em termos de quantidade como de qualidade. Este valor óptimo pode ser atingido com diferentes níveis de iluminação dependendo da reflexão do objecto, do seu tamanho, do ambiente que o rodeia e até da idade do observador. O olho humano atinge a resolução máxima quando todo o campo tem aproximadamente o mesmo brilho.

Embora o olho humano seja sensível a diferenças de brilho ou cor, é incapaz de avaliar subjectivamente o nível de iluminação. Para esse fim utilizam-se instrumentos de medida que recorrem a células fotoeléctricas; a luz incide sobre a foto célula que deixa passar uma corrente proporcional ao nível de iluminação existente, o que é reflectido numa escala de lux.

Uniformidade no tempo e no espaço

Flutuações na quantidade de iluminação, qualquer que seja sua causa, podem ter uma má influência no bem-estar e eficiência.

Flutuações na tensão de alimentação ou diferenças de brilho podem ter os mesmos efeitos perversos.

O olho humano adapta-se ao brilho existente no campo de visão. Se houver acentuada falta de uniformidade é compelido a fazê-lo mais vezes, o que causa fadiga e redução da

eficiência. É portanto desejável um sistema de iluminação com variações de luminância controladas, considerando-se que foi atingida uma uniformidade óptima se a relação entre os brilhos, dentro do campo visual não ultrapassar 3:1.

Sombras

¹A direcção de incidência da luz e as sombras por ela formadas são tão importantes como uma luminância elevada e uniforme. Aumentando a luminância dos objectos aumenta-se também a percepção do seu contraste, e fazer desaparecer as sombras por uma má escolha do ângulo de incidência seria um acto inconsciente. No entanto a existência de sombras deve ser controlada para que não sejam excessivamente duras ou com sobreposição que tornariam confusa a percepção de detalhes. O posicionamento das lâmpadas, na iluminação interior, deve ele próprio evitar sombras desnecessárias.

Encadeamento

O encadeamento é incompatível com o aproveitamento adequado da luz existente muitas vezes pela má implantação de infra estruturas que suportam a exposição ou o objecto.

Distingue-se o encadeamento directo do indirecto.

O encadeamento indirecto é sentido quando dentro de um campo de visão existem grandes assimetrias de luminância e, surge normalmente se as áreas de brilho elevado se encontram nos limites do campo de visão. Qualquer movimento por mais natural ou ligeiro que seja provoca distúrbio.

O encadeamento directo causa uma irradiação tal que esconde todos os objectos. Quando uma fonte apresenta uma luminância relativamente elevada e está no campo de visão, o olho prefere adaptar-se a este nível em vez de se adaptar ao local de trabalho.

O processo constante de adaptação entre encadeamento e condições normais de visão, leva à fadiga e à redução de eficiência. Um bom posicionamento das fontes de luz reduz o encadeamento directo mínimo.

Cromatismo

Outros dos atributos de uma instalação luminotécnica bem concebida são as tonalidades e a fidelidade cromática, que deve estar em harmonia com a finalidade da instalação.

Falar em qualidade da cor é o mesmo que dizer que a curva específica da luz emitida no espectro visível proporciona a correcta definição, ou identificação dos objectos. Consideramos como verdadeira a cor que nos é dada pela iluminação natural devido à sua

¹ Lighting Handbook: Reference and Application. Capítulo – Museums and Art Galleries pág. 581-583

familiaridade e que só pode ser reproduzida pela iluminação artificial se as fontes de luz utilizadas emitirem uma luz com espectro equivalente à natural.

2.1.3 Conservação

²A preocupação pelos efeitos deterioração da luz sobre uma grande parte de bens que integram o património tem a sua origem por um lado na incorporação ao uso público das fontes de iluminação artificiais e por outro, na abertura do museu à sociedade.

O desenvolvimento tecnológico colocou nas mãos dos museógrafos as ferramentas necessárias para garantir a correcta conservação preventiva dos bens culturais, de forma eficaz e num sistema físico determinado. Por sua vez este mesmo desenvolvimento técnico e social proporcionaram o crescimento desmesurado de exposições temporárias em cujos processos é mais difícil de garantir o controle de conservação das obras.

A preocupação pelos efeitos de deterioração devido à luz não deve levar-nos a posições de intransigência. Obviamente a atitude não pode ser a mesma frente a testemunhos únicos da história da humanidade e a manifestações de arte actual por duas razões: a primeira porque os recursos são limitados, o que obriga a uma hierarquização de investimentos no campo da conservação; a segunda que as obras de arte nascem, vivem e desaparecem. Se colocarem todos os meios técnicos que temos hoje ao nosso alcance para a conservação, e nos dedicarmos escrupulosamente pela integridade de toda a manifestação artística, num breve período histórico a arte teria perdido parte da sua essência.

Muitos materiais, entre eles o papel, as tintas, as pinturas, deterioram-se facilmente com a luz ou com radiações nas zonas de onda curta (ultravioleta) ou onda larga (infravermelhos) do espectro. O dano fotoquímico ocasionado pela luz do UV, ou térmico pelos IV, é irreversível e cumulativo, manifestado em forma de descoloração, desvanecimento e finalmente, desintegração.

O grau de deterioração ocasionado pela iluminação, para um dado material, depende de três factores: a quantidade de luz que incide sobre o material (iluminância), a duração do tempo de exposição à luz (T), e o factor de deterioração (FD), dependente da composição espectral da luz.

$$\text{Deterioração} = E \times T \times \text{FD}$$

É possível atenuar os danos originados nos materiais mais sensíveis à luz:

- Reduzindo o mais possível a componente de onda curta da luz – especialmente os UV.

² Museums information Sheet, IS N06 (4th revised edn 1985) pág. 1-5

- Limitando os níveis de iluminação ao mínimo absoluto necessário para a contemplação das obras.
- Limitando o tempo de exposição à luz.

Poderia pensar-se que para garantir que a luz não acelere os processos de deterioração, é suficiente munir-nos de instrumentos de medida e assegurar que sobre os objectos expostos não existe mais radiação do que é devida. A realidade é bem diferente, na medida em que esta quantificação afecta a luz como suporte da percepção. É de todo impossível quando trabalhamos com a luz, dissociar os elementos quantitativos dos qualitativos. Só quando consideramos o critério de conservação das obras como marco do projecto de iluminação, podemos assegurar a compatibilidade entre a organização adequada da luz no espaço garantindo os níveis precisos para uma melhor conservação dos bens culturais exibidos.

2.2 Elementos de suporte expositivo

2.2.1 Vitrinas

As vitrinas são eleitas como elementos de aplicação de iluminação por várias razões. Em primeiro lugar porque de algum modo representam um microcosmos museológico, como se fossem uma maquete do espaço e também porque é possível respeitar uma série de recomendações precisas evitando parte dos erros mais frequentes.

No século XV-XVI, aparecem as primeiras colecções museológicas, as vitrinas conhecidas como *almarium* o *repositorium* serviam para albergar objectos que, pela sua configuração física, tamanho ou fragilidade deveriam ser protegidos. Assim, nos gabinetes de curiosidades cumpriam uma dupla funcionalidade, de armazenamento e exposição. Neickel no seu tratado de *Museographia* em 1727 detalhou como as vitrinas deveriam ser construídas, modo este que perdurou até ao século XIX, continuando a desenhar segundo os mesmo cânones.

Com a aparição do museu moderno colocou-se fim a este conceito ao separar fisicamente as colecções de reserva das expostas. Todavia encontramos hoje em dia numerosos museus armados com vitrinas tradicionais, que com o passar do tempo sofreram apenas algumas transformações.

Nos últimos 50 anos as transformações mais importantes resumem-se a:

- A madeira foi substituída por materiais menos nobres como estrutura para mobiliário, mais funcionais como o metal, o vidro e os materiais sintéticos.
- Incluíram-se sistemas de iluminação e de controlo médio ambiental no seu interior.

- Um objecto exhibe-se numa vitrina por qualquer das seguintes razões: tamanho, valor, riscos específicos, fragilidade.
- Por exigências derivadas da conservação física do objecto e sua segurança.

Sobre o ponto de vista da conservação as vantagens são evidentes, evita-se o pó, agentes atmosféricos, o contacto físico, etc. A vitrina é na maioria dos casos um sistema termodinâmico aberto com intercâmbios de massa e energia com o exterior, podem no entanto, fabricar-se vitrinas estanques onde existe um intercâmbio de energia mas não de massa. No primeiro dos casos permitem a redução da variação dos parâmetros médios ambientais existentes no exterior, o que joga a favor das peças e por conseguinte na sua conservação física. Quando as vitrinas dispõem de sistemas de iluminação e estes estão mal concebidos, esta vantagem pode ser desastrosa. É o caso das vitrinas iluminadas com fontes incandescentes tradicionais, capazes de elevar a temperatura ao ponto de provocar quedas drásticas de humidade relativa.

Consideradas como sistema expositivo representam uma ruptura física entre o objecto e o observador oferecendo o perigo de dificultarem cânones elementares de percepção, principalmente se na parede divisória (normalmente vidro) oferecem imagens reflectidas de luminâncias de outras superfícies adjacentes que se sobreponham ao plano de visão do observador.

2.2.1.1 Tipologia de vitrinas

Vitrina de mesa

Este tipo de contentores destina-se essencialmente à exibição de documentos e material bibliográfico ou têxtil, assim como objectos arqueológicos, pequenos jóias e material orgânico. Nestas vitrinas um dos problemas fundamentais é a ocultação visual do sistema de iluminação e a distribuição da luz de forma uniforme em toda a superfície expositiva.

Módulos

Todo o espaço que rodeia a peça é apenas uma caixa de vidro. A iluminação terá de vir de fora. O único modo de evitar sombras das junções do vidro sobre o objecto, deslumbramentos será quando a luz procede de verticais próximas e o feixe não ultrapassa a superfície de base de apoio da peça. Em princípio, dependendo das dimensões do módulo e da peça exposta, dever-se-á iluminar a partir de dois posicionamentos, para criar e acentuar formas.

Vitrina normalizada

A vitrina terá sido desenhada previamente em condições mais ou menos standard respondendo aos seguintes requisitos: a iluminação está incorporada, separada do espaço expositivo, é regulável, não provoca deslumbramentos, a luz é dirigida ao objecto exposto podendo haver uma luz de fundo se a vitrina não for observável em toda a periferia e a sua largura for superior a 50 cm.

Caixa climatizada

Trata-se de um volume estanque fabricado em material sintético, pensado para um melhor controlo das condições ambientais resultando numa maior segurança da obra. A iluminação nunca pode ser dirigida directamente, deve criar-se um ambiente luminoso uniforme à sua volta procurando evitar reflexos sobre a superfície. As zonas reflectidas devem apresentar uma luminância mínima. Normalmente estas caixas utilizam-se em obras pictóricas de grande valor. Por vezes a luz no interior da caixa só é activada periodicamente ou quando o sistema é accionado por um detector de movimento.

Objectos tridimensionais específicos

Quando se justifica a construção de uma vitrina de qualidade para um só objecto, deve investir-se na iluminação. Nestes casos é adequado considerar-se desde o princípio – sobretudo se a exposição for permanente – a utilização do mais inócuo e versátil sistema de iluminação.

2.2.1.2 Sistemas de iluminação de vitrinas

Fontes de Luz

As fontes de luz utilizadas em vitrinas devem responder aos seguintes requisitos:

- **Baixa emissão de radiação UV.** Grande parte da literatura museográfica desconhece os desenvolvimentos tecnológicos existentes na iluminação. Notemos por exemplo que dispomos de lâmpadas fluorescentes, cuja emissão nesta gama se situa abaixo da emitida por lâmpadas halogéneas com reflector incorporado se não tiverem ampola com protecção UV. Em linhas gerais e salvo excepções, quando se requer a eliminação total de UV, o controle dos raios depende mais da correcta eleição da fonte de luz do que de outro factor. Por último assinalamos que o único sistema baseado na incandescência que não tem simultaneamente radiação UV nem IV é a fibra óptica. Isto não quer dizer que o seu uso seja sempre aconselhável, dada a baixa eficiência luminosa desse sistema que o torna mais aconselhável para pequenas vitrinas.

- **Baixa emissão de IV.** Para que o sistema de iluminação não influencie na alteração das condições ambientais é fundamental garantir uma baixa dissipação térmica. Também aqui é muito corrente o equívoco semântico entre “luz fria” como temperatura de cor (aparência de luz quente, fria ou neutra) com o conceito do ponto de vista térmico (a fonte de luz dissipa mais ou menos calor). Assim quando alguns recomendam a inclusão de lâmpadas halogéneas com reflector dicróico (que absorve todas as radiações acima de 780 nm), em cujo feixe de luz encontramos baixa proporção de infravermelhos, esquecem que se a lâmpada está incluída no interior da vitrina, a alteração dos parâmetros ambientais acontecerá do mesmo modo, salvo no caso em que a fonte de luz se coloque num vão sobre o tecto da vitrina, convenientemente ventilado, ou seja regulável. Em geral nas vitrinas comuns, recomenda-se o emprego de luz fluorescente e de alta-fidelidade cromática (difusa) associada à luz de lâmpadas dicróicas (luz dirigida).
- **O controlo da luminância.** A regulação do fluxo luminoso é a forma mais precisa de garantir que sobre os objectos incide a quantidade de luz desejada, sem perder por isso a uniformidade (se for desejável) e a sua distribuição. Com a fluorescência é possível regular o fluxo, sempre que se empreguem balastros electrónicos que permitam esta possibilidade. O seu custo é obviamente superior mas apresentam vantagens adicionais muito úteis nestas aplicações, como a eliminação de efeitos estroboscópicos, cintilação de luz e ruídos. Devido ao seu funcionamento a altas-frequências (28 KHz) a utilização de balastros electrónicos prolonga também a vida útil das lâmpadas em cerca de 50%. A regulação de qualquer fonte incandescente é algo muito simples.
- **O controle do tempo de exposição.** No caso de salas com pouca afluência de público com a instalação de sensores de presença é possível controlar o funcionamento dos sistemas de iluminação.
- **Parâmetros luminotécnicos.** Fundamentalmente é preciso controlar a temperatura de cor e o índice de reprodução cromático. A incandescência apresenta temperaturas de cor que oscilam entre os 2.700 K aos 3.200 K, adequadas a níveis de iluminação baixos. De acordo com o diagrama de tKruithoff para níveis de iluminação entre 50 e 200 lux a temperatura de cor pode variar entre 2.600 e 3.800 K. Por isso quando empregamos a fluorescência, em cuja gama dispomos de fontes onde as temperaturas de cor oscilam entre os 2.700 K e mais de 6.500 K, deve no entanto ter-se cuidado com o tipo de tubo que se elege. Por outro lado se a iluminação for regulada devemos ter em conta a diminuição da temperatura de cor, factor esse que pode ser uma vantagem se estivermos a iluminar peças em que predominem os tons quentes (normalmente quando se recorre a lâmpadas a lâmpadas dicróicas).

Em consequência recomendam-se as seguintes fontes:

- **Fluorescência.** Em qualquer caso. O tipo de fonte deverá ser tipo TL'D 927/930/940, isto é, com um rendimento de cor superior a 90% e temperatura de 2700/ 3000/ 4000 K respectivamente. Deve recorrer-se preferencialmente a aparelhos com um balastro electrónico regulável, ficando o respectivo regulador num local oculto da vitrina mas acessível pelo exterior.
- **Halógena.** Com reflector dicróico é a mais adequada por existir uma grande variedade de potências e de aberturas do feixe luminoso. A luz de uma fonte incandescente conduzida através de fibra óptica é uma ótima opção, embora de aplicação menos generalizada devido às suas limitações de emissão de feixe, à necessidade de vários cabos condutores de luz e ao seu custo elevado.

Luminárias

Em geral convém que a luz provenha de cima e que a vitrina disponha de um tejadilho onde se alojam (sempre ocultos) os sistemas de iluminação. A superfície difusora de luz pode ser uma grelha acrílica ou metálica de baixa luminância. O vão do tejadilho deve ser pintado a branco mate para melhorar as difusões de luz e deve ter orifícios para ventilação. Hoje em dia as opções por difusores de vidro ou opalinos estão a ser abandonadas, porque as luminárias daquelas superfícies difusoras criam fortes contrastes que afectam a boa visibilidade das peças expostas nas vitrinas. O ideal será criar uma luz de fundo à base de luz fluorescente com total ocultação de lâmpada e na parte frontal, instalar pequenos aparelhos orientáveis embutidos ou funcionando em calhas electrificadas de tensão reduzida (12V), nas quais se aplicam pequenos projectores nos posicionamentos mais favoráveis.

A distribuição das fontes de luz deve assegurar uma correcta incidência nas superfícies em exibição.

Por vezes, por questões de segurança tem de haver separação total dos sistemas de iluminação da vitrina propriamente dita, normalmente por questões de manutenção das lâmpadas.

Quando a luz, por razões de guião não pode provir de cima, como é o caso das vitrinas de mesa, convirá integrar os sistemas de iluminação na periferia de forma oculta, criando uma luz rasante, regulável. Neste caso em livros e documentos destacam-se excessivamente os planos das peças expostas. Devemos ter um cuidado especial na escolha dos acabamentos das superfícies interiores da vitrina porque cumprem funções importantes, por um lado são o fundo sobre o qual a peça contrasta, pelo que a escolha da cor deve ser feita cautelosamente; por outro, à margem do material empregado, este deve ser mate e com baixo nível de reflexão,

para eliminar possíveis reflexos, criar maiores contrastes e atenuar as sombras. Para a eleição da cor do fundo, devemos ter em conta uma série de condicionantes (natureza do material da peça, se a exposição é temporária ou permanente, composição cromática, tamanho, etc.) mas em qualquer caso há que assegurar duas coisas: se a superfície de fundo é colorida, nenhum dos seus atributos (tons, saturação e brilho) deve ter qualquer influência sobre a percepção da cor do objecto; bem como devemos assegurar que o contraste de luminância entre o objecto e o fundo favoreça a visualização das peças. Por outro lado se a reflexão do fundo for elevada, é possível que os sistemas de iluminação interiores apareçam reflectidos nas superfícies, o que não é desejável.

Fibra óptica

Convém dedicar um parágrafo especial a este sistema de iluminação pela crescente difusão no campo da museografia. A sua aplicação, apresenta as seguintes vantagens:

- Eliminação dos raios IV e UV.
- Possibilidade de dispor no interior da vitrina, de vários pontos de luz procedentes da mesma fonte.
- Opção por difusor de feixe luminoso, recorrendo a lentes a aplicar nos terminais.
- Versatilidade na sua disposição espacial.
- Possibilidade de realizar modelações em esculturas de pequeno tamanho e efeitos especiais.

De entre os inconvenientes destacam:

- A elevada luminância dos terminais, razão pela qual convém que estejam ocultos.
- Pela mesma razão a possibilidade de criação de reflexos muito pontuais sobre as peças metálicas.
- Custo elevado.
- Limitada emissão de fluxo luminoso. Num tubo de fibra óptica com cerca de 2 m, se tivermos colocado como emissor uma lâmpada de tensão reduzida de 75W com um reflector incorporado, a sua eficácia luminosa será no máximo de 20%.
- Necessidade do nível de iluminação exterior ser reduzido para aumentar o contraste.

Assim, a fibra óptica não serve para realizar iluminações em grandes espaços, nem para ser luz de parede. Deve ser empregue sempre que a iluminação se destine a espaços de pequeno tamanho e sobre materiais de extrema sensibilidade, em exposições permanentes, e sempre que se utilize adequadamente, para a criação de determinados efeitos especiais. Em

qualquer caso devemos evitar incidências irreais ou excessivamente dramáticas sobre as peças.

2.2.2 Caixas expositivas

No nosso país não é vulgar existir uma separação na linguagem museográfica entre vitrinas e caixas de exposição, mas noutros países esta separação de termos existe. As caixas expositivas contêm normalmente peças pequenas, delicadas e valiosas. A caixa permite ao visitante aproximar-se dos objectos de perto enquanto mantém uma barreira contra o toque. As tampas das caixas de exposição podem ter milhões de formas e ser dimensionadas segundo o objecto que protegem, podendo ir de 5 cm a prender uma jóia até a um cubo de 3 m que contem uma roupa rara. São executados com painéis de acrílico ou vidro nas faces.

Caixas de exposições podem ter iluminação interna ou externa. Os tipos de lâmpadas utilizadas podem variar, entre as de tensão reduzida incandescente, as fluorescentes e de tipos especiais como as de xénon. Nas caixas de exposição deparamo-nos com problemas de transferência de calor, reflexos em vidros dianteiros e sombras vindas do visitante ou de um objecto exposto para outro. Em interiores escuros os problemas de reflexões são preocupantes. Pode ser necessário colocar estas caixas frente a uma parede escura, para minimizar a reflexão da imagem do visitante. Existem outras soluções que podem ser estudadas mediante as características do espaço e da peça a proteger.

Provavelmente algumas reflexões vão ocorrer na maioria dos exemplos, mas se o material do objecto exposto for mais brilhante do que as reflexões, estas serão toleradas. A total eliminação de todos os reflexos podem levar o observador a tocar no vidro para ter a certeza que o objecto está realmente protegido. Quando se utiliza vidro laminado, cada superfície terá um reflexo diferente e dependendo da fonte de iluminação este aparecerá com um tom esverdeado.

Quando as caixas são iluminadas por uma fonte de luz externa, os pontos de luz devem estar acima da parte dianteira e direccionadas para baixo. Outras posições de luminárias vão produzir sombras dentro da caixa das arestas e dos cantos, mesmo que não existam estruturas de suporte opacas. Materiais difusos colocados transversalmente no topo da caixa reduzem sombras distintas e produzem o efeito de uma caixa auto-iluminada. A difusão do material também reduz o reflexo no topo da caixa.

Fontes de luz externas podem em raros casos continuar a produzir calor para dentro da caixa. O uso de lâmpadas com reflectores dicróicos ou filtros de calor reduzirão este problema. É importante ter em conta, no entanto, que a radiação mesmo na região visível no comprimento de onda é convertida em calor quando bate em superfícies escuras. Caixas

iluminadas por fontes exteriores utilizam normalmente lâmpadas com reflector de várias aberturas de feixe.

As caixas de exposição devem ter ventilação que permita a convecção do ar para dissipar calor. Em situações extremas, as câmaras podem requerer ar condicionado ou ventiladores eléctricos para melhorar a circulação do ar. Todas as aberturas das câmaras devem ser concebidas para prevenir que se formem depósitos de lixo nas luminárias ou nos vidros.

As caixas de exposição devem ser equipados com aparelhos cujas lâmpadas não emitam UV.

Para uma caixa que tenha uma frente que abra, a uniformidade da luz não deve ser avaliada quando a parte da frente está aberta. Fechando o vidro da frente a luz vai ser refractada para a parte baixa da caixa. Se a parte inferior do expositor parecer escura, os revestimentos do expositor podem ser demasiado escuros, o expositor pode ser demasiado alto, ou pode ter pouca profundidade para ter apenas uma iluminação de topo. Para colmatar estas falhas pode colocar-se iluminação lateral, repintar o interior da caixa, adicionar projectores internos ou externos.

2.2.3 Espaço cénico / ambiente realístico

Os museus muitas vezes recriam ambientes realísticos, onde o próprio espaço se transforma numa mensagem recriada em cenas de rua ou casas históricas. Iluminadas com o carácter da proposta original do espaço de forma a parecer desejável, dentro da razão.

O designer pode empregar técnicas para atingir uma iluminação realista: escondendo as posições da luz necessitando, para isso de analisar as posições de observação previamente. Reproduzir uma luz realista requer uma extensa pesquisa e observação feita pelo designer, devendo ser complementada com cor e estilo.

3 Princípios para a iluminação de museus

Museus colecionam, preservam, analisam e expõem o passado, o presente e o futuro da raça humana, as suas realizações, o mundo envolvente. Estas instituições necessitam de designers de iluminação que complementem as suas colecções, prolonguem a preservação, realçando os artefactos.

A iluminação de um museu deve ajustar-se a critérios fundamentais e frequentemente contraditórios. Por um lado, deve ser capaz de produzir todos os efeitos luminosos adequados ao carácter do interior e das obras expostas. Ao mesmo tempo deve estar submetida a um controle meticuloso que minimize a deterioração dos materiais sensíveis à luz.

Um museu é mais do que um simples refugio para a colecção que alberga. O próprio edifício pode ser de interesse público ou arquitectónico, ou uma obra de arte em si mesmo. Isto repercutirá inevitavelmente no efeito de iluminação requerido, pelo que o interior deverá, antes de mais, actuar como fundo discreto sobre o qual se exibem obras e não como um foco natural de atenção.

Na realidade, a iluminação de museus é um caso em que, por geral, as restrições no uso da luz adquirem prioridade sobre os requisitos de iluminação. Por esta razão, é lógico analisar os seguintes aspectos:

- Conservação
- Rendimento de cor
- Temperatura de cor
- Uniformidade e modulação
- Manutenção

O designer deve determinar o efeito visível pretendido, e aplicar os princípios de expor iluminação, enquanto compreende as susceptibilidades das peças expostas à luz causando o mínimo de dano possível. As peças são classificadas de acordo com a sua susceptibilidade à degradação e são iluminados de acordo. Todas as peças susceptíveis vão experimentar alguma degradação quando expostos à luz, mesmo em pequenas quantidades. A decisão de expor um artefacto reconhece que alguma degradação pode ser tolerada. A exposição de um artefacto deve ter iluminação suficiente não só para ser visível mas também apreciado. De outra forma a exposição do artefacto não justifica o dano causado.

Acredita-se que elevados contrastes de luz e escuridão produzem tensão e drama; ao invés de uma iluminação com cores suaves que produza relaxamento. No entanto situações levadas ao extremo podem produzir fadiga ou aborrecimento, enquanto a variedade pode incrementar o interesse.

Os espaços adjacentes com artefactos diferentes e vários artefactos dentro do mesmo espaço podem requerer diferentes quantidades de luz, este problema pode ser solucionado criando-se uma zona de transição de luz que providencia uma alteração gradual entre dois níveis. Este é o método preferido para lidar com exigências especiais. Boas práticas indicam que relações de luminâncias nas superfícies dentro dum espaço não devem exceder 10:1.

Por acréscimo, o designer deve avaliar a eficiência e manutenção do sistema específico.

3.1 Análise do processo de visão

3.1.1 Luz

³⁴A luz é uma radiação electromagnética que o olho humano percebe como claridade. Por outras palavras, é a parte do espectro que podemos ver. Trata-se de uma radiação entre 380 e 780 nm, que representa uma parte mínima do espectro conhecida por radiação electromagnética.

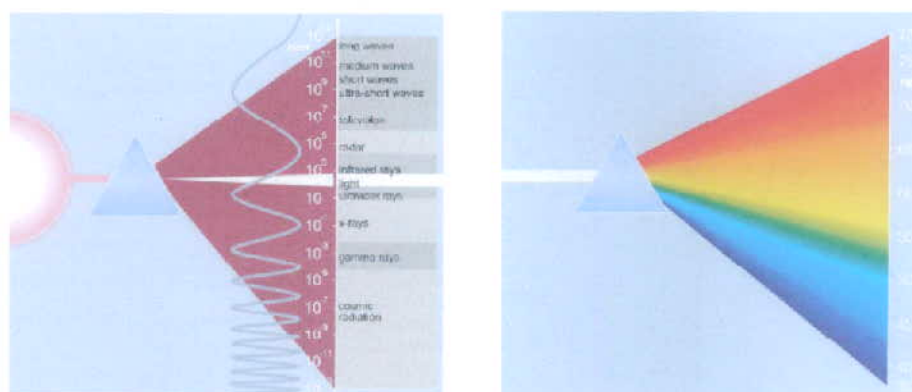


Figura 1: Espectro da luz visível.

Para a compreendermos e podermos meditar sobre ela, o melhor começo é o escuro, a ausência de luz.

O ciclo natural da luz solar é um ponto de início para análise das características da luz. O Sol é a nossa fonte básica de luz, e a maior parte das coisas que vemos na Natureza são por ele iluminadas. Estamos acostumados a ver objectos iluminados de cima a maior parte do tempo. Dentro de casa reproduzimos esse hábito de iluminar de cima, essa luz torna-se natural

³ Lighting Handboock: Reference and Application. Capítulo Daylithing. Pág. 359

⁴ Lighting with Artificial Light. Pág. 4-5

e passa por nós despercebida. Qualquer luz que venha de um plano inferior insinua-se artificial, falso, feito pelo homem, associa-se à noite, ao escuro e aos seus significados.

A luz é uma parte de um complexo fenómeno físico, relacionado com sinais de rádio, radiações de infravermelhos e ultravioletas, raios e radiação nuclear cósmica sendo composta por uma propagação de ondas em campos omnipresentes de forças eléctricas e magnéticas. As características das diversas formas de radiação electromagnética são explicadas pelos diferentes comprimentos de onda.

Todas as formas de radiação consistem de porções indivisíveis e muito pequenas de energia chamadas “quanta”. A radiação electromagnética é gerada e absorvida.

A luz branca resulta da mistura de todos os comprimentos de onda do espectro visível e, pode ser emitida pelo sol ou por uma lâmpada incandescente. Nem todos os comprimentos de onda produzem a mesma impressão de luminosidade sobre o olho humano.

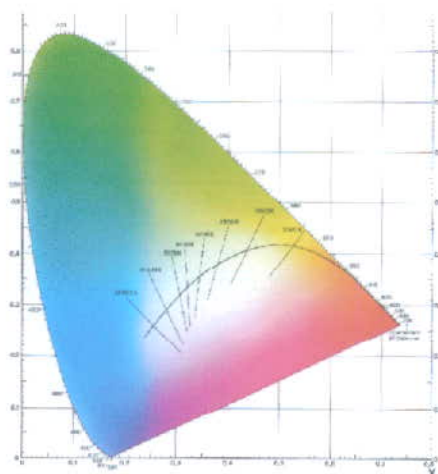


Figura 2: Comprimentos de onda, luz visível.

Pode ser directa, indirecta ou difusa. Possui igualmente uma qualidade cromática que é influenciada pela localização geográfica, a estação do ano, a hora do dia e pelas condições atmosféricas.

A luz solar projecta sombras fortes, criando grandes contrastes na matriz e na temperatura, pode ofuscar ou incidir numa sala através de uma janela. A luz indirecta é reflectida ricocheteando de superfícies tanto de fora como de dentro de espaços. A superfície reflectora pode reduzir a qualidade e afectar a cor da luz.

No hemisfério norte a luz é mais fria, branca, e menos intensa que a luz no hemisfério sul, é por isso que os espaços com orientação para norte são os preferidos pelos artistas para colocarem os seus estúdios.

A luz da parte setentrional transmite cores mais frias e precisas do que a vinda do sul, o que dá brilho aos tons quentes. Do norte a intensidade é mais regular aos diferentes estados de iluminação e os contrastes entre o brilho e a sombra são mais precisos.

A luz natural tem uma grande importância na vida da humanidade, tanto assim, que desenvolvemos as nossas actividades na hora em que dispomos dela. Um grande avanço tecnológico colocou ao nosso alcance fontes de iluminação artificial que permitem desenvolver qualquer actividade em horas nocturnas, no entanto o sol continua a marcar as nossas pautas sociais.

Quando tratamos da luz natural, temos de pensar em dois tipos de luz, a luz difusa que provém da abobada celeste é capaz de rodear-nos e envolver-nos e a luz directa do sol que faz com que pessoas e objectos brilhem quando esta luz incide sobre nós e que nos oriente no tempo horário pela sombra. Um dos factores que depende a luz natural é a situação geográfica do lugar.

A luz ao longo do dia é muito diferente, não só devido à iluminância que varia, mas pela temperatura de cor que pode passar de 2.000 Kelvin a mais de 10.000 K.

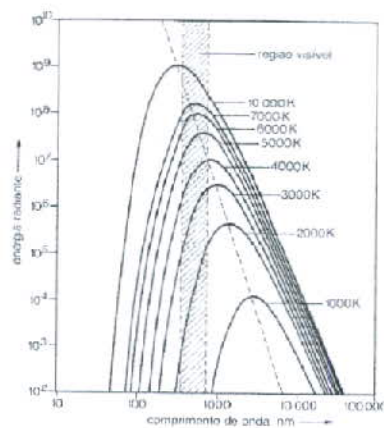


Figura 3: Energia radiante/ comprimento de onda.

Outro factor que influencia a luz natural é o clima; no Inverno temos menos horas de luz e os dias são mais propensos a permanecer o céu coberto de nuvens. Quando isso sucede no exterior, o valor representativo que se aceita como iluminância média é de 3.000 lux.

O microclima de um lugar também tem influência pois pode dar lugar, devido à vegetação ou altura, neblinas, nuvens e outros agentes meteorológicos que fazem a distribuição de luminâncias na abobada celeste não seja uniforme e portanto se produzirão valores inferiores de iluminância exterior.

Na maioria dos projectos de iluminação, a luz directa do sol não se quantifica e conta-se unicamente com a luz que provém da abobada celeste.

3.1.1.1 Propriedades da luz natural

Proveniente do sol, directa ou dispersa pelas nuvens adquire características diversas ao longo do dia:

- Uma certa imprevisibilidade em relação ao carácter da luz solar. O céu com nuvens produz uma luz difusa dispersa enquanto que o sol ao meio-dia produzirá uma luz dura e com fortes contrastes.
- Mudança progressiva da temperatura de cor ao longo do dia, o que origina reproduções cromáticas diversas.
- A constante mudança da direcção da luz que acaba por afectar a produção das sombras nos objectos imóveis.
- A diferença da luz diurna no Inverno e no Verão.
- A alteração do ângulo do sol em relação à terra segundo as estações do ano.

3.1.2 Cor – conceitos básicos

Nós vemos o espaço circundante como algo em que a luz e a cor estão presentes. O assunto da cor já é por si só complicado porque envolve duas características, a própria luz e o reflexo da luz nas superfícies iluminadas. A cor da fonte de luz depende da composição do espectro emitido por esta.

A cor aparente da luz reflectida na superfície, por outro lado é determinada por duas características: a composição do espectro pelo qual está iluminada e pelas características reflectidas da matéria (da superfície).

Um objecto é colorido porque reflecte a luz selectivamente.

A curva do espectro de reflexão de uma tinta vermelha, por exemplo, mostra que reflecte uma elevada percentagem de comprimentos e pouco ou nada de azul no fim do espectro.

Cores que sejam vistas a maior parte do tempo por um certo tipo de luz devem ser escolhidas utilizando esse tipo de luz.

Uma rosa é vermelha porque quando sobre ela incide a luz branca, todos os comprimentos de onda são absorvidos excepto os referentes aos do seu pigmento e assim estes são reflectidos para os nossos olhos. É por isso que a vemos vermelha.

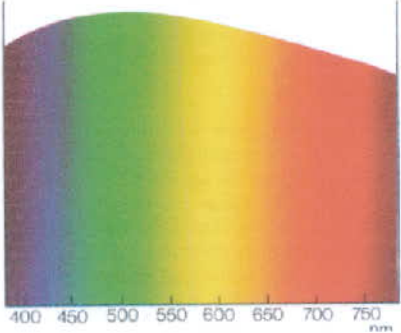


Quando por observação directa com os nossos olhos desfrutamos uma paisagem, agradável e cheia de cores, percebemos essas cores pela reflexão da luz. Por outras palavras, vemos as cores segundo o espaço de cor da *Comimssion Internationale de L'Eclairage* (CIE), que, em 1931, convencionou representar assim a percepção humana da cor.

É importante distinguir entre o rendimento da cor e a temperatura da cor.

Recordemos que a luz branca do sol é formada pela união das cores do arco-íris, cada uma com a sua correspondente longitude de onda. As cores vão de violeta (380 nm) até vermelho (770 nm) e a sua distribuição espectral aproximadas em:

Cor	Longitude de onda (nm)
vermelho	627-770 nm
Laranja	600-627 nm
Amarelo	566-589 nm
Verde	495-566 nm
Azul	436-495 nm
Violeta	380-435 nm



3.1.3 Objecto

O objectivo final da disposição da luz em qualquer sistema de iluminação, é conseguir com que o objecto possa ser visualizado em toda a sua plenitude, que seja compreendida superficial e volumetricamente, e que a sua própria imagem descreva a sua realidade. Com isto, entramos num espaço diferente, afastado de tudo aquilo que tem a ver com os grandes volumes. Podemos dizer que, quando iluminamos um objecto dentro de um museu, estamos a proceder a um sistema de micro iluminação ou de iluminação a pequena escala.

Os conceitos aplicáveis à iluminação de peças e objectos, dependem de todos os conceitos falados anteriormente, devem objectivar-se em função do elemento a iluminar.

A soma de todas as pequenas iluminações será uma parte muito importante dentro do esquema geral de iluminação num muscu, no entanto, é imprescindível, que no conjunto e em

cada uma delas estejam dotadas individualmente de uma personalidade própria, dependendo única e exclusivamente do objecto. Poderíamos assim dizer que o conjunto de iluminação numa sala de exposições ou num museu está configurada por níveis de iluminação: macro iluminação, aquela que se refere a grandes espaços, forma e volumes, e micro iluminação, que é a que sustenta todos os objectos da colecção.

Não podemos falar de iluminação, sem falar-mos do objecto a iluminar. Vemos os objectos porque reflectem as radiações que sobre eles incidem. Portanto, deveremos em primeiro lugar analisar as radiações incidentes, a sua qualidade, características físicas, direcção, feixe, pontos de radiação, e simultaneamente as próprias características do objecto, dependentes da sua superfície reflectora, com os seus acidentes de forma, cor e textura. Estes são os elementos que deverão ressaltar, marcar, estancar ou isolar e portanto, serão as radiações e características, as que devemos subordinar ao objecto em função dos resultados que desejamos obter.

Por último, deveremos ter em conta que o objecto iluminado não é um elemento isolado, dentro de uma caixa escura, mas um elemento intimamente relacionado com o ambiente, suportando sobre uma pena, um móvel ou ele próprio sozinho, dotado de sombra, e opaco na maioria das ocasiões, susceptível de ser visualizado de qualquer ponto de vista sobre diferentes fundos ou parcelas do espaço.

Por último existe o observador. Sem ele as imagens que havemos formado com a nossa imaginação são inexistentes. Qualquer condição de iluminação estará subordinada às múltiplas posições de visão do observador. O espaço que sobre ele se desenvolve, a sua capacidade para deambular, a ergonomia dos objectos que o rodeiam e suas características antropometrias, definem inexoravelmente os seus diferentes pontos de vista, baseando-os na geometria óptica e pontos de luz, assim como nas condições de reflexão desta sobre o objecto iluminado.

No nosso mundo, na natureza que nos rodeia, a fonte principal de iluminação é o sol, e é ela que em princípio nos inspira para podermos desenvolver as formas de iluminação. Indubitavelmente a Luminotecnia explica como se gera a luz, e como podemos controlar e medir adequadamente.

Todos os sistemas de iluminação baseiam-se num elemento emissor que vamos chamar de luz principal. Os raios provenientes deste elemento emissor incidem dando destaque ao objecto.

Qualquer outra luz que possamos despender vai estar subordinada dentro do sistema.

Um elemento fundamental de um sistema de iluminação pode ser constituído por lâmpadas de iluminação geral. As radiações provenientes dessas luzes incidem sobre o objecto, mas nunca da mesma forma e intensidade que a luz principal. Se atendermos à

relação entre a posição do observador, o objecto e a luz, aparecem conceitos variáveis desta segunda, vejamos movendo-nos no momento de observar a peça, por exemplo, circunvalando-a.

A luz principal e iluminação geral podem interligar-se e aparecer como uma iluminação a contraluz, que é aquela que se dirige coaxialmente à visão do observador sobre o objecto. Qualquer uma das luzes utilizadas simultaneamente podem provir de lâmpadas de perfil ou contorno, dispostas para separar o objecto do fundo ou do ambiente em que se encontra. Quando cortamos o feixe de luz que provem do emissor, ou o focalizamos adequadamente, podemos falar de luz de zona, já que esta incidirá não sobre todo o objecto mas sim sobre uma parte deste.

Em qualquer caso, os sistemas de iluminação devem ser projectados com a maior economia possível de emissores de luz.

No momento de iluminar um objecto podem seguir-se critérios de índole muito diversa. Podemos pensar que o nosso objecto se encontra no interior de uma câmara escura, numa ausência total de luz, e que vamos dispor luzes de tal modo que a imagem do objecto se vá definindo e pintando, até se formar finalmente nos olhos de um observador sobre uma posição determinada.

Mas nem todos os emissores de radiações produzem o mesmo tipo de luz, e existem uma infinidade de luminárias, de filtros e de sistemas mecânicos e electrónicos para controlar a quantidade e qualidade de luz. O conceito de qualidade de luz é físico e portanto medível. Com a Luminotecnia podemos determinar o fluxo luminoso duma luminária, a luz que incide sobre um objecto ou sobre os olhos do observador através de medidas fotométricas. Na qualidade da luz, a temperatura de cor da fonte, a fidelidade cromática o nível de radiação UV, são alguns dos parâmetros que podemos avaliar.

A qualidade da luz não é um conceito físico, portanto dificilmente é definido, e como conceito contem um grau de subjectividade. Trata-se mais de uma noção de fotografia do que de física. Vamos tentar definir estas qualidades com adjectivos, que definem atmosferas e qualidades de luz.

Estas diferentes naturezas conseguem-se mediante a manipulação de radiações provenientes da fonte luminosa. É aqui onde a utilização de luminárias, reflectores, filtros, e difusores, assim como a aplicação de técnicas de reflexão e dispersão da luz, vão-nos permitir as diferentes qualidades. Esta infinita lista de possibilidades pode-nos permitir a luz específica que utilizaremos como material básico, destinada a iluminações individualizadas marcadas pelas características do próprio objecto. A luz pode adquirir adjectivos e antónimos como: directa/indirecta; dura/suave; localizada/difusa; ambiental/pontual; intensiva/envolvente;

extensa/localizada; frontal/de contorno; plana/volumétrica; constante/claro-escuro; forte/delicada; modulada /plana; dispersa /direccional; focada/geral.

Cada um destes tipos de luz proporciona-nos um efeito diferente sobre um objecto concreto. Sobre diferentes objectos as soluções serão também díspares.

3.1.3.1 Objectos bidimensionais

Iluminar grandes superfícies dispostas na vertical (o principio na horizontal é basicamente o mesmo) é muitas vezes desejado, mas é um dos problemas mais difíceis de iluminação. Quadros, impressões, documentos e painéis explicativos são objectos que pertencem a esta categoria. De uma forma geral, a luz deve providenciar uma iluminação uniforme sobre a superfície mas, ocasionalmente uma característica do objecto pode ter de ser iluminada com destaque. Isto pode ser feito coma utilização de projectores.

Para providenciar iluminação tangencial o emprego de luminárias assimétricas (tipo *wallwasher*) é um bom método. Tais luminárias montadas longe da superfície vão atenuar a textura; montada perto dele, elas irão acentuar a textura. Luminárias de parede são usualmente escolhidas para murais, particularmente murais elevados onde projectores irão causar um indesejável destaque. Vários tipos de lâmpadas podem ser utilizadas naquele tipo de luminárias. A escolha da luminária é extremamente importante, é ela que providência a cor, a distribuição da intensidade e a vida da lâmpada requerida.

Para médios e pequenos quadros ou painéis colocados numa parede, são normalmente seleccionados pequenos projectores de montagem fixa ou em calhas electrificadas. A posição de montagem pode ser determinada seguindo diagramas. Também é possível utilizar projectores com diafragma que podem delinear o perímetro dum quadro. A concepção pode causar com que o objecto apareça auto-iluminado ou transparente. Tais efeitos são por vezes desejados, sendo necessário controlar bem luz difusa adicional. Se o controlo do feixe não for bem limitado a luz incidirá para além dos limites da área a evidenciar, reduzindo-se o efeito de auto-luminosidade.

3.1.3.2 Objecto tridimensional

Independentemente do tamanho, um objecto tridimensional deve ter uma variação de iluminação de diferentes direcções de forma a providenciar os destaques essenciais e sombras que revelam a forma e a textura do objecto. Isto pode ser alcançado utilizando diferentes tipos de lâmpadas, filtros de cor ou feixes de luz de diferentes ângulos. Por exemplo, uma escultura de bronze patinado pode parecer azul clara, verde ou cinzenta, dependendo da fonte de luz. Luz direccional modelará as esculturas, expressando profundidades e dando destaques a algumas áreas enquanto permite que outras caiam na sombra. No entanto existem algumas

especificidades, por exemplo, quando iluminamos uma pedra tumulária com inscrições gravadas, esta não deve ser iluminada de todos os ângulos, isto porque a sombra das letras deve cair apenas numa direcção de forma a permitir a sua leitura.

Sombras direccionadas são indicadores de superfície, forma e textura. O destaque é também uma boa pista visual para as características de uma superfície, mas não deve ofuscar ou causar um brilho desconfortável. Quando se vão expor pedras preciosas (ex.:gemas), elas são usualmente iluminadas por projectores para enfatizar o brilho cintilante, mas quando as pedras vão ser classificadas ou examinadas, a luz deve ser difusa para que o interior da pedra possa ser visto.

Se for dado destaque a um objecto de todos os lados, vão existir poucos problemas para o observador se o objecto se encontrar ao nível da visão, mas podem ocorrer problemas com brilhos quando o objecto é mais alto. Quando o objecto está num nível baixo e é pequeno, a emissão luminosa deverá vir de cima, e como o observador não está a olhar para cima, não será encadeado. Quando o objecto é elevado, alguma projecção de luz pode causar brilho para o observador situado no lado oposto ao objecto.

Monumentos e esculturas de exterior requerem os mesmos princípios.

3.1.3.3 Localização no espaço

Luz, fundo e sombra

Nenhum objecto pode existir por si mesmo dentro de um espaço sem se relacionar com o ambiente luminosamente falando, excepto em duas ocasiões. Imaginemos um mesmo objecto situado sobre um fundo absolutamente negro e visto pelo observador de tal modo que parece que este objecto se encontra suspenso no vazio. Outro caso é o do objecto situado sobre um fundo branco tal que se interligue com o objecto, ou seja, o objecto encontra-se ao seu lado e flutuando sobre o fundo. Dependendo da cor à sua volta e da textura do objecto, este poderá ressaltar mais ou menos segundo a sua similitude global no fundo sobre o qual se encontra. Em qualquer dos casos, podemos iluminar o objecto de tal modo que seus volumes e texturas fiquem perfeitamente claras e diferenciadas do próprio fundo, mas a relação com o espaço desse objecto visualmente perfeito é artificial visto que há um elemento de união entre o espaço físico que o rodeia ficando abstraído de si mesmo.

Existem tantas sombras como tipos de luz, a sombra é a réplica fiel da forma projectada dos objectos. Numa multiplicidade de ocasiões os objectos sem sombra perdem a capacidade de se expressar desde logo, são as sombras que se projectam sobre a própria superfície do objecto procedendo dele mesmo, que vão conferir o volume nos diferentes tipos de luz.

A escala das sombras que um objecto projecta sobre si mesmo é infinita.

As luzes podem incidir sobre os corpos de qualquer direcção do espaço, desde ângulos radicalmente ortogonais, até trajectórias rasantes e assim colineares à superfície. Cada ângulo de luz sobre um objecto e portanto sobre a superfície deste, colocará a descoberto diferentes e variadas geografias que já se encontram na essência formal do dito objecto. As diferentes qualidades de luz referidas anteriormente provocam sombras que são as que definem visualmente essas qualidades. Uma luz directa de feixe estreito e que chega desde o infinito a qualquer objecto, provoca sombras duras, perfiladas, sem partes de penumbra nas transições da luz à obscuridade, e que projectam perfeitamente a silhueta do objecto iluminado.

Esse mesmo tipo de luz dirigida ao objecto numa distância muito curta, faria que as zonas de penumbra se engrossassem consideravelmente portanto da forma nítida da sombra produzida pela matéria.

A relação existente entre as partes iluminadas e as partes sombreadas de um objecto, é o que entendemos por contraste e dependendo da sua diferença, podemos falar de luzes suaves.

Luzes duras serão aquelas que produzem sombras muito escuras, nitidamente definidas. A acomodação da visão do olho a altos níveis de iluminação impede de ver detalhes do objecto que se encontram dentro de uma zona de sombra. Sem a adaptação à luz da zona sombreada, o deslumbramento da zona de luzes impedirá apreciar qualquer detalhe.

Luzes suaves são as que produzem sombras em que a relação de contraste é baixa, o que se pode verificar quando um raio que ilumina o objecto não é único, mas múltiplo e inclusive infinitamente múltiplo, proveniente de todas as direcções. Isto também pode acontecer porque a dimensão da superfície de fluxo da fonte luminosa, excede dimensionalmente o objecto iluminado, encontrando-se a toda a sua volta.

Devemos ter em conta a hora de conceptualizar a luz que deve iluminar um objecto, qual é o maior rendimento em relação ao que se vai destacar, que parte, a sua textura, a sua cor, sua forma. Os objectos inclusive aqueles que pensamos que são bidimensionais têm volume. O conceito de plano na realidade deste mundo, é simplesmente teórico. Tudo o que nos rodeia é tridimensional. Existe uma grande tendência a pensar por exemplo que um quadro é um objecto plano, e não é assim. A única coisa que diferencia uns objectos de outros em relação ao seu volume é a escala dessa terceira dimensão. A pincelada de um pintor é eminentemente volumétrica, isto porque está construída em matéria, este detalhe deve ser tido em conta e destacado adequadamente se necessário.

O condicionamento fundamental da iluminação destes objectos considerados bidimensionais e que o não são, deve-se talvez a que por norma estão destinados a ser colocados sobre um plano. Em qualquer caso e dependendo das formas volumétricas dos objectos, planos convexos e côncavos, a descrição volumétrica deste, desde o nível da textura

até à máxima projecção da sombra e da sua massa, será dada pela variabilidade dos ângulos com que a luz incida sobre ele.

Dependendo das formas volumétricas dos objectos, planos, convexos ou côncavos, da descrição volumétrica, desde o nível da textura até à máxima projecção da sombra na sua massa, será dada pela variedade dos ângulos com que a luz incide sobre ela. Quanto mais rasante for o feixe luminoso melhor apreciaremos as texturas dos baixos-relevos. As emissões luminosas com incidência a 45° de altura sobre o objecto, definirão provavelmente a plenitude do seu volume na maioria dos casos.

Deveremos ter em conta, aqueles objectos dotados de cor, os ângulos de iluminação baixos impedem uma boa visão do colorido. As iluminações a 45° que seriam aquelas que seguindo as leis da reflexão emergiriam do objecto sobre o normal da visão do observador, são as que produzem um maior brilho e definição de cor.

Um elemento muito importante dentro do sistema de iluminação do objecto deverá ser o controle da luz que incide sobre esta e não o fundo. Quer dizer, decidindo que tipo de sombra e em que direcção vamos projecta-la sobre o fundo. Assim mesmo a luz residual da iluminação alcançará o fundo reflectindo sobre ele e alcançando o objecto para actuar como uma fonte secundária de iluminação. A luz que se reflecte sobre este fundo emergirá com características próprias no que se refere a cor, à qualidade e direcção das trajectórias.

A textura da superfície determinará que os raios incidentes se reflectam coordenadamente em feixes ordenados ou, se esta é rugosa, quando se reflectirem partam em infinitas dimensões criando-se uma luz difusa.

O objectos a sombra e o espaço de respeito

Uma vez que mediante a iluminação vemos conformada a imagem do objecto de todos os seus possíveis pontos de vista, incluindo a sua própria sombra e o fundo sobre o qual esta se encontra, deveremos procurar que esta imagem não invada os objectos colaterais e que esta não seja invadida por eles. Deverá criar-se a continuidade entre as duas imagens, especialmente se compartilham o mesmo espaço expositivo, tendo por base sistemas similares de iluminação de um fundo comum para o conjunto das peças que comportam o mesmo nicho visual.

Deveremos ser especialmente cuidadosos com a criação deste espaço de respeito. Já vimos que para uma mesma peça e seu sistema de iluminação, as imagens que se criam desde os infinitos pontos de observação são totalmente diferentes. Mediante o tamanho da escala de observação da representação de cada objecto, deverá otimizar-se as distâncias de observação a este, sendo muito importante ter em conta o observador que se aproxima sistema de iluminação, um interveniente activo na visualização do objecto, já que sem ele não existiriam

imagens. Mas ele também é um intruso dentro de um espaço ideal de iluminação. A sua presença pode criar sombras débeis e uma má distribuição de pontos de luz. A determinadas escalas, especialmente muito pequenas, a necessidade de cercar a peça é muito grande para que se possam observar os mínimos detalhes dos objectos, pelo que, as reflexões de luz sobre este podem chegar a ser muito importantes na relação com a capacidade de visão dos detalhes por parte do espectador. No caso de objectos pequenos, a iluminação por contrastes de fundo é um elemento fundamental, já que um contraste excessivo, em relação ao objecto e o seu fundo, podem impedir a acomodação visual a qualquer um deles.

Do mesmo modo, mas em caso contrário, nos objectos de grandes dimensões, a necessidade de aumentar o número de fontes de luz, dadas as dimensões da peça, podem chegar a inverter o efeito de iluminação de contraste de fundo.

No caso de peças que se encontram encerradas no interior de vitrinas ou caixas de exposição, e que vão ser observadas através de uma protecção transparente, a regulação dos níveis de iluminação do nicho interior em relação ao espaço exterior, devem estar equilibradas adequadamente para que o material transparente não actue como um espelho devido às diferenças de iluminação. Se a luz interior é acentuadamente menor do que a exterior, este fenómeno pode produzir-se.

No caso especial de pinturas, gravuras e objectos similares a quadros, naqueles em que a distância existente entre o vidro de protecção e a superfície é mínima para não dizer nula, toda a luz existente dentro do espaço do objecto, provem do exterior, os feixes deverão ser dirigidos de tal modo que se optimize a penetração do raio de luz dentro do espaço a iluminar, fazendo com que as luzes residuais reflectidas partam em direcções que não provoquem nenhuma interferência com os eixos fundamentais de visão das peças.

Aqui também deveríamos ter em conta que qualquer sistema de iluminação que possamos montar deverá estar calculado luminotécnicamente para não incidir de modo negativo sobre os observadores inclusive dentro dos espaços destinados à observação. Procurar-se-á em todos os casos este espaço de respeito de tal modo que as intensidades de luz nunca encadeiem o observador, facilitando-se a acomodação visual progressiva das intensidades dentro do discurso de observação, eliminando-se todos aqueles efeitos que possam propiciar ou aumentar o cansaço visual do observador, tais como brilhos ou reflexos, luzes directas, espaços monotonamente iluminados.

O caso mais desfavorável é precisamente o das vitrinas com peças colocadas a diferentes níveis. Quando a luz provem na sua maioria da parte superior da vitrina, as sombras projectam-se de umas peças sobre as outras, impedindo que no caso de peças côncavas ou convexas a luz alcance parte da superfície.

Iluminar, não é só dispor uma luz, há que criar o espaço necessário para permitir que o objecto se expressar integralmente em imagens plenamente observáveis.

3.1.4 A visão

⁵Todos os nossos sentidos são importantes, mas a visão é reconhecida como sendo o elo mais importante com aquilo que nos rodeia. Aproximadamente 80% da informação chega ao nosso cérebro através da visão, influenciando a maneira como funcionamos. A visão só é possível graças à presença da luz natural através do sol, da luz do sol reflectida na lua e da luz artificial.

3.1.4.1 Sistema óptico

O olho humano é quase esférico e tem cerca de 25 mm de diâmetro. Seis músculos posicionais possibilitam uma articulação giratória. Superficialmente o olho humano assemelha-se a uma câmara, que tem uma lente que lança uma pequena imagem invertida para cima de uma superfície atrás, sensível à luz, à qual nós damos o nome de retina.

O facto da imagem real ser invertida, não tem implicações já que todas as imagens são invertidas e o nosso cérebro está adaptado a este facto desde o nosso nascimento.

Quando se focar a uma distância mais curta, a visão não é alcançada alterando a distância entre lentes na retina, mas sim alterando o poder das lentes. Isto é possível porque as lentes dentro do olho são compostas por camadas flexíveis e por músculos contraídos para o tornar mais redondo. A membrana externa do olho consiste na sua maior parte por uma fibra, uma membrana de cor branca, a esclerótica. Entre a esclerótica e a retina encontram-se outra membrana, a coroidite, que contem reservatórios de sangue para fornecer ao olho nutrientes e oxigénio.

Na parte da frente da esclerótica encontra-se a córnea transparente. Por detrás da córnea e antes das lentes encontra-se uma cortina circular, a íris. A cor da íris pode variar entre os indivíduos e é normalmente referida como a cor dos olhos.

No centro do olho encontra-se uma cavidade chamada pupila. A cavidade actua como um diafragma variando o seu diâmetro mediante a quantidade de luz que entra. A parte do olho entre a córnea e as lentes é preenchida com um líquido salgado. Entre as lentes e a retina o olho é preenchido por uma substância gelatinosa.

A retina é o início de um sistema nervoso ligado ao cérebro. Consiste em mais de um milhão de pontos nervosos luminosos sensitivos de dois tipos, que devido à sua forma, são chamados de cones e bastonetes. Existem 15 vezes mais bastonetes do que cones.

⁵ Lighting with Artificial Light, Pág. 6-7

O nervo óptico conecta a retina no cérebro, onde o nervo óptico entra no olho não existem cones nem bastonetes, a esse local chamamos de ponto cego.

A parte do cérebro responsável pela percepção visual está situada na superfície, em ambos os sítios da fissura que separa as duas partes do cérebro. Chama-se córtex visual.

Espaço sensitivo (alcance) combinado com o alto poder de resolução e a capacidade de distinguir cerca de 100.000 cores e sombras, munidas de uma boa iluminação.

Estas funções são atribuídas pelos cones e bastonetes. Os bastonetes são altamente sensíveis à luz e os principais responsáveis pelo contorno das formas e pelo movimento, dando-nos a capacidade de ver pormenores, mas não conseguem distinguir as cores.

3.1.4.2 Capacidade de adaptação visual

O olho humano pode aceitar informação visual num nível extremamente alargado (de 0.2 lux – luz do luar a 100.000 lux – luz do sol). O mecanismo através do qual o olho muda a sua sensibilidade à luz é chamado de adaptação. A adaptação da pupila ocorre em cerca de 10 décimos de segundo.

Quando o olho se encontra completamente adaptado à escuridão, em circunstâncias favoráveis a visão pode perceber um simples fotão. É o único fenómeno subatómico que está directamente discernível do ser humano. Alguns animais têm uma sensibilidade de seis a sete vezes mais perspicaz, como é o caso do gato. Isto pode ser explicado pelo facto da pupila do gato estar completamente aberta e ser muito maior do que a de qualquer ser humano em relação à distância focal, resultando uma maior luminância ao nível da retina e também pelo facto, de existir uma camada reflectora na retina. Deste modo a luz passa através da retina duas vezes, tendo as suas possibilidades de detecção redobradas.

O processo de adaptação e o tempo envolvido na capacidade de se adaptar a baixos níveis de iluminação, é extremamente importante.

Quase invariavelmente, utilizamos ambos os olhos ao mesmo tempo para atingir o mesmo alvo. Se o objecto que observamos se encontra a uma longa distância, os olhos posicionam-se para que as linhas de visão estejam paralelas. Quando olhamos para um objecto próximo as linhas de visão de ambos os olhos intersectam-se num ponto alvo. Isto acontece através de uma rotação interna nos olhos à qual chamamos de convergência.

O grau de convergência é efectuado pelos músculos do olho. Normalmente esta acção demora cerca de 10 décimos de segundo. Com objectos situados a distâncias diferentes, o ângulo de convergência mudará continuamente até se adaptar.

O processo de visão é sujeito continuamente a processos de adaptação numa constante interacção entre os músculos internos e externos no olho, um processo que normalmente acontece no subconsciente.

3.1.4.3 Sensibilidade cromática

Na retina quando um cone (visão central) ou um bastonete (visão periférica) é estimulado, uma composição química de um pigmento muda temporariamente. O resultado passa pelo cérebro através das fibras nervosas. Em condições onde apenas os bastonetes são utilizados, vê-se apenas uma mancha avermelhada de uma imagem. Com os bastonetes nenhuma cor pode ser distinguida, no entanto a sensibilidade de um bastonete varia com a variedade de cores no espectro.

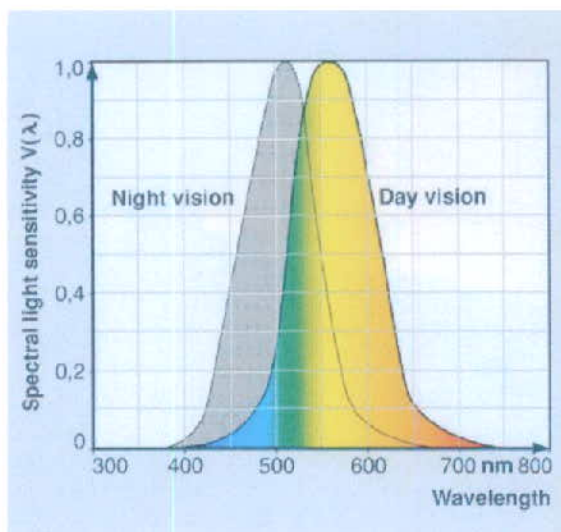


Figura 4: Visão diurna/ visão nocturna.

Anomalia cromática da visão

Com a luz diurna a sensibilidade máxima é encontrada com um comprimento de onda de 555 nm, enquanto que à noite acontece aos 507 nm.

Ocorre devido à luz dos diferentes comprimentos de onda não focarem no mesmo ponto. A luz azul é refractada mais do que a luz vermelha. Anomalias cromáticas são mais fortes no azul do que no vermelho do final do espectro, manifestando-se particularmente nos comprimentos de onda menores do que 400 nm.

Por outro lado uma leve mancha é causada por uma anomalia cromática devido a uma luz monocromática inexistente.

A ausência no reconhecimento das cores ocorre em diferentes graus, partindo de variações pequenas na visão normal das cores, para um monocromatismo total (sendo extremamente raro). A visão monocromática afecta 8% dos homens e 0.4% das mulheres. A variante mais comum é a incapacidade de distinguir entre o vermelho e o verde.

Calcula-se que o monocromatismo seja provocado pelo mau funcionamento de 1 ou mais pigmentos nos cones para a visão a cores.

3.1.4.4 Limites de visão

Num nível de iluminação muito baixo (menos de 20 lux) os cones não funcionam. A visão passa apenas a funcionar com os bastonetes, resultando daí uma imagem com pouca definição e sem cores. É impossível focar um objecto, mas os movimentos são facilmente detectados. Os objectos azuis permanecem mais tempo visível do que os vermelhos, com uma luminância decrescente. Estado transitório onde os cones funcionam parcialmente.

Cegueira nocturna

É uma condição na qual a visão em baixas intensidades de luz é mais fraca do que o normal. A causa pode ser hereditária ou pode ser causada pela ausência de vitamina A na composição química nos pigmentos sensitivos de luz nos bastonetes.

3.1.4.5 Alta sensibilidade a variações de luminância

A cerca dos 50 anos de idade, os tecidos do olho perdem gradualmente a sua transparência e as lentes tornam-se amarelas. Esta condição afecta as funções visuais. Perda de sensibilidade visual, no contraste e na cor, devido às lentes amareladas transmitirem uma pequena porção de radiação azul. O olho fica mais sensível à incapacidade luminosa devido a baixa extensão de adaptação na luminância para os cones.

Para desempenhar uma tarefa específica uma pessoa com cerca de 60 anos necessita de um nível de iluminação quinze vezes superior àquilo que necessitava com 10 anos de idade.

3.1.4.6 Atenuação da capacidade visual

O encadeamento é um fenómeno incapacitivo que se produz quando a luminância de um objecto é muito maior que a do ser ambiente envolvente. É o que ocorre quando olhamos directamente para o bolbo de uma lâmpada ou quando vemos o reflexo do sol na água.

Existem duas formas de encadeamento, o ocasional e o permanente. O primeiro consiste na aparição de um raio luminoso que provoca uma visão baça, sem nitidez e com pouco contraste, que vai desaparecendo ao terminar a sua causa; temos um exemplo muito claro quando conduzimos de noite e se cruza connosco um carro com as luzes nos máximos. O segundo consiste numa sensação de desconforto continuado provocada porque o brilho das fontes luminosas dentro do campo visual é demasiado intenso produzindo fadiga. Esta é a principal causa de fadiga em interiores.

Podem produzir-se deslumbramentos de duas maneiras. A primeira é por observação directa das fontes de luz; por exemplo, ver directamente as luminárias. E a segunda é por observação indirecta ou reflectida das fontes como ocorre quando a vemos reflectida numa superfície (uma mesa, um móvel, um cristal, um espelho, etc.).

Entre as medidas que devemos tomar para evitar o encadeamento estão: ocultar as fontes de luz do campo de visão; utilizar acabamentos mates nas paredes, tectos, soalhos e móveis para evitar reflexos; evitar fortes contrastes de luminâncias entre a área visual e o fundo e/ou cuidar da posição das luminárias.

O brilho pode ser causado por valores de luminância excessiva no campo de visão, por elevados contrastes de luminância ou combinação de ambos.

Brilho desconfortável é uma sensação de incomodo que provoca alterações frequentes no tamanho da pupila ao tentar adaptar-se às variadas condições de luminosidade.

A incapacidade de percepção com brilho elevado é o resultado da interferência no processo visual, onde a luz é dispersa ou espalhada em diferentes direcções no sistema óptico visual. Isto reduz o contraste e a sensibilidade do olho.

3.1.4.7 Visão por contraste

A maioria da informação que recebemos é o resultado de variações luminosas no campo de visão, ao que chamamos contraste. Podem ocorrer duas formas de contraste, pela cor ou pela luminância. Uma forma especial de luminância é o contraste entre a luz directa e a luz difusa do reflexo de algumas superfícies da mesma cor.

Se um contraste de forte luminância ocorrer no campo de visão, as impressões subjectivas de brilho nas superfícies serão mais exageradas.

A causa destes efeitos por contraste devem ser vistas na incapacidade do olho se adaptar simultaneamente a fortes luminâncias diferentes. No caso de um objecto escuro contra um fundo brilhante a adaptação do olho à luminância será demasiado elevada para se perceber contrastes diferentes na superfície do objecto.

A habilidade do olho em detectar contrastes de luminância depende normalmente, do cenário de luminância ou por outras palavras do estado de adaptação do olho. Geralmente em ambientes com baixos níveis de iluminação, o poder do olho em detectar contrastes diminui, até que uma luminância de 2º plano atinja uma medida de 100 candelas por m², mais ou menos um estado estacionário de máximo contraste, a detecção é alcançada. Só com valores de luminância muito elevada é que a sensibilidade do contraste tende a cair em problemas de brilho.

Outros factores que influenciam a detecção de contraste são o tamanho do objecto em contraste e o tempo de absorção.

Um nível de iluminação global suficiente para permitir uma adaptação completa para os cones, sem excesso de contrastes de brilho no campo de visão.

A iluminação deve ser feita por uma fonte de luz que gere um espectro contínuo, uma temperatura de cor, uma energia distribuída numa curva que não difira demasiado do espectro de sensibilidade do olho.

3.1.4.8 Ilusão óptica

Para os nossos olhos, as imagens de objectos escuros parecem menores que imagens claras. Por efeitos de difracção e de aberracção esférica os contornos das imagens claras são cercados por franjas claras, aumentando as suas dimensões na retina.

Os nossos olhos são instrumentos maravilhosos mas que, de vez em quando se juntam ao nosso cérebro para nos enganar. Sabendo disso não acredite piamente quando alguém, lhe disser que viu discos voadores, almas de outro mundo ou lobisomens. Mesmo se a pessoa for honesta é quase certo que tenha sido enganada por uma ilusão óptica.

O diâmetro aparente da lua

Esta é uma das ilusões mais intrigantes. O diâmetro aparente da lua cheia, quando nasce do leste, parece muito maior do que seis horas mais tarde, quando a lua está sobre as nossas cabeças. A explicação mais aceite atribui este efeito ao contraste com o tamanho dos objectos terrestres distantes, como casas e arvores. Quanto maior o objecto, menor o tamanho da imagem que ele projecta sobre as nossas retinas. Desde que nascemos o cérebro acostuma-se a associar a redução de objectos cujo tamanho conhecemos, ao facto deles estarem distantes de nós. Ora, o tamanho da imagem da lua na retina não muda durante a noite. A comparação com as imagens de objectos terrestres distantes, quando ela está no horizonte, faz com que ela pareça enorme.

Na próxima lua cheia, quando ela surgir no horizonte, meça o seu diâmetro aparente esticando o braço com um lápis na mão. Marque o ângulo de visão com a unha. Seis horas depois faça o mesmo deitando-a no chão. Assim, constatará que o ângulo de visão é o mesmo nos dois casos.

3.1.4.9 Dependência de velocidade de deslocação no campo visual

Chamamos acomodação visual, à capacidade do olho para focar automaticamente objectos situados a diferentes distâncias. Esta função desenrola-se no cristalino que varia a sua forma ao efeito. Mas esta capacidade vai-se perdendo com os anos devido à perda de elasticidade que sofre; é o que se conhece como presbitismo ou vista cansada aumentando a distância focal e a quantidade de luz mínima necessária para que se forme uma imagem nítida.

A adaptação é a faculdade do olho para se ajustar automaticamente a diferentes níveis de iluminação. Deve-se à capacidade da íris para regular a abertura da pupila e à troca de fotoquímicos na retina. Para passar de ambientes escuros a luminosos o processo é muito rápido mas em caso contrário é muito lento. Apenas passado um minuto temos uma adaptação aceitável.

3.1.4.10 Percepção visual

Pegando no exemplo da câmara fotográfica, o olho humano também dispõe de um campo de visão. Cada olho vê aproximadamente 150° sobre o plano horizontal e com a sobreposição de ambos abrangem os 180° . Sobre o plano vertical apenas abrange apenas 130° , 60° acima do plano horizontal e 70° abaixo.



Figura 5: Campo de visão.

O campo de visão de cada olho é tipo monocular, sem sensação de profundidade, sendo a visão na zona de sobreposição de ambos os campos do tipo binocular. A sensação de profundidade ou visão tridimensional produz-se no cérebro quando este sobrepõe e interpreta ambas as imagens.

A forma como a retina de ambos os olhos está ligada com o córtex visual nos dois alvéolos visuais, não é tão forte como poderíamos esperar. Os nervos ópticos de ambos os olhos unem-se imediatamente após entrarem na cavidade do crânio, formando o *optic-Chiasm*, dividindo-se novamente em duas ramificações que se vão ligar ao córtex visual.

Cada fibra nervosa forma uma ligação ininterrupta entre a retina e o córtex visual.

3.1.4.10.1 Movimento – visão tridimensional

O ser humano tem dois olhos que normalmente trabalham juntos para dar uma impressão visual única para o cérebro. Isto é alcançado por um processo de convergência, os músculos dos olhos estão tão coordenados que o objecto que observamos é projectado em ambos os olhos. Se por alguma razão a coordenação falha, um deles recebe uma imagem a dobrar, este

resultado é o atingido quando ingerimos demasiado álcool e atingimos o estado de embriaguez.

A visão binocular permite-nos aceder à distância dos objectos e à sua posição relativa no espaço. É duvidoso se isto for alcançado em 1º lugar pelo cérebro a monitorizar o grau de convergência dos olhos e pode desempenhar um papel importante a largas distâncias.

O mecanismo principal que está subjacente, faz com que as imagens do objecto formadas na retina não sejam propriamente iguais na mudança de perspectiva. Se não for demasiado longe, o olho esquerdo vê o objecto de um ângulo diferente do olho direito, que é interpretado pelo cérebro. Deste modo o olho humano é capaz de ver a três dimensões utilizando ambos os olhos.

Apenas com um olho a visão tridimensional seria impossível. O homem pode perceber diferenças na distância através de visão tridimensional num alcance de mais de 1 quilómetro, provindo de boas condições visuais e de uma boa visão em ambos os olhos.

4 Luz artificial

Com o advento da iluminação eléctrica no início do século XIX, todo o conceito de cidade, trabalho, educação, enfim, da vida das grandes cidades estava alterado. A iluminação eléctrica proporcionou um maior aproveitamento do tempo e da vida. Onde havia trevas agora havia luz. A luz eléctrica proporcionou pela primeira vez ao ser humano o dia artificial.

Na arte o impacto foi grandioso. Artistas agora podiam pintar à noite e isso passou a ser especialmente interessante. A vida dos cabarés e teatros ganhava maior emoção.

O grau de desenvolvimento em que se encontra a iluminação artificial é devido em parte à existência de melhores fontes de iluminação. A pesquisa efectuada nos campos da óptica e da Física muito fez ao criar conhecimento básico da iluminação visível. Aprendeu-se a definir iluminação tanto em termos de quantidade como qualidade. Para além de se aplicar uma quantidade de luz a uma área, especifica-se a sua distribuição espaço-tempo e comprimento de onda.

O olho humano recebe como luz qualquer radiação electromagnética no intervalo de $[380,780]$ nm ($1\text{nm}=10^9\text{m}$).

A radiação visível é gerada de um átomo quando a sua estrutura é estimulada de forma a provocar uma descarga ou incandescente ou luminescente. A radiação térmica é geralmente contínua ao longo de um espectro.

A iluminação geral deve ser uniformemente distribuída e difusa. A iluminação geral ou suplementar deve ser projectada e instalada de forma a evitar encadeamento, reflexos e incómodos, sombras e contrastes específicos.

4.1 Características

4.1.1 Distribuição da luz

A direcção da incidência da luz e as sombras por elas formadas, são tão importantes como um brilho elevado e uniforme. Aumentando o brilho dos objectos aumentam também a percepção do seu contraste, por isso seria inconsciente fazê-lo desaparecer pela escolha de um mau ângulo de incidência. Devido à existência de sombras, alguns projectos de iluminação não oferecem o contraste adequado ao ambiente.

Sombras desnecessárias devem ser evitadas de modo a não criar um contraste excessivo no brilho. Um designer experiente atenua as sombras, tentando aproximar a iluminação à luz do dia.

Luz directa

É mais fácil de obter e a mais corrente. Uma única lâmpada suspensa no centro de uma divisão traduz a sua forma mais simplista. A luz emitida é completamente utilizada, mas a grande luminância fere a vista. As sombras são duras. Se numa mesma divisão multiplicarmos os pontos de luz directa, conseguimos resultado melhor, pois desta forma é possível escolher os espaços a iluminar e o encadeamento será reduzido.

Controladores de emissão luminosa poderão diminuir a eficácia dos aparelhos de iluminação mas, aumentar o conforto e a capacidade visual. Este tipo de iluminação pretende basicamente criar luz difusa.

A luz dirigida consegue-se com aparelhos de feixe mais ou menos concentrante para criar efeitos de modelação, que facilitam a percepção das formas.

Luz indirecta

Contrariamente à técnica anterior, as fontes luminosas são escondidas, incidindo numa superfície, que por sua vez reflecte a luz recebida. O rendimento luminoso é sempre menor podendo ser de 75% para superfícies claras ou de apenas 10% para as mais escuras. Assim obtém-se uma luz uniforme, por vezes monótona. A iluminação rasante, em que a fonte está muito próxima da superfície iluminada, faz aparecer os defeitos mais pequenos dessa superfície.

Luz dura

Diz-se de uma iluminação conseguida por uma fonte luminosa com feixe luminoso concentrante. Neste caso a nitidez da sombra é alta.

Luz suave

É o tipo de iluminação cuja fonte de luz abrange mais elevados ângulos sólidos. Neste caso as sombras são suaves.

Luz difusa

Luz que atinge um objecto em diferentes direcções, tal como a luz de um céu carregado de nuvens, espalha-se e não produz quase sombras. A sua habilidade para moldar torna-se reduzida, sendo difícil percebermos os contornos.

Produzir uma iluminação com uma característica mais uniforme sobre o objecto, por exemplo, a luz difundida através de um material translúcido. Pode ser comparada à luz do Sol

filtrada através de uma nuvem. Banha o ambiente com luz suave produzindo sombras quase invisíveis, não definidas.

4.1.2 Fenómenos da luz

Velocidade da luz

No vácuo a velocidade da luz é independente do comprimento de onda, mas num meio mais denso a velocidade diminui.

Num raio de densidade uniforme definiu-se que a luz é propagada em linha recta. No entanto provou-se que os raios de luz se curvam ligeiramente sob influência dos campos gravitacionais. O valor da velocidade da luz no vácuo é: $c=299792458 \text{ m/s} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Absorção

A luz que não é reflectida desaparece na superfície. A luz absorvida é convertida em calor.

Transmissão

Quando a luz atinge uma superfície mais ou menos transparente a parte que não é reflectida ou absorvida passará através desta.

Reflexão

É a luz que incide sobre uma superfície uma parte será devolvida ou reflectida.

- Reflexão especular – Quando a superfície reflectida é espelhada o raio de luz reflectido será quase similar ao ângulo da luz incidente. A reflexão ocorre no plano perpendicular à superfície reflectante, o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.
- Reflexão difusa – Ocorre quando a superfície é mate. Reflectores de difusão perfeita ocorrem raramente na natureza. Um campo de neve ou uma parede caiada são um bom exemplo.
- Reflexão mista – Reflexão espelhada associada a outra luz reflectida mais aberta. ex.: a superfície de uma rua molhada.
- Reflexão composta – Reflexão difusa com um componente dominante na direcção especular. ex.: superfície pintada ou um papel brilhante.
- Reflexão interna total – Se a luz percorre um meio de densidade óptica maior do que a densidade circundante. O princípio da reflexão interna é usado em certas

luminárias decorativas e para a transmissão de informações através de cabos como é o caso das fibras de vidro.

Refracção

Quando passamos de um meio transparente para outro de densidade diferente, em ângulos diferentes, a direcção do raio de luz modifica-se.

Interferência – Diferenças de fases entre raios de luz.

Polarização

Vibrações transversais de ondas de luz que normalmente ocorrem no plano perpendicular à direcção da propagação.

Fluorescência

Alguns materiais sólidos, quando irradiados por partículas em movimento rápido ou radiação electromagnética, começam por emitir luz em comprimentos de onda específicos. A fluorescência também se pode manifestar em fluidos.

4.1.3 Quantidade de luz

Para ver não basta que exista uma quantidade de luz suficiente. Contemplar é algo distinto. Aquelas pessoas com sensibilidade preceptiva sabem que uma mesma paisagem com luz natural pode ser carregada, escura ou majestosa, dependendo fundamentalmente da forma como está iluminada e das características precisas da luz no momento.

Parece lógico que quando vamos exhibir as coisas mais importantes ou belas que o ser humano é capaz de produzir, necessitamos que a luz preste os seus mais qualificados atributos. Devem cumprir-se as seguintes condições: a fiel representação da obra; a comodidade visual; uma ambientação conveniente.

Para que a luz que incide numa obra nos devolva correctamente a imagem da mesma, este deve ter um índice de reprodução cromática e uma temperatura de cor adequada.

Para assegurar a comodidade visual não só é necessário saber destacar as características plásticas mais valiosas da obra é necessário saber como evitar maus reflexos sobre o objecto ou espaço imediato, equilibrar correctamente as luminâncias entre o objecto e o seu fundo, e não provocar deslumbramentos directos pela fonte de luz.

Conseguir uma ambientação correcta é algo mais difícil visto que para o conseguirmos temos de resolver de uma forma simultânea a iluminação do conjunto. Para tal não existem normas, apenas cânones que é preciso entender e interpretar adaptando a cada circunstância.

4.1.4 Qualidade da luz

A escolha de um sistema de iluminação deve ser baseado nos requisitos funcionais tendo em atenção a qualidade da luz. É importante que os critérios definidos não sejam vistos individualmente porque são influenciados uns pelos outros.

As técnicas de iluminação foram desenvolvidas e lâmpadas mais eficazes foram introduzidas no mercado, os interiores ganharam na qualidade visual sobre aquilo que nos rodeia e onde passamos a maior parte do nosso tempo. Um espaço interior é composto por numerosos objectos tais como, mobiliário, portas, janelas, tecto e chão. Ao ar livre o espaço circundante inclui coisas como, fachadas de edifícios, superfícies de estrada, equipamento urbano, árvores e iluminação pública.

Aspectos importantes na qualidade da luz: luminância; distribuição da luz no campo de visão; liberdade para distribuir o brilho; a orientação dos feixes de luz para a criação de sombras; a aparência da cor e a interpretação da cor; o tratamento estético da luz referente ao espaço circundante; a arquitectura ou o design do espaço interior. A compreensão de todos estes aspectos é a chave para um bom design de iluminação.

4.1.5 Temperatura de cor

Trata-se do mesmo parâmetro que serve para definir a tonalidade das radiações de uma fonte. É a temperatura absoluta correspondente à de um corpo negro para que reproduzam radiações luminosas que dêem a mesma sensação de cor emitida pela fonte, expressa-se em Kelvin e representa-se por um K.

Esta temperatura quando se trata de lâmpadas de descarga denomina-se por temperatura de cor correlacionada, que quer dizer a mais similar aquela que teria um corpo negro porque dentro da lâmpada não se reproduz essa temperatura.

A temperatura da cor é um parâmetro de qualidade e conforto.

As margens de temperatura de cor das fontes artificiais vão desde 1.800 K a mais de 7.000 K.

Dentro de uma pequena família que inclusive hoje está em muitos dos nossos museus, na fluorescência, podemos encontrar lâmpadas com temperaturas de cor de 2.700 K e outras com têm temperaturas de cor até 6.500 K, ou seja com uma margem tão ampla que exige particulares cuidados para optarmos pela lâmpada correcta.

Demonstrou-se experimentalmente que, na maioria das pessoas, quando o nível de iluminação que existe num espaço é baixo, preferimos fontes luminosas com temperaturas de cor baixas (quentes) e que, quando os níveis de iluminação são elevados preferimos temperaturas de cor elevadas (frias).

Diz-se que uma fonte tem uma temperatura de cor quente quando esta é menor ou igual a 3.000 K, se a temperatura de cor for maior ou igual a 5000 K diz-se que a fonte tem uma temperatura de cor fria e por último quando a temperatura está entre os 3.000 K e os 5.000 K, diz-se que é neutra.

Existem curvas determinadas por Kruithoff que enumeram os valores entre aqueles que deve estar a temperatura de cor, e as fontes para cada nível de iluminação, para que haja um bem-estar.

Um espaço iluminado com fontes com temperaturas de cor próximas dos 3.000 K dá-nos a sensação de ser um espaço quente inclusive termicamente, este mesmo espaço com lâmpadas de temperatura de cor próxima a 5.000 K, produz a sensação térmica de um espaço frio.

Lâmpadas usadas para a iluminação em geral e em particular as lâmpadas fluorescentes, são classificadas com a sua temperatura de cor. Podemos distinguir três grupos:

Temperatura de cor	Aparência da cor
Menor do que 3300 k	Branco amarelado – quente
3300 a 5000 k	Branco – intermédio
Mais de 5000 k	Branco azulado – fria

Iluminância	Aparência da cor da luz		
	quente	Intermédia	fria
E < 500	Agradável	Neutra	Fria
500 < E < 1.000	↑↓	↑↓	↑↓
1.000 < E < 2.000	Estimulante	Agradável	Neutra
2.000 < E < 3.000	↑↓	↑↓	↑↓
E > 3.000	Não natural	estimulante	agradável

Não obstante fontes de luz com a mesma temperatura de cor também terão a mesma tonalidade aparente, não significando necessariamente que superfícies colorida pareçam iguais quando iluminadas por elas, devido a encontrar diferenças de fidelidade cromática.

A temperatura de cor joga um papel muito importante na hora de determinar se a exposição como conjunto deva apresentar um aspecto frio ou quente. Sugere-se muitas vezes que no caso de pinturas, estas devem iluminar-se adaptando a temperatura de cor da fonte de luz às tonalidades predominantes na obra do artista.

4.1.6 Restituição de cor

Outro dos atributos de uma instalação luminotécnica bem concebida é a sua fidelidade cromática, que deve estar em harmonia com a finalidade da iluminação.

Falar em qualidade da cor é referir a resposta energética da luz emitida ao longo do espectro visível, que leva à definição, ou identificação das cores dos objectos. A verdadeira cor, a que nos é familiar, é aquela que nos é dada pela iluminação natural, e só pode ser reproduzida pela iluminação artificial se as fontes de luz utilizadas emitirem uma luz de espectro equivalente à natural. Reproduções razoáveis de cor só se podem esperar se as fontes de luz radiarem um espectro contínuo, como o do arco-íris.

Raramente se exige à iluminação artificial que reproduza fielmente as cores, salvo em casos especiais como por exemplo, em museologia e certos processos industriais onde é necessário fazer conjugação de cores, como é o caso da venda ou fabrico de tintas ou em fotografia.

Um excelente rendimento em cor ($R_a > 90$) é sempre desejável, em particular quando (como é o caso da maioria das obras pictóricas) as exposições se contemplam em virtude do cromatismo.

As propriedades de rendimento de cor (IRC) de uma lâmpada e a sua temperatura de cor (T_a) irão afectar a aparência de cor dos objectos. A luz do dia, ou das lâmpadas com rendimento de cor de índice (IRC) da ordem dos 95 ou maiores, devem ser usadas. O T_a da fonte de luz determinará se a exposição terá uma aparência “quente” ou “fria”. Ao meio-dia a luz do dia é fria e tem um T_a superior a 6500K; uma lâmpada branca fluorescente tem um T_a entre 2700 a 6500K, uma lâmpada incandescente é quente com T_a de cerca de 2700K. As lâmpadas fluorescentes são produzidas correlacionadas com as temperaturas de cor.

Misturar luzes com T_a diferentes numa mesma exposição pode acentuar as suas diferenças de cor. Por exemplo, uma fonte fluorescente branca e fria num espaço dominado por fontes incandescentes pareceram frias, enquanto a mesma lâmpada vista à luz do dia parece quente.

O IRC é a capacidade que tem uma lâmpada para reproduzir fielmente cores como faria uma lâmpada padrão. Para o podermos quantificar estabeleceu-se uma escala que vai de zero a cem. Encontramos este valor nos dados técnicos das lâmpadas nos catálogos dos fabricantes. Se o valor se aproximar de cem, a reprodução será fiel.

A lâmpada que se utiliza como padrão é uma lâmpada incandescente com valor de IRC = 100, com uma luz normalizada, de corpo negro a 5.000 Kelvin.

Por princípio, para qualquer lâmpada que utilizemos para a actividade de um museu, caberia imaginar que se deveriam utilizar lâmpadas que reproduzissem as cores com um índice de 100 como a lâmpada padrão, para poder oferecer aos visitantes uma melhor reprodução das cores nas obras expostas, no entanto em muitas ocasiões é necessário recorrer

a lâmpadas com valores inferiores ao máximo. Como veremos, as lâmpadas cujo índice de reprodução cromática é o máximo, apresentam outras características que as tornam por vezes pouco aconselháveis num museu.

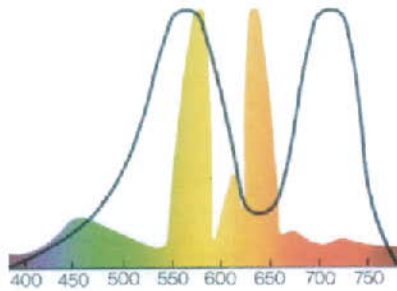


Figura 6: Espectro luz natural.

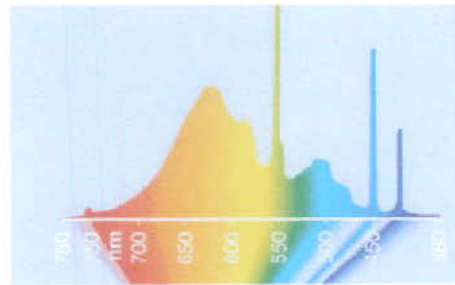


Figura 7: Espectro luz fluorescente.

4.1.7 Modelação (luz/forma/objectos/imagens)

Sem luz não existe espaço visual. As imagens são a base sobre a qual se suporta a actividade sensorial através da qual construímos e projectamos as nossas experiências, memórias, pensamentos, temores e esperanças.

Sem luz os espaços resumem-se a um vazio e não se revela a nós modo algum de existência de um espaço e dos objectos que ele contém.

A luz é a ferramenta que nos permite descobrir a ordenação arquitectónica do espaço e a distribuição dos objectos no espaço.

É portanto o seu uso que vai determinar em que medida a ortografia e a sintaxe com que vamos desenrolar a história, os móveis e materiais, a leitura que qualquer observador pode fazer desse complexo discurso que é a essência da exposição do museu.

Apesar da intangibilidade, a luz é um dos elementos platónicos que existem dentro da realidade em que nos movemos.

Sem o olho o elemento fundamental da percepção luminosa, a realidade existiria para nós de qualquer outro modo excepto na maneira como o conhecemos.

O acto de ver imagens que se encontram dentro do espaço estreito da nossa unidade sensorial, codificadas e filtradas através do conjunto das nossas experiências vitais, da educação, e imersas definitivamente dentro da nossa capacidade cultural no sentido mais amplo da palavra.

Qualquer imagem proveniente da nossa imaginação não pode ser codificada se não na forma de outra imagem, produzida material e tecnologicamente por nós mesmos ou por aquele que se converte num criador de imagem.

Iluminar é definitivamente a acção criadora, e ao mesmo tempo o efeito produzido mediante a distribuição ordenada das luzes, criando uma imagem. Iluminar é assim mesmo a

ilustração do conhecimento através dos sentidos. Ilusão, conceito, imagem, são realidades sugeridas pela iluminação e que habitam nela.

Uma imagem é também a representação das coisas e dos objectos. Encara a existência viva da comunicação das coisas.

O trabalho do designer de iluminação consiste na modificação dos espaços e das formas, na revelação das cores e texturas e a descrição destas, o descobrimento dos objectos e a narração dos efeitos visuais que configuram a história de uma vista a uma qualquer exposição.

4.1.8 Criação de efeitos visuais

⁶Se um espaço é proporcionalmente desastroso, estranho, grande ou pequeno, relativo e suave, enfadonho e pouco luminoso, uma boa intervenção luminosa pode assegurar estes defeitos.

Para fazer um tecto parecer mais alto

Utilize emissões luminosas vindas do chão ou da parede dirigidas para o tecto, ou com luzes dissimuladas em cornijas ou abobadas encastradas na parede do perímetro da sala.

Para fazer um tecto parecer mais baixo

Dê à sala um alívio íntimo, mantendo o tecto não iluminado, através da colocação de aparelhos de luz dirigida no tecto suficientemente baixos e utilizando candeeiros pendentes, fixos no tecto, com topos fechados de forma a não deixarem que nenhuma luz se projecte no tecto. Utilize luzes de destaque para chamar a atenção de elementos colocados a um nível inferior, iluminando-os de cima.

Para fazer um espaço estreito parecer mais largo

Foque a atenção numa característica importante colocada numa parede do fundo, Tal como uma janela com um aspecto elegante ou obra uma obra de arte, iluminando a parede com um ou mais focos. Ilumine as restantes paredes com uma luz equilibrada entre elas mas menos intensa.

Para fazer um espaço parecer maior

Banhe as paredes opostas com luz, de forma a parecer que estas estão mais longe. Alternadamente, combine luz com espelhos e faça reflectir superfícies para aumentar a ilusão do espaço.

⁶ Lighting essentials for home Pág. 26-27

Utilize spots embutidos ou, montados em calhas electrificadas, dirigidos para baixo.

Superfícies com reflexo – tais como vidro, metal, azulejo, esmalte

O reflexo aumenta e amplia a luz ao invés da reflectir, enquanto que, superfícies matizadas e com textura a absorvem.

Quanto mais escuros são os tons mais luz é absorvida. Utilize superfícies matizadas numa sala demasiado luminosa para cortar o brilho intenso.

4.2 Conclusão

A luz artificial permite-nos controlar toda a ambiência e a forma como transmitimos uma mensagem na quantidade e com a qualidade certa, no momento e no tempo mais adequado.

No entanto existe uma subjectividade, a luz artificial é analisada e projectada por pessoas com conhecimentos e sensibilidades diferentes, onde na maior parte das vezes quem transmite o conhecimento não o faz da forma mais correcta.

Os sistemas e equipamentos de iluminação encontram-se em mutação com os constantes desenvolvimentos tecnológicos, o que faz de nós profissionais académicos envolvidos na busca para a melhor solução.

No entanto, apesar de todos os benefícios, a luz artificial pode causar danos irreversíveis a obras de arte, transformar-se em poluição luminosa, ou ainda mais grave, retirar-nos por completo o contacto com o mundo exterior quando utilizada sem limitações e apenas como único recurso.

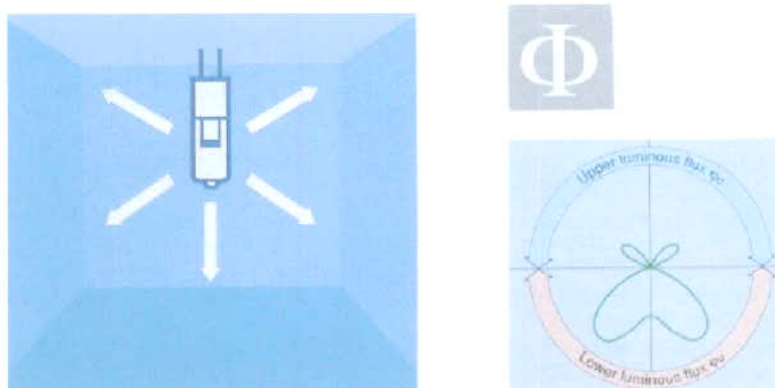
5 Principais unidades Fotométricas

⁷O grau de desenvolvimento em que se encontra iluminação artificial só em parte é devido à existência de melhores fontes de iluminação. A pesquisa efectuada nos campos da óptica e da física muito fez ao criar o conhecimento básico da iluminação visível. Aprendeu a definir iluminação tanto em termos de qualidade como quantidade. Para além de se aplicar uma certa quantidade de luz numa área, especifica-se a sua distribuição no espaço-tempo e comprimento de onda.

A radiação visível é gerada no átomo quando a sua estrutura é estimulada de forma a provocar uma descarga incandescente ou luminescente. A radiação térmica é geralmente contínua ao longo de todo o espectro.

De forma a classificar a arte da boa iluminação, em termos de engenharia, foram introduzidas unidades e conceitos.

5.1 Fluxo Luminoso



O fluxo luminoso Φ é a quantidade total de energia radiada por uma fonte de luz emitida por segundo, contrapondo a sensibilidade do espectro do olho humano. A sua unidade de medida é o lúmen (lm). A avaliação das lâmpadas em lm pode ser encontrada nas listas dos fabricantes de lâmpadas. O fluxo luminoso de uma lâmpada incandescente de 100 W é aproximadamente de 1380 lm, o que podemos alcançar com uma lâmpada compacta fluorescente com balastro electrónico de 20 W, que atinge cerca de 1200 lm.

A eficácia luminosa η é o fluxo luminoso de uma lâmpada relativamente à sua potência.

O fluxo luminoso contempla toda a radiação emitida por uma fonte de luz em todas as direcções e percebida pelo olho humano.

⁷ Lighting with Artificial Light. Pág. 8-9

Eficiência Luminosa

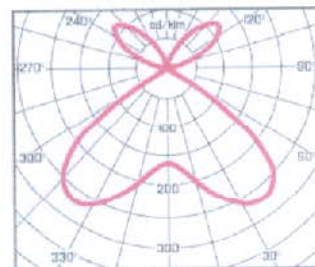
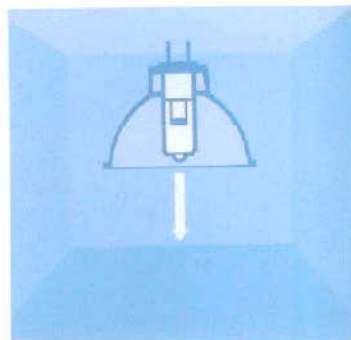
A eficiência luminosa de uma fonte é a relação entre a energia luminosa produzida e a energia eléctrica consumida sendo a avaliada em lm/w.

Quantidade de luz

A quantidade da luz é o produto do fluxo luminoso pelo tempo em que é mantido ($Q=\phi t$). A sua unidade é lúmen hora (lm.h). Esta unidade é introduzida quando do cálculo da eficiência de uma instalação pela comparação entre o seu consumo eléctrico e a energia luminosa é efectivamente utilizável.

Embora a finalidade de uma iluminação possa ser diversa, existem bases gerais em que uma boa iluminação deve assentar. O sucesso de uma instalação depende da sua combinação.

5.2 Intensidade luminosa



É a intensidade do fluxo luminoso de uma fonte de luz em todas as direcções e percebida pelo olho humano.

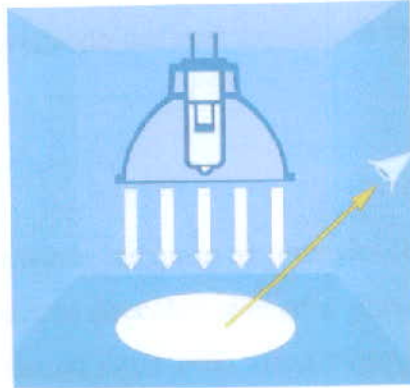
O fluxo luminoso radiado por uma fonte de luz numa direcção específica. A intensidade luminosa é expressa em candelas (cd).

A intensidade luminosa numa certa direcção é o quociente entre o fluxo luminoso gerado por uma fonte, ou elemento da fonte, num cone infinitesimal contendo a direcção pretendida, e o ângulo sólido desse cone.

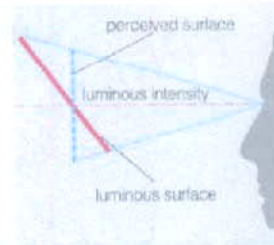
Esta unidade é definida recorrendo a fontes e iluminação padrão, de onde são obtidas na prática, todas as outras unidades de iluminação usadas em engenharia.

Na arte e prática de iluminação o conceito de intensidade é importante uma vez que define o diagrama de distribuição da luz, característico das fontes luminosas, armaduras e lanternas.

5.3 Luminância



L



$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$$

A luminância de uma fonte de luz ou de uma superfície é a sensação de claridade que a mesma superfície produz nos olhos e que é transmitida ao cérebro. Se observarmos de qualquer parte uma superfície iluminada, a intensidade luminosa produzida ou reflectida por uma superfície, dividida pela área visível para os olhos, denomina-se de luminância.

A intensidade luminosa emitida por unidade de uma área de uma superfície numa direcção específica. A superfície pode ela própria ser emissora ou transmissora de luz.

A relação da intensidade luminosa de uma superfície dada numa direcção para a área aparente dessa superfície.

O termo de luminância é também aplicado a superfícies com brilho de corpos luminosos como lâmpadas.

A luminância é expressa em candelas por metro quadrado (cd/m²) ou *stilib*.

A luminância, numa dada direcção, é o quociente entre a intensidade luminosa de uma superfície, medida num certo ângulo Σ com a normal dessa superfície, pela projecção ortogonal da superfície perpendicular à direcção pretendida. de um plano.

A luminância de uma superfície reflectora ou emissora, como paredes ou tectos, pode ainda ser medida em *apostilib* (asb) sendo:

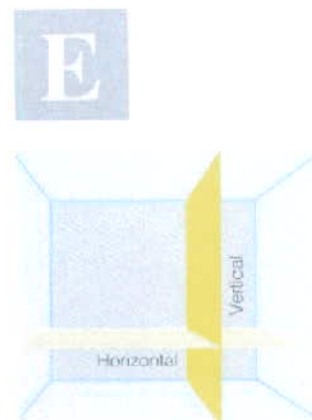
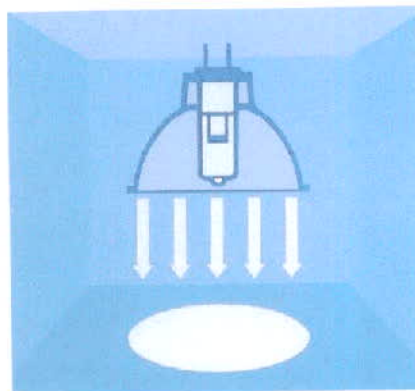
- 1 asb = (10 000) ⁻¹ = 31.8 X 10⁻⁶ sb
- Uma luminância de 1 asb é apresentada por um reflector perfeito, ou seja, uma superfície pura iluminada com 1 Lux. À medida que a capacidade reflectora diminui, o mesmo acontece com a sua luminância.
- A luminância pode assim ser considerada como a medida do brilho de uma fonte luminosa ou de um objecto iluminado do ponto de vista de um projectista de iluminação.

- A luz apenas se torna visível quando reflectida ou difundida por uma substância. Superfícies com a mesma iluminação podem parecer mais ou menos brilhantes ao observador, dependendo das suas capacidade reflectoras.

$$L=I/A$$

- $I=\Phi/4\pi$ A intensidade luminosa na direcção de uma fonte de luz cuja distribuição de luz é uniforme em todas as direcções, é igual ao fluxo luminoso dividido por 4π .
- $E=\Phi/A$ A média de iluminação numa superfície é igual ao fluxo luminoso (Φ) incidente nessa superfície, dividido pela área (A) dessa superfície.
- $E_p=I/d^2$ A iluminação de um ponto num plano perpendicular na direcção de uma luz incidente é igual à intensidade luminosa na direcção de um ponto, dividido pelo quadrado da distância entre o ponto de luz/fonte de luz e o ponto em questão.

5.4 Níveis de iluminação (iluminância)



A densidade da iluminação indica quanto fluxo luminoso recebe uma superfície concreta.

É determinada pela relação entre a intensidade luminosa e a distância ao quadrado da superfície. Na prática o fluxo luminoso não tem uma distribuição uniforme em toda a superfície, logo a iluminância não tem os mesmos valores para todos os pontos da superfície.

$$E= \Phi/A$$

A iluminação de qualquer ponto de uma superfície é a densidade do fluxo luminoso que esta recebe.

Quando elaboramos o projecto de design de iluminação, a primeira consideração a fazer é decidir qual o nível de iluminação pretendido. O nível de iluminação é normalmente especificado em termos de valores, médios.

A iluminância refere-se à importância ou à qualidade da luz na superfície de interesse.

A unidade é o LUX (lúmen por metro quadrado). A nossa acuidade visual ou a perspicácia da nossa visão é directamente dependente da iluminância.

A iluminação capaz de satisfazer a natureza da tarefa desenvolvida melhora a percepção visual da tarefa. Portanto, a escolha do nível de iluminação depende de factores como a duração do trabalho, contrastes da tarefa, riscos de cometer erros, idade do trabalhador e da quantidade de luz do dia presente.

6 Concepção luminotécnica

Não é possível resolver a iluminação de um espaço, sem a realização de um projecto, esta afirmação faria no entanto sorrir a maioria dos arquitectos e responsáveis pela criação de espaços expositivos, para os quais a resolução desta questão se situa ao mesmo nível de eleição do mobiliário ou da pintura das paredes, mediante uma exaustiva exploração de catálogos de firmas comerciais. Confundir a iluminação de um espaço com a simples selecção de luminárias por razões de aparência formal e económica, é simplesmente uma ousadia aliada à ignorância. Uma minoria mais precavida opta por encarregar a uma firma especializada um projecto de iluminação. Supomos que nestas empresas exista sempre alguém capaz de resolver correctamente a iluminação de um museu, devemos assinalar que no entanto que são profissionais atados de pés e mãos pelo menos por três razões: não existe um único fabricante que disponha de todos os equipamentos necessários; devem submeter-se à política de fabricação da empresa; o cumprimento dos objectivos obriga ao dimensionamento, em excesso, das necessidades de iluminação de um espaço.

O fundamental é explicar da forma mais clara e detalhada possível qual vai ser a imagem resultante e quais as prestações dos sistemas desenhados. Para chegar a esse resultado final devemos ter presente todas as condicionantes (características do espaço, projecto museográfico, natureza das obras, pressupostos, gestão futura de sistemas de iluminação, etc.) e definir nesse marco que objectivos presidem e a forma com que vamos poder resolve-los. Para fazer um projecto de iluminação os conhecimentos lumintécnicos são a condição necessária mas não suficiente. É necessário saber apreciar as possibilidades do espaço, reconhecer a beleza e técnica das obras e conhecer os mecanismos básicos de percepção.

Tradicionalmente e em todas as actividades criativas, nos programas expositivos em que a iluminação é uma parte fundamental, o luminotécnico deve prever e estudar, como técnico especialista, junto com o resto da equipa. Sobre um pensamento central vão-se desenrolando guiões especializados, programas e protocolos de trabalho que vão desde o nível de conceitualizações ao mais prosaico da valorização dos custos económicos.

O método conceptual básico do projecto museológico será o um texto amplamente desenvolvido que nos proporcionará um conhecimento suficiente sobre os conteúdos, sua didáctica, ordem, distribuição, condições de conservação e segurança. Sobre esta base é integrado dentro do projecto museográfico e é de onde devemos levantar o projecto de iluminação para a dita exposição.

O objectivo será criar um projecto formado pelos seguintes capítulos:

- Guião literário
- Guião de iluminação
- Projecto luminotécnico
- Disposição dos pontos de luz e iluminação das peças

Para que a iluminação seja adequada deve responder pelo menos a 4 requisitos: tratamento do espaço arquitectónico, adequação do projecto museográfico, o respeito pela obra e por último, a garantia de uma percepção correcta pela usuário.

Embora a finalidade de uma iluminação possa ser diversa existem bases gerais em que uma boa iluminação deve assentar correctamente: na iluminação suficiente, sombras e cor adequadas. O sucesso de uma instalação depende da sua combinação.

6.1.1 Características do momento expositivo

6.1.2 A temporização da exposição

Aceita-se que o efeito da luz é acumulativo. Isto forma-se através da lei de reciprocidade, que relaciona o possível efeito da luz com a quantidade resultante de multiplicar a iluminância pelo tempo de exposição. Assim 1000 lux durante uma hora produziram o mesmo efeito que 100 lux durante 10 horas.

Muitas das reacções químicas que podem desencadear-se num determinado composto que forme parte da obra, precisam de uma energia de activação sem a qual não se produzem.

O efeito de deterioração é proporcional ao produto do nível de irradiação (iluminação) e o tempo de exposição.

Registando-se automaticamente o nível de duração da iluminação ao longo do ano, é possível regular a exposição anual (o produto da iluminância pelas horas de exposição, expresso em Kilocandela/horas/ano) conforme a recomendação conveniente. Graças a este método alternativo de controlo de deterioração, o conservador goza de liberdade para elevar um nível de iluminação específico quando a ocasião assim o requerer, sempre que se compense com uma redução em consonância de tempo de exposição ao público.

6.1.2.1 Exposição temporária

Salas de exposições temporárias têm normalmente sistemas de iluminação flexíveis que podem incluir:

- Iluminação de todo o trajecto
- Amplo sistema eléctrico no tecto e no chão