

Iluminação a LEDs (por Mário Loureiro, 30/11/2020)

1 - Vantagens da substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED

1.1 - Eficiência energética - Redução elevada em percentagem do consumo eléctrico (kWh) em iluminação entre 50 a 80% (Mário Loureiro, 2105), estando estimada a iluminação ser responsável por 1/3 do consumo total em edifícios de serviços/comércio. As lâmpadas fluorescentes consomem ainda energia reativa que é paga à parte nos contratos de maior potência o que já não acontece com os LEDs.

A aplicação de contadores inteligentes está-se a expandir e estes já podem medir a reativa, ver redes inteligentes (SmartGrids) e eficiência eléctrica em:

<http://www.marioloureiro.net/tecnica/SmartGrids/SmartGridsOnConsumersMLoureiro01052016.pdf>.

<http://www.marioloureiro.net/tecnica/SmartGrids/SmartGridsMLoureiro22052015.pdf>

As lâmpadas fluorescentes e de descarga emitem radiação, que nos dias quentes provocam desconforto, devido à radiação emitida o que provoca calor nas pessoas, (isto foi verificado pelos funcionários da Autoaval Lda), o que leva a ligar o arrefecimento e por consequente implica um maior consumo eléctrico. Há assim mais consumo pelo ar condicionado com a remoção do calor adicional originado pelas lâmpadas fluorescentes e de descarga.

As lâmpadas fluorescentes não são recomendadas para estarem inseridas em montras ou refrigeradores, pois aumentam o consumo, uma vez que o compressor tem ainda de retirar o calor libertado por estas, e por vezes as lâmpadas até queimam quem toca nelas, como acontece nos expositores de pastelarias.

Mário Loureiro, em 2017 mediu 2 lâmpadas fluorescentes de 36 W, (têm 1,2 m de comprimento), sem zonas pretas, a consumirem 100 W cada. Tal era muito elevado, pelo que devia estar errada a medição. Sabendo-se que a reactância também consome energia pois funciona quente, talvez 60 °C, o fio condutor tem perdas por efeito de joule, mas mesmo assim ainda era exagerado o consumo, pelo que verificou novamente as medições, estas reconfirmavam o valor. A temperatura exterior da lâmpada é cerca de 60 °C. As lâmpadas fluorescentes têm 26 mm de diâmetro, a área é $1,2 \times 0,026 \times 3,1415 (\pi) + \text{topos} \approx 0,1 \text{ m}^2$. Ora se só gastasse 36 W a temperatura exterior da mesma seria muito mais baixa como acontece nas lâmpadas LED de 18 W que nem 30 °C devem alcançar assim tal está em sintonia com o consumo elevado.

Se houver lâmpadas fluorescentes de 1,5 m, que não conseguem arrancar, elas são autênticos aquecedores, cada com quase ½ kW, (para ionizar o gás Argon misturado com vapor de mercúrio no arranque há 2 resistências no topo, ver imagem 3), o que agrava duplamente o consumo de energia, pois o ar condicionado vai ter um consumo adicional a remover esse calor, também há o risco acrescido de incendio e de envelhecimento da instalação eléctrica que pode vir apresentar curtos por quebra de isolamento entre condutores. Mário Loureiro já verificou este fenómeno que obriga à substituição dos cabos de alimentação. Quando uma lâmpada fluorescente não arrancar ela deve ser desligada pelo arrancador enquanto não for substituída.

NB - A eficiência energética contribui para a sustentabilidade dos portugueses e de Portugal.

1.2 - Melhoria das condições de trabalho – Mais e melhor iluminação, pois os LED não emitem luz a 360° como na maioria das lâmpadas incandescentes e de descarga, aproveitando-se melhor a sua emissão luminosa para onde queremos iluminar e há menor cansaço visual, devido ao Elevado CRI - Índice de restituição de cor (Colour Rendering Index), nos LED normalmente é = ou > 90.

Mário Loureiro verificou no seu escritório uma grande redução do cansaço visual com a substituição das lâmpadas fluorescentes por LED. Para uma completa informação consulte a secção 6.

1.3 - Redução de custos de manutenção e de limpeza - menos lâmpadas fundidas ou avariadas a serem substituídas. A iluminação é fria o que não atrai tantos insetos e aranhas. O envelhecimento da instalação eléctrica por lâmpadas fluorescentes que não arrancam pode vir apresentar curtos por quebra de isolamento entre condutores o que pode levar a elevado custo de substituição quando os cabos estão a alturas superiores a 5 m.

Nota - Alguns down-light a LED de 18 W, avariam ao fim de uns 2/3 anos devido ao aquecimento na fonte do mesmo, os condensadores com o calor perdem capacidade e a lâmpada começa a piscar ou a falhar, contudo hoje em dia já se vendem fontes separadas para substituição já que os LED pouco avariam.

1.4 - Mais Segurança - As lâmpadas fluorescentes usam mercúrio, material muito perigoso para a saúde e ambiente, como são de vidro podem partir e libertam o mercúrio (ver imagem 3), já os LED são isentos de mercúrio e geralmente não tem vidro que apresenta outros riscos, pelo que não têm de ter a proteção obrigatória contra queda para as lâmpadas fluorescentes, assim podem não ter a grelha a fazer sombra ou o acrílico que corta claridade, em especial com o tempo, o que reduz a iluminação emitida.

Também têm muito menos risco de incêndio em comparação com as lâmpadas fluorescentes devido ao calor libertado por estas, que podem provocar aquecimentos excessivos em especial as lâmpadas que não arrancam, provocando ruturas de isolamento eléctrico, sendo estas fugas controladas pelos diferenciais eléctricos que cortam a electricidade em caso de fuga à terra, mas se este tiver avariado a probabilidade de foco de incêndio aumenta imenso.

A principal causa de incêndios em edifícios velhos em Lisboa são segundo o comandante dos sapadores os riscos eléctricos (Mário Loureiro 2008).

Ao ligar e desligar as lâmpadas fluorescentes podem aparecer picos de tensão que provocam avarias em aparelhos electrónicos o que não acontece com os LED.

As lâmpadas fluorescentes apresentam problemas eléctricos, pois as reactâncias estão ligadas electricamente à terra, com o envelhecimento do fio da bobina aparece alguma fuga, o que se constata com um megômetro, (aparelho de teste do isolamento eléctrico), o que leva a provocar falhas intempestiva da energia eléctrica, tendo que se substituir a reactância ou toda a armadura, tal é mais caro do que retirar a reactância e aplicar uma lâmpada LED. Mário Loureiro já verificou isto em clientes cerca de uma dezena de vezes em que os diferenciais dispararam deixando os clientes sem energia.

1.5 - Redução de risco de incêndio - Deixa de haver pontos quentes, pois as reactâncias funcionam a temperatura > 60 °C e quando a lâmpada não arranca esta passará os 100°C devido às resistências no topo da lâmpada não pararem de fazer o aquecimento do gás podendo o consumo ser de ½ kW.

1.6 - Payback - Recuperação do investimento em menos de um ano no caso de troca de lâmpadas localizadas até 3 m de altura, a efetuar pela empresa Mário Loureiro Engenharia Lda.

2 - Prática de Mário Loureiro com iluminação a LED

Mário Loureiro utiliza LED para iluminação desde 1982, alguns exemplos:

1982 - Lanterna feita por si com 3 LEDs verdes de 5 mm ligados em série a pilha de 9 V;

1982 - Espelho do bengaleiro de sua casa, foi rodeado com cerca de 200 LEDs verdes de 5 mm, ligados em série a 220VAC, e que estiveram sempre ligados e sem avarias durante mais de 3 anos até à substituição do bengaleiro, o tempo sem avarias foi maior que 25900 h;

1988 - Tabela de preços com cifrão a piscar, para pista de carros de choque de Américo Tavares;

1995 - Painel de rifas (dois) com formato de coração, com contorno a LEDs vermelhos com cerca de 80 cm de altura, para comércio a retalho de porcelanas em feiras;

2013 - Iluminação interior e de publicidade, substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED de 1,5, 1,2 e 0,6 m da sede da CCAMC e da filial da Quinta das Flores, Coimbra;

São mais de trinta empresas e instituições onde trocou e aplicou iluminação a LED como:

Alficonta Lda, Coimbra, 2014;

CCAMC, filiais de Taveiro, Adémia, Almalaguês, São Silvestre (e exterior e fachada), 2014-2016;

Fitomédica Centro de Medicina Natural e Prática Desportiva Lda, Antanhol, 2 ginásios, 2014;

Meada Gil Unipessoal Lda, Antanhol, 2014;

José Lourenço Pneus e Combustíveis, Unip. Lda, Antanhol, 2015;

Bombeiros Voluntários Condeixa-a-Nova, 2015;

Larvidro/ Mondegovidro Soluções em Vidro Lda, 2015;

Beirauto Lobo & Arzileiro Lda, Antanhol, 2016;

Autoaval Lda, Antanhol, 2016;

...

Mário Loureiro instala LEDs de 6000 K, porque valores < 6000 K foram sempre rejeitadas pelos clientes.

Ex. de LEDs a 6000 K - Autoaval, Moinho de Vento, Antanhol, <http://www.autoavalcoimbra.pt>



Imagem 1 - Foto noturna da fachada e publicidade iluminada a 6000 K, por Mário Loureiro a 11/2020.

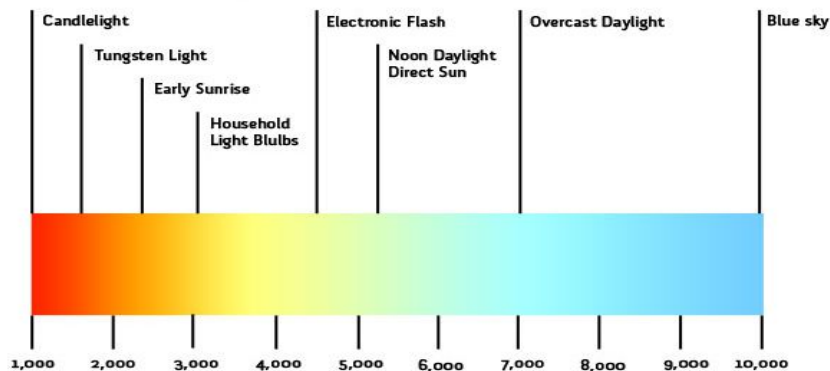


Imagem 2 - Temperatura K de cor por tipo de luz, (K, kelvin é a unidade de temperatura do SI)

<https://www.lightingdesignlab.com/resources/articles/articles-lighting-fundamentals/color-temperature>

Mário Loureiro colabora e apoia várias empresas e técnicos espalhados por Portugal, associados ou parceiros da ADAPCDE, do qual é o presidente. Estes podem também fazer a troca ou aplicação de lâmpadas LED, evitando custos com deslocações. Informações: tel. 917573117, mario@lourotronica.pt

Nota - Para iluminação exterior há um guia específico, e é preciso ter em conta que as descargas atmosféricas avariam os LED localizados em postes por várias formas que é preciso prevenir.

3 - O funcionamento da lâmpada fluorescente e o seu circuito eléctrico

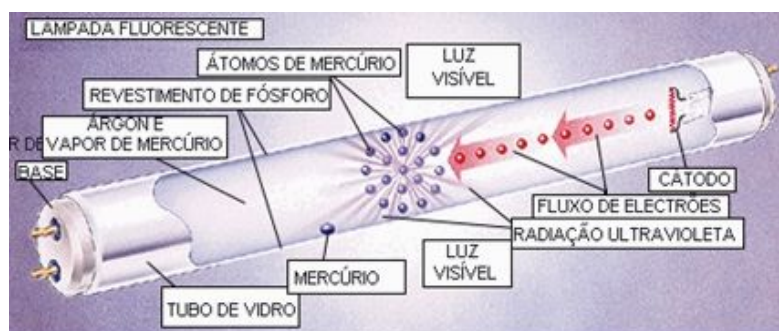


Imagem 3 - constituição e funcionamento da lâmpada fluorescente

<https://www.profelectro.info/iluminacao-lampada-fluorescente-funcionamento/>

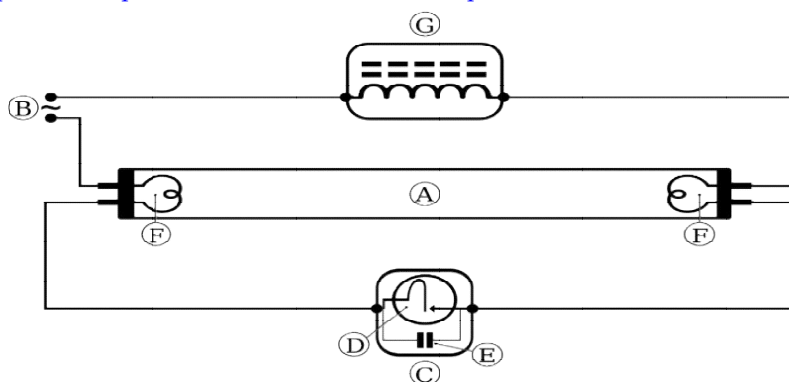


Imagem 4 - Circuito eléctrico de lâmpada fluorescente

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Balastro_\(eletricidade\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Balastro_(eletricidade))

O balastro ou reactância (G), está ligado à terra, e é montado em série, funcionando como limitador da corrente, elevando a tensão. F são resistências eléctricas para aquecer o gás a ionizar.

3.1 - Simplicidade do circuito LED - Com a instalação de LED no lugar de lâmpada fluorescente é removida a reactância, o arrancador e a maior parte dos condutores eléctricos. Se houver ainda algum condensador em paralelo com 230 V para compensação da energia reativa, este será também removido.

4 - Lei de Ohm, Potência eléctrica, e perdas por efeito de Joule

4.1 - Lei de Ohm

A Lei de Ohm, assim designada em homenagem a quem a formulou, o físico alemão Georg Simon Ohm (1789-1854), afirma que, para um condutor mantido à temperatura constante, a razão entre a tensão entre dois pontos e a corrente eléctrica é constante. Essa constante é denominada de resistência eléctrica.

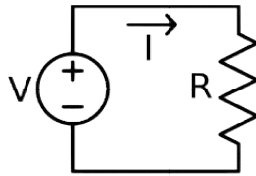


Imagem 5- resistência R atravessada por corrente I com o potencial eléctrico V

$$V = R \cdot I \text{ [V]} \quad (1)$$

V é a diferença de potencial eléctrico (ou tensão, ou d.d.p.) medida em volt (V);

I é a intensidade da corrente eléctrica medida em ampere (A);

R é a resistência eléctrica medida em ohm (Ω);

$$R = \frac{U}{I} = \text{constante}$$

Quando essa lei é respeitada por um determinado condutor mantido à temperatura constante, este denomina-se condutor óhmico. A resistência de um dispositivo condutor é dada pela equação:

$$R = V/I \text{ [\Omega]} \quad (2)$$

4.2 - Potência eléctrica

A potência eléctrica absorvida por um sistema eléctrico é o produto da intensidade da corrente que o atravessa pela diferença de potencial nos seus extremos:

$$P = V \times I \text{ [W]} \quad (3)$$

Por vezes não temos o valor da intensidade mas temos o valor da resistência, assim usando a equação (2) na equação (3) obtemos:

$$P = V^2/R \text{ [W]} \quad (4)$$

Por vezes não temos o valor da tensão mas temos o valor da intensidade, assim usando a equação (2) na equação (3) obtemos:

$$P = R \times I^2 \text{ [W]} \quad (5)$$

4.3 - Lei de Joule

A potência transformada em calor por efeito de Joule é conhecida por lei de Joule. Os condutores metálicos apesar de bons condutores eléctricos têm uma resistência eléctrica que provoca libertação de calor com a intensidade em que a potência é determinada pela equação (5).

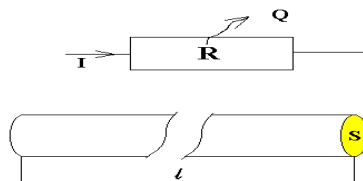


Imagem 6 - Calor libertado num fio condutor por efeito de Joule

I é a intensidade da corrente eléctrica [A] (ampére) no fio;

P é a potência transformada em calor (Q) por efeito de Joule;

A resistência de um condutor eléctrico depende inversamente da sua secção (S), que é a área transversal do condutor em mm^2 , do comprimento (l ou λ) em metros e da resistividade (ρ), esta por sua vez depende da temperatura e do metal utilizado.

A resistência de um fio condutor é então dada por:

$$R = \rho \times \frac{\lambda}{S} \text{ [}\Omega\text{]} \quad (6)$$

ρ - é a resistividade do material condutor [$\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}$]

Para instalações eléctricas de cobre considera-se o valor de $\rho = 0,0225 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}$

4.4 - Perdas térmicas por efeito de Joule

Com o valor da resistência de dado condutor obtido pela eq. 6, $R = \rho \times \frac{\lambda}{S}$ [Ω], aplicamos este na eq. 5,

$P = R \times I^2$ [W], e assim obtemos as perdas térmicas por efeito de joule.

Uma reactância de 36 W com fio de 0,18 mm de diâmetro apresenta $39,5 \Omega$ a 20°C , para 100 W de consumo há uma intensidade de 0,43 A, com $P = R \times I^2$ [W] = $39,5 * (0,43)^2 = 7,3$ W a frio.

4.5 - Conclusão

As perdas térmicas por efeito de Joule são elevadas nas reactâncias das lâmpadas fluorescentes e noutras lâmpadas de descarga, como a de vapor de sódio, ou de mercúrio e as de iodetos metálicos.

Estas perdas são responsáveis por haver componentes quentes, que podem alcançar centenas de graus $^\circ\text{C}$, sendo responsáveis em grande parte pelo risco de incêndio o qual só é atenuado pelo uso de diferenciais em bom estado.

A queda da tensão de um dado condutor para uma dada carga (A - Ampére) pode ser calculada a partir da folha Excel em <http://www.marioloureiro.net/tecnica/electrif/QuedaTensaoElec.xls>

5 - Legislação que contém a referência a iluminação LED

Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013 de 10 de abril.

Aprova o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética para o período 2013-2016 e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis para o período 2013-2020

Decreto-Lei n.º 68-A/2015 de 30 de abril.

Estabelece disposições em matéria de eficiência energética e produção em cogeração, transpondo a Diretiva n.º 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, relativa à eficiência energética

...

ANEXO II (a que se refere o n.º 2 do artigo 5.º), Medidas políticas destinadas a obter novas economias de energia

...

ii) Renovação do parque de equipamentos de iluminação pela substituição de lâmpadas de baixa eficiência energética e respetivo phasing-out, através da manutenção das regras relativas à etiquetagem energética das lâmpadas elétricas para uso doméstico, nos termos do Decreto-Lei n.º 18/2000, de 29 de fevereiro, e da continuidade na aplicação da taxa sobre lâmpadas de baixa eficiência energética, nos termos do Decreto-Lei n.º 108/2007, de 12 de abril, bem como do alargamento dessa substituição a outro tipo de lâmpadas pouco eficientes com base nas classes de desempenho energético, nomeadamente através da introdução de novos tipos de lâmpadas, com tecnologias emergentes como as light-emitting diode (LED) ou o halogéneo eficiente, com vista à substituição das lâmpadas destinadas à sinalização e outras utilizações mais comuns das lâmpadas incandescentes e de halogéneo de baixa eficiência (medida «RSp1m² - Iluminação eficiente»);

...

iv) Implementação de projetos de eficiência energética no parque de Iluminação Pública (IP), através de celebração de contratos de gestão de eficiência energética com as ESE, precedidos de concursos públicos, com vista, nomeadamente, à instalação de reguladores de fluxo luminoso, à substituição de lâmpadas de vapor de mercúrio por fontes de luz mais eficientes, à instalação de tecnologias de controlo, gestão e monitorização da IP e à substituição das fontes luminosas nos sistemas de controlo de tráfego de peões por tecnologia LED (medida Ep1m⁴ - Iluminação Pública Eficiente»);

Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2020 de 24/11.

Aprova o Programa de Eficiência de Recursos na Administração Pública para o período até 2030.

Lei n.º 3/2020 de 31 de março.

Grandes Opções do Plano para 2020.

6 - PremiumLightPro (programa *PremiumLightPro*) do qual vai ser compilado um resumo.

O PremiumLightPro (2016-19) é um projeto europeu, no âmbito do programa H2020, relativo a implementação de sistemas de iluminação LED (interior e exterior) energeticamente eficientes no setor público e privado, através do desenvolvimento de instrumentos políticos concebidos em cooperação com os principais intervenientes do mercado da oferta e da procura e que inclui:

- Desenvolvimento de critérios para aquisição de equipamento;
- Desenvolvimento de guias para iluminação interior e exterior;
- Coleção de casos de Boas Práticas;
- Constituição de uma plataforma informativa;
- Desenvolvimento de ferramentas de planeamento específicas e uma base de dados de produtos;
- Realização de cursos de formação modular para arquitetos, instaladores, consultores, etc.

6.1 - Acrónimos e Abreviaturas

| | |
|-----------|--|
| AFV | Falha abrupta (Abrupt Failure Value) |
| ANSI | American National Standards Institute |
| CCT | Temperatura de cor correlacionada (Correlated Colour Temperature) |
| CIE | Commission Internationale de l'Éclairage (Illumination) |
| Cd | Candela, unidade SI para a intensidade luminosa |
| CFL | Lâmpada compacta fluorescente (Compact Fluorescent Lamps) |
| CRI | Índice de restituição de cor (Colour Rendering Index) |
| DALI | Digital Addressable Lighting Interface (control protocol) |
| DSE | Equipamento com display ou ecrã (Display Screen Equipment) |
| Duv | Distância cromática de um radiador de Planck (corpo negro) |
| EC | Comissão Europeia (European Commission) |
| ECEEE | European Council for an Energy Efficient Economy |
| EPA | Environmental Protection Agency (EUA) |
| EPBD | Energy Performance of Buildings Directive (Diretiva do Desempenho Energético de Edifícios) |
| ESCO | Empresa de Serviços de Energia (Energy Service Company) |
| GLS | General Lighting Service (Lâmpada incandescente não direcional) |
| HCL | iluminação centrada nos humanos (Human Centric Lighting) |
| IEA | SSL International Energy Agency 4E Solid State Lighting Annex |
| IEC | International Electrotechnical Commission |
| K | Kelvin, unidade SI para a temperatura) |
| CCV (LCC) | Custo do ciclo de vida (Life Cycle Cost) |
| LED | Díodo emissor de luz (Light Emitting Diode) |
| LEF | Fator de eficiência da luminária (Luminaire Efficiency Factor) |
| LFL | Lâmpada fluorescente linear (Linear Fluorescent Lamps) |
| LiFi | Comunicação sem fio de alta velocidade baseada em modulação de luz LED de alta frequência |
| LLMF | Fator de manutenção de lumens da Lâmpada (Lamp Lumen maintenance Factor) |

| | |
|---------|--|
| LMF | Fator de manutenção da luminária (Luminaire maintenance Factor) |
| LOR | Rácio de saída de luz (Light Output Ratio) |
| LSF | Fator de sobrevivência (Lumen Survival Factor) |
| lm | Lumen, unidade SI para o fluxo luminoso |
| lux | Unidade SI para a iluminância $1 \text{ lux} = 1 \text{ lm/m}^2$ |
| PIR | Infravermelho passivo (Passive InfraRed) |
| Ra | Índice de restituição de cor (Colour rendering index) |
| RGB | Red Green Blue (referindo a mistura de cores de um LED) |
| SDCM | Desvio da correspondência de cores (Standard Deviation Colour Matching) |
| ta | Rated ambient temperature = highest sustained temperature for normal luminaire operation |
| tq | Rated quality ambient temperature = highest sustained temperature for a defined level of performance |
| TCO | Custo total de propriedade (Total Cost of Ownership) |
| W, Watt | = 1 Joule/segundo (taxa de conversão ou transferência de energia) |

6.1.1 - Os benefícios da iluminação LED

A tecnologia da iluminação LED possibilita a melhoria da eficiência energética aliada a qualidade de iluminação em ambos os setores, público e privado.

A tecnologia LED difere substancialmente das tecnologias de iluminação existentes, com inúmeras possibilidades de inovação. A sua utilização pode trazer benefícios nas condições de trabalho e melhoria do bem-estar, por exemplo através de luminárias otimizadas, iluminação integrada, flexibilização do controlo onde o utilizador pode alterar a distribuição espectral e a temperatura de cor mimetizando as variações da iluminação exterior durante o dia, iluminação inteligente e uma melhor utilização da luz natural.

A eficiência luminosa de uma boa solução LED deverá ser superior a 100 lm/W , sendo que este indicador continua a aumentar ano após ano. Os regulamentos da EU 244/2009, 245/2009 e 1194/2012, relativos ao eco design já incluem a tecnologia LED, apesar de terem sido elaborados antes da maturação da tecnologia e do seu atual nível técnico.

Para o setor terciário, ainda não está disponível um esquema de rotulagem para luminárias e sistemas de iluminação e a implementação nacional da Diretiva relativa ao desempenho Energético dos edifícios (EPBD) fornece apenas apoio limitado para o projeto de sistemas de iluminação energeticamente eficientes para edifícios.

Uma percentagem considerável dos sistemas de iluminação interior utilizados no setor público e privado ainda se baseia em tecnologias ineficientes - tubos fluorescentes T8 com balastos eletromagnéticos, e lâmpadas de halogénio. É vantajoso substituir estas tecnologias por sistemas de iluminação LED com controlo associado. É ainda benéfico, num número crescente de casos, a substituição dos tubos fluorescentes T5. De uma forma geral, recomenda-se a alteração em simultâneo das lâmpadas e luminárias uma vez que, frequentemente, a reutilização das luminárias existentes gera desafios provocados pela alteração da distribuição da iluminação.

6.1.2 - Necessidade de um guia

As tecnologias de iluminação LED tem evoluído muito rapidamente com produtos novos e melhorados a surgir a cada seis meses. Também as normas internacionais continuam em progressão.

É frequente a adoção de sistemas de iluminação LED desadequados devido a falta de informação e de critérios de apoio a seleção da solução certa.

A publicação de um guia que possa apoiar a escolha de soluções inovadoras, critérios de aquisição para a seleção de sistemas de iluminação LED de elevada qualidade e eficientes e, claro, exemplos de boas práticas, foi uma necessidade expressa por diversas partes interessadas.

Com o dinamismo atual da evolução da tecnologia, os critérios deverão ser atualizados com regularidade, enquanto as recomendações gerais para um bom projeto de iluminação permanecerão atuais por um período mais longo.

Este guia aborda as principais áreas de aplicação dentro dos diferentes setores incluindo:

- Escritórios;
- Escolas;
- Museus e exposições;
- Lojas de comércio;
- Setor da saúde.

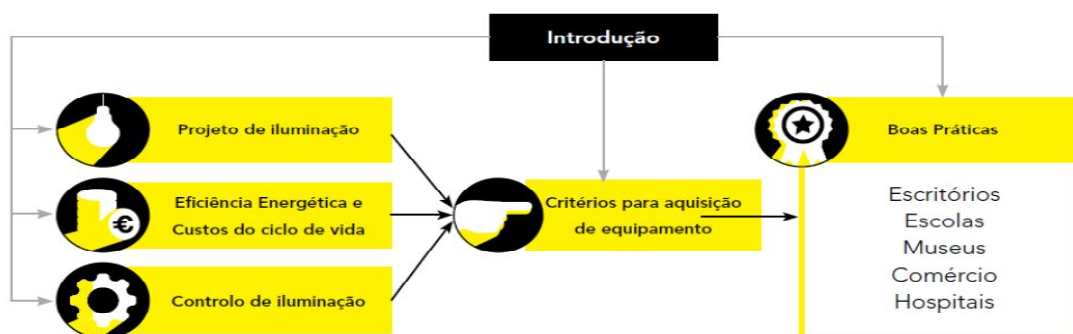


Figura 1 Os critérios para a aquisição de equipamento são a essência deste guia

6.1.1 - Introdução

O desempenho visual para posições/objetos numa divisão depende especialmente:

- da iluminância: medida da quantidade de luz que incide numa superfície/plano. A unidade de medida é o lux;
- da luminância: medida da quantidade de luz numa dada direção. A unidade de medida é a candela por metro quadrado (cd/m^2);
- se o objeto é tridimensional e/ou colorido.

Existem outros determinantes para uma boa visibilidade considerados no projeto de iluminação que serão descritos nas secções que se seguem, incluindo:

- Facilitar o desempenho visual do olho;
- Acesso a luz natural;
- Natureza das tarefas e as propriedades das superfícies do espaço e dos objetos;

- Normas que apoiam um desempenho visual satisfatório;
- As necessidades para uma iluminação geral com uniformidade;
- Brilho relativo do objeto em comparação com a envolvente (contraste);
- Direção da luz;
- Iluminação atrativa no interior do edifício;
- Sistemas de iluminação de orientáveis podem melhorar a visibilidade e percepção do espaço;
- Variabilidade da iluminação (intensidade e cor);
- Restituição da cor e temperatura de cor da luz;
- Encandeamento e tremulação;
- Garantir segurança e proteção.

6.2.2 - Desempenho visual do olho

A distribuição da luminosidade no campo de visão controla a adaptação do olho e, claro, a visibilidade da tarefa. É necessária uma distribuição da luminância equilibrada de forma a aumentar a:

- 1) Acuidade visual (nitidez da visão);
- 2) Sensibilidade aos contrastes (discriminação de pequenas diferenças relativas de luminância);
- 3) Eficiência das funções oculares (como a acomodação, a convergência, a contração pupilar, movimento dos olhos, etc.).

Deve evitar-se uma distribuição de luminância:

- Demasiado elevada, o que pode provocar encandeamento;
- Com contraste demasiado elevado, o que pode causar fadiga devido a necessidade constante de readaptação dos olhos;
- Luminância e/ou contraste de luminância demasiado baixos podem resultar num ambiente de trabalho monótono e pouco estimulante.

Uma distribuição de luminância equilibrada requer a avaliação das luminâncias de todas as superfícies (determinada pelo reflexo e pela iluminação).

O conforto visual do ser humano é obtido através de superfícies interiores brilhantes, em particular as paredes e os tetos, com uma seleção de valores adequados de reflexo e de iluminação para as superfícies interiores.

A luminância e a sua distribuição na área de trabalho e na envolvente têm um impacto elevado na forma como uma pessoa percebe e desempenha a tarefa visual de forma rápida, segura e confortável. A norma europeia EN 12464-1 fornece valores de luminância que asseguram as necessidades de conforto visual e desempenho (veja-se parte 6.2.5).

Um bom projeto de iluminação também deve ter em conta a idade dos ocupantes do edifício. A medida que vamos envelhecendo, a lente ocular perde flexibilidade, o que reduz a capacidade de acomodação do nosso olho, e leva a necessidade de óculos de leitura.

Durante a vida, o corpo vítreo do olho vai sendo poluído por proteínas e outras substâncias que difundem a radiação luminosa que chega ao olho, levando a uma maior sensibilidade ao encandeamento. Ao envelhecermos, os músculos que controlam o tamanho e a reação da nossa pupila a luz vão perdendo força, o que leva a que a pupila fique mais pequena e menos reativa as alterações da iluminação ambiente. Devido a reduzida transmissão de luz na lente dos olhos, córnea e corpo vítreo, precisamos de 3 vezes mais luz ambiente para ler confortavelmente aos 60 anos do que precisávamos aos 20 [17].

A percepção da cor e também muito importante para o desempenho visual. Para o olho humano, algumas cores são mais visíveis do que outras. A sensibilidade visual do olho humano atinge o seu máximo na região amarelo-verde do espectro. O contraste entre cores e também muito importante e depende das propriedades de restituição de cor de um sistema de iluminação.

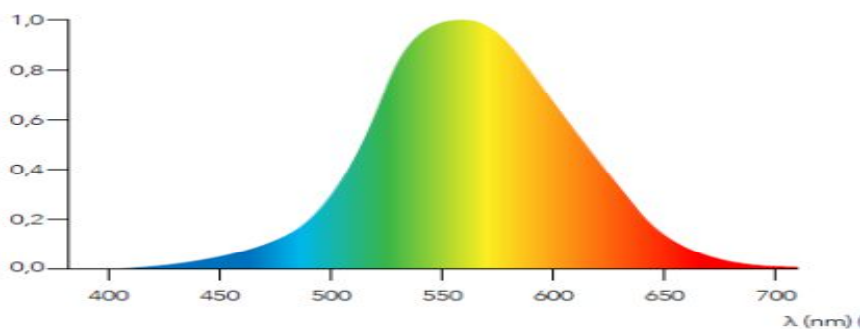


Figura 2 Sensibilidade espectral relativa do olho humano sob condições fotópicas, a chamada curva $V(\lambda)$

6.2.3 - Luz natural

A visão humana desenvolveu-se, ao longo de milhares de anos, tendo a luz natural como principal fonte luminosa. Ao longo do dia e do ano, o movimento da Terra em relação ao Sol proporciona grandes variações da luz natural ao nível da luminosidade, direção, distribuição espectral e cor. A nossa visão tem uma capacidade excepcional de se adaptar as variações de luminosidade desde um nível baixo de lux até mais de 100 000 lux.

A luz natural deve ser usada sempre que possível, pelo que uma iluminação eficiente deve ser planeada e controlada dependendo do acesso a luz natural.

Os requisitos mínimos para uma iluminação interior artificial devem incluir os horários do dia e da noite. A quantidade de luz natural que entra numa divisão depende da luz do céu, da luz refletida nos edifícios envolventes, das aberturas exteriores do edifício e da transmitância da janela.

O fator da luz natural D definido para um céu nebulado, expressa a quantidade de luz natural que alcança uma superfície ou um ponto de uma divisão.

O exemplo da figura 3 mostra como é alcançado o nível recomendado de iluminância para tarefas de leitura e escrita (500 lux, para valores de iluminância recomendados, veja por favor a parte 6.2.5) para um fator de luz natural.

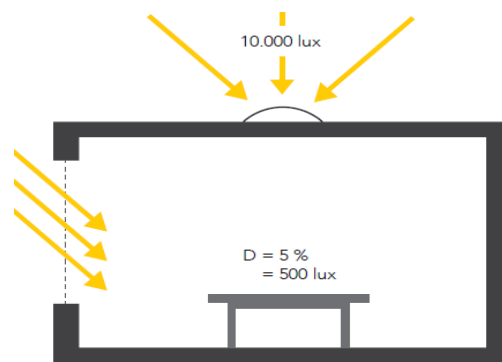


Figura 3 Exemplo da iluminância da luz natural expressa pelo fator de luz natural

6.2.4 - Diferentes tipos de iluminação

A iluminação está normalmente dividida em três tipos [22]:

- 1) iluminação geral consiste normalmente em luminárias fixas no teto equidistantes entre elas e a metade da distância da parede. Fornece a iluminância necessária em todos os locais e total flexibilidade do mobiliário. No geral a aparência pode não ser apelativa e o consumo energético é mais elevado do que nas outras opções uma vez que a iluminação não está adaptada às diferentes necessidades das divisões.
- 2) iluminação localizada consiste em luminárias fixas no teto em cada posto de trabalho, fornecendo a iluminância necessária para as tarefas e iluminação geral suficientemente distribuída nas áreas de acesso. Quando comparada com a iluminação geral, o consumo energético é menor mas a flexibilidade para alocar postos de trabalho é reduzida. A iluminação localizada também inclui iluminação decorativa, por ex: para exibir detalhes arquitetônicos ou quadros.
- 3) iluminação local, inclui iluminação que pode ser movida com o posto de trabalho e iluminação geral nas áreas de acesso.

Os benefícios são:

- 1) posicionamento muito flexível dos postos de trabalho;
- 2) melhor eficiência energética do que trabalhando apenas com a iluminação geral;
- 3) os colaboradores podem controlar a sua própria iluminação (há iluminação local que pode ser partilhada pelos funcionários).

A iluminação local pode ser por ex: candeeiros de mesa, candeeiros de luz ascendente, e iluminação encastrada onde a iluminação LED é adequada devido ao seu tamanho reduzido.

Muitas instalações de iluminação são do tipo geral o que permite flexibilidade no posicionamento dos postos de trabalho, mas os consumos Energéticos são tipicamente mais elevados do que nos tipos localizada ou local.

Para além disso, alguns estudos [26] demonstraram que, em termos de desempenho e preferência do utilizador, a iluminação com um certo grau de não uniformidade é mais eficaz.

As luminárias LED pendentes, com um fluxo luminoso ajustável e tipicamente mais baixo, podem ser utilizadas para obter poupanças energéticas uma vez que reduzem a necessidade da iluminação geral [27].

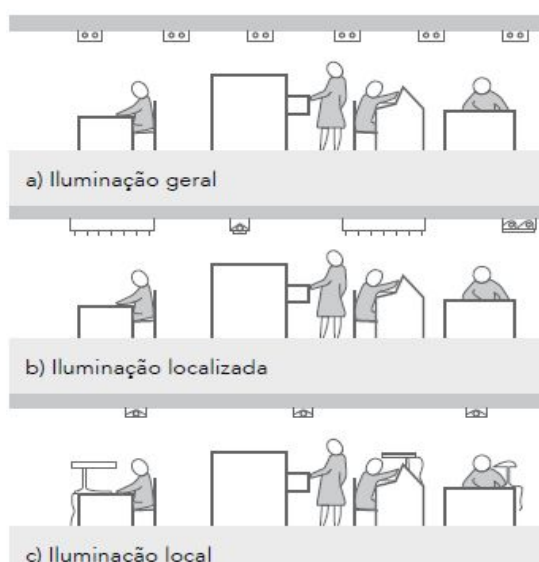


Figura 4 Tipos de iluminação interior [22]: a) Geral, b) Localizada e c) Local.

6.2.5 - Iluminância para locais de trabalho no interior e aplicações

A norma “EN12464-1:2011, Luz e iluminação – iluminação de locais de trabalho – Parte 1: Locais de trabalho interiores” especifica recomendações para soluções de iluminação para a maioria dos locais de trabalho interiores, tendo em conta a quantidade e qualidade de iluminação para pessoas com capacidade visual normal. Todos os países da EU são membros CEN e devem por isso fazer uso destas recomendações.

A norma inclui requisitos de iluminação para diferentes tipos de trabalho, o tipo de tarefa visual incluindo a utilização de DSE (Display Screen Equipment - Equipamentos com Ecran) e duração da atividade.

As recomendações são também dadas para boas práticas em sistemas de iluminação relacionadas com a segurança e saúde.

As iluminâncias médias indicadas para uma tarefa específica, tem uma grande influência nos projetos de iluminação.

A norma faz a distinção entre a área de trabalho/tarefa, a área envolvente imediata (pelo menos uma amplitude de 0,5m em redor da área de trabalho) e a área de fundo (pelo menos 3m de amplitude adjacente a área envolvente).

Recomenda-se que os rácios de iluminância entre a área de trabalho, a área envolvente e as iluminâncias de fundo sejam 5 : 3 : 1.

Tabela 1 *Requisitos recomendados para a iluminação interior*

| Tipo de área, tarefa e atividade | Iluminância média mantida por área da tarefa (lx) | Encandeamento máximo (UGR _t) | Uniformidade da iluminância mínima (U _o) | CRI (Ra) |
|---|---|--|--|----------|
| Escritório: Escrever, ler e processamento de dados | 500 | 19 | 0.40 | 80 |
| Escritório: Recepção | 300 | 22 | 0.60 | 80 |
| Loja comercial: Zona de vendas | 300 | 22 | 0.40 | 80 |
| Reuniões públicas: Halls de entrada | 100 | 22 | 0.40 | 80 |
| Reuniões públicas: Corredores | 100 | 25 | 0.40 | 80 |
| Reuniões públicas: Salas de conferência | 500 | 19 | 0.60 | 80 |
| Edifício educativo: Salas de aulas | 300 | 19 | 0.60 | 80 |
| Edifício educativo: Educação de adultos | 500 | 19 | 0.60 | 80 |
| Edifício educativo: Desenho técnico | 750 | 16 | 0.70 | 80 |
| Saúde: Iluminação geral nas enfermarias | 100 | 19 | 0.40 | 80 |
| Saúde: Análise e tratamento | 1000 | 19 | 0.70 | 90 |

UGR_t, U_o e CRI são explicados nas secções seguintes.

A iluminância define a quantidade de luz que incide numa superfície e é medida em lux. A norma EN12464-1 inclui tabelas com requisitos detalhados de iluminância para quase todas as áreas, tarefas e atividades interiores. A tabela 1 mostra alguns exemplos.

Caso a área de trabalho não esteja ainda definida ou o proprietário do edifício queira flexibilidade, o projetista pode escolher entre 1) a melhor iluminação em toda a área de trabalho ou 2) fornecer iluminação em cada posto de trabalho e ter uma iluminação base para a restante área.

6.2.6 - Uniformidade da iluminação

A uniformidade da iluminação refere-se a homogeneidade da iluminação que é difundida pela área de trabalho, chão e paredes, respetivamente. A uniformidade da iluminação é especialmente importante para zonas de trabalho. Se a iluminação não for homogênea, os olhos dos ocupantes fazem ajustes involuntários aos diferentes níveis de iluminação, enquanto tentam manter o foco, o que causa stress e fadiga excessivos.

A norma EN12464-1 determina critérios de projeto adicionais de forma a desencorajar a falta de uniformidade.

Em termos puramente matemáticos, a uniformidade da iluminação é o rácio entre a iluminância mínima e a média, numa dada área. A uniformidade mínima é denominada U_o. Quando o requisito de uniformidade U_o é 0,6 e o requisito de iluminância para a área de trabalho é de 300 lux, a iluminância em qualquer ponto da área de trabalho deve ser de pelo menos 180 lux.

A distribuição de luz natural numa divisão com janelas será sempre irregular o que pode ser entendido como estimulante e positivo desde que não reduza o conforto e a facilidade de leitura num quadro negro, um monitor ou DSE. Caso a distribuição seja demasiado irregular, devem utilizar-se protetores solares nas janelas (cortinas, sombreadores, etc.) de forma a controlar a uniformidade da iluminação.

A principal direção da luz determina a capacidade de ver a profundidade, a forma e a textura de um objeto ou pessoa e portanto influencia a nossa competência para estimar distâncias. A direccionalidade total da luz incidente é fundamental quando é necessário reconhecer objetos tridimensionais.

A iluminação uniforme que surge de “todas” as direções, não produz sombras e, como resultado disso, os objetos visíveis parecem planos. Este tipo de iluminação denomina-se luz difusa. A luz direta provoca sombras e podem desaparecer pormenores. De uma forma geral, a melhor luz é composta por uma mistura de luz difusa e direta.

Projetistas e outros profissionais podem escolher de entre uma diversidade de refletores para iluminação LED com diferentes formas, cores e posição da lâmpada, sendo que todos estes aspectos influenciam a uniformidade da luz. Para além disso, as lentes podem ser utilizadas para adquirir uma qualidade de luz diferente, isto é, lentes foscas criam uma iluminação mais uniforme, mas diminuem a luminosidade. É importante considerar todas as opções antes de assumir o compromisso de uma escolha.

6.2.7 - Contraste da luminância

Contraste da luminância é o termo fotométrico determinado pela diferença em cor e luminosidade de um objeto em relação ao fundo, dentro do mesmo campo de visão.

Um projeto de iluminação que ilumina alguns objetos e sombreia outros pode proporcionar melhor visibilidade.

Muitos profissionais da área recomendam um rácio máximo de 5:1 entre a iluminação local da área de trabalho a iluminação geral.

A distribuição da luminância numa divisão é determinada pelas janelas, a posição das luminárias, a distribuição da luz e as superfícies refletoras na divisão. Uma distribuição de luminosidade bem equilibrada aumenta a acuidade visual e a sensibilidade ao contraste.

De uma forma geral, um bom contraste e uma seleção apropriada da cor resulta melhor que uma iluminância muito elevada, uma vez que o sistema visual humano é mais sensível ao contraste do que a iluminância elevada.

As luminárias podem ser dirigidas na direção do posto de trabalho, do professor, do sinal ou outro objeto importante sem aumentar a iluminância geral. Os benefícios de um bom contraste são: impressão visual melhorada (desde que não haja encandeamento) e baixo consumo energético.

A iluminação também pode causar reflexos que interferem nos monitores dos computadores.

A norma EN12464-1 especifica limites médios de luminância para as luminárias, de modo a evitar reflexos nos monitores. Os limites são especificados para ângulos de elevação de 65° ou superiores, e são tipicamente 1000 cd/m^2 ou 1500 cd/m^2.

Para atividades críticas no monitor do computador o ângulo começa em 55°.

2.8 - Encandeamento e segurança fotobiológica

O encandeamento surge quando existe luminância ou contraste de luminância elevados, frequentemente devido a falta de proteção de uma janela, reflexos ou a visão direta das fontes de luz LED na luminária.

Normalmente, o olho adapta-se a qualquer tipo de situação de iluminação, mas se a iluminação do objeto ou do fundo for demasiado brilhante ou o contraste demasiado elevado, a visão sofre por:

- Encandeamento incapacitante, que afeta a capacidade visual e é provocado por luminâncias elevadas em cenários de baixas luminâncias, tipicamente por um ponto de luz, como focos brilhantes direcionados aos olhos dos observadores, ou por uma grande área de fontes de luz, como um painel de LEDs.
- Encandeamento desconfortável, que surge sob a forma de desconforto visual sem afetar a capacidade visual. O encandeamento de desconforto é quantificado pelos valores-limite do índice de encandeamento unificado (UGRL) que variam de UGRL 10 (sem efeito) passando por UGRL 16 (desagradável) até UGRL 28 (intrusivo).

A norma EN_12464-1 recomenda limites UGR para tipos específicos de salas e aplicações (ver Tabela 1). O encandeamento de desconforto pode provocar uma posição ergonomicamente incorreta (para tentar evitar o encandeamento), fadiga e dor de cabeça.

A norma EN12464-1 também especifica o ângulo de proteção mínimo em todas as direções, dependendo da luminosidade da lâmpada. Para instalações interiores, o encandeamento incapacitante é raro, enquanto o encandeamento de desconforto pode aparecer com mais frequência.

Com a reduzida dimensão dos LED e correspondente brilho, recomenda-se estar ciente que o encandeamento pode surgir ou até causar lesões oculares caso os utilizadores olhem diretamente para as fontes de luz LED durante um longo período.

O encandeamento pode ser evitado com:

- Projeto de iluminação sem transições bruscas / contraste;
- Controlo da luz de janelas (por exemplo, com persianas ou cortinas finas);
- Providenciar sombreamento fixo no edifício;
- Controlo manual das proteções das janelas (os utilizadores poderão assim desfrutar da luz do Sol num dia de inverno);
- Instalação de vidros refletivos ou absorventes nas janelas. O vidro colorido deve ser evitado porque reduz a luz em períodos de clima nublado;
- Tetos, painéis e paredes brilhantes (por exemplo, com iluminação ascendente e boa distribuição de luz);
- Utilização de luz difusa suave em salas com ecrãs de projeção;
- Iluminação dirigida para a zona de trabalho;
- Utilização de fontes de luz maiores com menor concentração de luz;
- Utilização parcial de iluminação ascendente;
- Utilização de difusores e grelhas nas luminárias;
- Proteção das lâmpadas em ângulos de visão normais, com uma distribuição uniforme leve;

Em caso de dúvida sobre o encandeamento de uma lâmpada, pode colocar um pequeno espelho no posto de trabalho e mover a Lâmpada até que não seja visível no espelho.

Uma preocupação que diz respeito a segurança fotobiológica, e a emissão de luz azul que penetra a córnea e é direcionada para a retina pela lente. Isto é conhecido como perigo da luz azul. De acordo com a experiência atual, nenhuma fonte de luz que emite luz branca utilizada em aplicações de iluminação geral é considerada perigosa para a retina de adultos saudáveis, mas lâmpadas especiais, p. ex. as lâmpadas com alta intensidade luminosa no espectro azul devem ser consideradas caso a caso.

As fontes de luz utilizadas por pessoas sensíveis, isto é, crianças ou adultos com certos tipos de doenças oculares, requerem uma avaliação adicional. As normas IEC 62471/CIE S009 e IEC/TR 62778: 2014:

Aplicação da norma IEC 62471, especificam quatro grupos de risco (RG-Risk Groups) [13]. Para garantir a segurança ótica fotobiológica recomenda-se que as lâmpadas e luminárias LED recaiam nos grupos RG0 ou RG1 [1].

6.2.9 - Temperatura da cor e Tolerância

Os sistemas de iluminação LED podem ser fornecidos com diferentes Temperaturas de Cor Correlacionadas (CCTs):

- Quentes (2700 – 3000 K) que criam um ambiente intimista adequado a enquadramentos domésticos, restaurantes e similares;
- Brancas neutras (cerca de 4000 K), ideal para cenários empresariais uma vez que somos mais produtivos com este CCT;
- Brancas frias (cerca de 6500 K e acima) usados quando a luz artificial se mistura com a luz natural.

A seleção da temperatura de cor apropriada da fonte de luz é em grande parte determinada em função da divisão. Estudos indicam que uma CCT elevada é preferível com níveis de iluminação elevados. A CCT elevada também é preferida em climas mais quentes, enquanto em climas mais frios, e na ausência de luz natural, a preferência recai numa CCT mais baixa (com uma aparência mais quente).

Quando os chips LED são produzidos, ocorrem tolerâncias que podem resultar em diferenças na cor da luz. Deve-se ter cuidado para garantir pequenas diferenças de cores - especialmente em aplicações de iluminação onde as fontes de luz estão próximas e podem ser vistas simultaneamente.

Os LEDs são testados após serem fabricados e classificados em classes de tolerância. Este processo é chamado de “compartimentalização de cores”. Um compartimento de cores (elipse de MacAdam) corresponde a uma área específica do diagrama de cromaticidade CIE. A maioria das pessoas não consegue ver nenhuma diferença na cor dentro de uma etapa de uma elipse de MacAdam. A diferença de cor começa a ser notada dentro de duas etapas da elipse de MacAdam, que atualmente é considerada como uma boa prática na iluminação LED [9].

A norma ANSI C78.377: 2015 “Especificações para a cromaticidade de produtos de iluminação de estado sólido” recomenda a seleção de CCTs nominais especificados por quadrângulos de cromaticidade e tolerâncias de Duv (ver tabela 2 no capítulo 5).

Tecnicamente, a tolerância a cromaticidade e a distância da cromaticidade de uma luz do local de Planck (corpo negro) e CCT pretendida. Este método também é recomendado pela IEA 4E SSL [1] porque o método alternativo com o uso de etapas MacAdam (as elipses referem-se a regiões no Diagrama de Cromatografia CIE) é mais difícil de medir no laboratório e é uma medida com menor detalhe.

A iluminação LED com controle é capaz de variar a luminância e ajustar a temperatura de cor correlacionada.

Os melhores sistemas são capazes de fornecer a mesma variação do ciclo de iluminação natural. Os conselhos sobre este tipo de controle são apresentados no capítulo 4.

6.2.10 - Restituição cromática

A restituição cromática define a capacidade de uma fonte de luz branca restituir, de uma forma precisa, as cores de um objeto. É expressa através do índice de restituição da cor geral (CRI) com valores entre 0 e 100, onde 100 é o melhor (100 é fornecido pela luz natural).

Pode conseguir-se uma excelente restituição de cor com lâmpadas com um CRI superior a 90, necessário por exemplo, em áreas clínicas de hospitais, edifícios da área da saúde, museus, teatros, inspeção/controlo/ seleção de cores e alguns tipos de lojas.

De uma forma geral, um CRI superior a 80 é considerado suficiente para o juízo preciso de uma cor na maioria dos espaços interiores.

A norma EN12464-1 especifica os requisitos mínimos da restituição da cor para praticamente todo o tipo de tarefas através da CRI (Ra). A tabela 1 mostra informação concreta sobre o nível de CRI recomendado.

O CRI é definido pela CIE como a média dos índices da restituição da cor para oito cores de teste com saturação cromática baixa. Contudo, existem 15 índices de cor. Os estudos mostram que o índice R9 (para a cor vermelha) é muito importante na restituição de cor das lâmpadas LEDs.

Recomenda-se a utilização do requisito $R9 > 0$ da IEA 4E SSL [1].

De uma forma geral num projeto de iluminação, é importante ter em conta que a restituição de cor fornecida pela fonte de luz pode ser reduzida pela ótica, envidraçado e pelas superfícies coloridas.

6.2.11 - Tempo de vida

Os LEDs de elevada qualidade conseguem manter a produção de luz durante dezenas de milhares de horas. No entanto, o driver eletrónico incorporado pode sofrer uma falha súbita e a vida útil de todo o sistema de iluminação pode ter de ser repensado.

A durabilidade de uma Lâmpada LED é definida como o período durante o qual uma dada fração do número total de lâmpadas (B_y) fornecem mais do que uma percentagem pré-definida do fluxo luminoso avaliado (L_x), sob as condições de teste normalizadas, ou seja, um L70B50 >25000 horas significa que no máximo 50% das lâmpadas fornecem menos de 70% do fluxo luminoso avaliado depois de terem sido utilizadas durante 25000 horas.

A durabilidade nominal deveria ser ponderada com o preço, tendo em conta que apesar das fontes de luz LED terem uma durabilidade prolongada, pode ser mais rentável substituí-las bem antes do seu fim de vida por produtos LED com maior eficiência – presentemente, em cada seis meses surgem novos produtos LED energeticamente mais eficientes

6.2.12 - Temperatura ambiente

O desempenho das luminárias LED é influenciado pela temperatura ambiente. A temperatura ambiente nominal (t_a), e a temperatura mais elevada na qual a luminária consegue funcionar em condições normais.

A temperatura t_q (qualidade) indica a temperatura ambiente mais elevada permitida para um determinado nível de desempenho (inclui durabilidade nominal e as características da iluminação). Pode ser declarado mais do que um valor t_q para características de desempenho diferentes.

Quando $t_a = 25\text{ °C}$, não é necessária declaração para a luminária; qualquer outro valor de temperatura ambiente precisa de estar declarado (a mesma regra é aplicável ao t_q) [14].

Devido ao calor do verão e ao ar mais quente junto ao teto, a temperatura ambiente pode ser superior a 30 °C em determinados momentos. Por esta razão, nalguns países, aconselha-se o uso de lâmpadas com $t_a = 30\text{ °C}$.

6.2.13 - Manutenção

Em instalações novas, todas as superfícies das luminárias estão limpas, as lâmpadas emitem o fluxo luminoso total, e a superfície da luminária e da divisão tem propriedades refletoras ótimas.

A medida que o tempo passa, a sujidade acumula-se nas luminárias e nas superfícies da divisão. Com a idade, a eficácia da lâmpada deteriora-se, os difusores de plástico, os controladores prismáticos e os refletores descoloram.

A depreciação da luz da luminária depende da limpeza do local e design da luminária, por exemplo, os pontos de luz ascendente são mais sensíveis à sujidade do que os de luz descendente.

O grau de proteção contra a entrada de lixo na luminária é especialmente importante. Após 3 anos, a depreciação devido a sujidade acumulada na luminária, pode variar entre 10% de redução da produção de luz em dispositivos fechados que estão localizados em ambientes limpos, para mais de 60% em dispositivos abertos que estão localizados em áreas sujas [28].

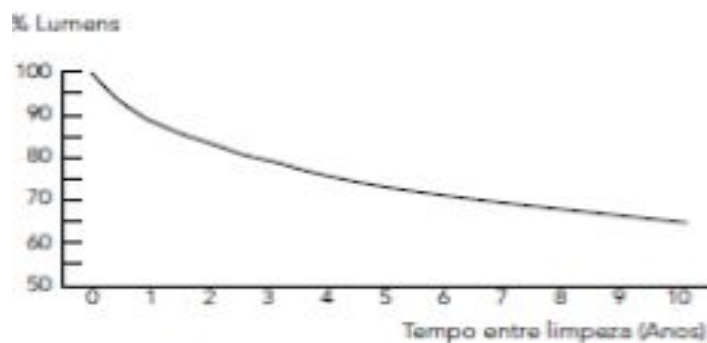


Figura 5 Exemplo das perdas de luz espectáveis resultantes da acumulação de pó em luminárias fechadas num ambiente de escritórios limpos

A EN12464-1 indica que, no projecto de uma solução de iluminação, é necessário usar um fator de manutenção que compense as reduções de luz. O fator de manutenção tem um grande impacto na eficiência energética e depende das características de manutenção da lâmpada e dos equipamentos de controlo, da luminária, do meio ambiente e do programa de manutenção.

A luz emitida por uma luminária após um determinado período de tempo como fração do desempenho da luminária limpa e conhecido como o fator de manutenção da luminária (LMF - Luminaire Maintenance Factor).

A emissão de luz relativa da Lâmpada apos um numero especifico de horas de funcionamento é conhecida como o fator de manutenção de lumens da lâmpada (LLMF - Lamp Lumen Maintenance Factor).

As instalações de iluminação são projetadas com base no nível de iluminância necessário para a aplicação específica estabelecida em normas e recomendações.

Um valor de iluminância adequado e escolhido para garantir a iluminação mínima durante a vida útil das lâmpadas.

A manutenção de muitas instalações de iluminação é frequentemente fraca, o que implica que os projetistas considerem, tipicamente, uma depreciação de lumens da lâmpada entre 20 a 30%.

No entanto, no início do ciclo de manutenção, quando a luz emitida esta acima dos requisitos, o excesso de iluminação pode ser limitado pelo uso de reguladores, o que economizara energia.

Uma solução e selecionar produtos, lâmpadas / luminárias LED, com fluxo luminoso constante durante toda a vida útil por regulação da corrente do driver.

A limpeza de luminárias LED deve ser realizada em intervalos regulares pré-determinados de acordo com os requisitos do fabricante, as condições do ambiente e a classificação IP da luminária.

Medições do fluxo luminoso devem ser realizadas em conjunto com a limpeza.

6.2.14 - Segurança

Os produtos de iluminação LED devem ser seguros não só quando instalados, quando estão em utilização, mas também quando atingem o final da vida.

Um critério fundamental para especificar e selecionar produtos e sistemas de iluminação LED e garantir que eles têm a marca CE como exigido para todos os produtos no mercado interno da UE.

As normas de segurança da IEC tornaram-se requisitos obrigatórios de segurança na UE, incluindo EN 60061, EN 60598, EN 61347, EN 62031, EN 62471, EN 62560 e EN 62663-1. Estas normas estão incluídas numa série de diretivas da UE, incluindo requisitos de baixa tensão, compatibilidade eletromagnética (EMC) e ecodesign, pelo que a conformidade é indicada nos produtos através da marca CE.

Para ajudar a garantir a compatibilidade, disponibilidade futura e apoio, a IET UK [9] recomenda que os projetistas e instaladores analisem a sua cadeia de fornecedores e comprem a empresas respeitáveis que possam demonstrar uma abordagem responsável a qualidade, disponibilidade de produtos, apoio contínuo e garantias.

Deve verificar-se se as declarações de conformidade CE e as folhas de teste fornecidas correspondem ao produto correto.

Recomenda-se que sejam solicitadas e obtidas cópias formais dos documentos de certificação CE para todos os produtos LED devido a existência de produtos falsificados indevidamente marcados com a marca CE atualmente em circulação.

Adicionalmente, também se pode solicitar ao fabricante que forneça os resultados de testes realizados aos seus produtos por entidades independentes.

...

6.4.10 - Iluminação centrada em humanos

Até há cerca de 200 anos, 90% do nosso tempo de vigília era passado no exterior.

Os seres humanos evoluíram em harmonia com o ciclo de iluminação natural mais comum da Terra:

- Níveis de luz e CCT (Temperatura de Cor Correlacionada) baixos no início da manhã;
- Níveis de luz e CCT elevadas ao meio dia (até 10 000 K);
- Níveis de luz e CCT baixos ao entardecer;
- Níveis de luz extremamente baixos e um CCT médio sob o luar.

Estas variações nos níveis de luz são a base do relógio interno de 24 horas do ser humano, também chamado ritmo circadiano.

Hoje, uma grande parte da população gasta cerca de 90% do tempo em espaços interiores com iluminação artificial.

Enquanto estamos no trabalho, a nossa iluminação é geralmente mantida em níveis de luz e CCT constantes, o que não é consistente com o ritmo circadiano que pode ser perturbado sem exposição regular e direta a iluminação dinâmica. Esta situação pode causar problemas de saúde uma vez que a luz e a escuridão controlam a produção de hormonas específicas.

Com um ritmo circadiano natural, as seguintes hormonas são produzidas durante o dia [12]:

- Dopamina para o prazer, manutenção da atenção e coordenação muscular;
- Serotonina que estabiliza o humor e ajuda na digestão;
- Cortisol para resposta ao stress;
- Melatonina para o sono.

A recente descoberta de células ganglionares intrinsecamente fotossensíveis (ipRGC) da retina indica que estas são muito importantes na regulação do relógio interno.

A luz rica em conteúdo azul estimula os foto-receptores ipRGC, contrai as pupilas, encoraja a produção de dopamina, serotonina e cortisol, mas suprime a melatonina.

A exposição prolongada a luz rica em conteúdo azul durante o dia pode levar as pessoas a serem mais atentas e produtivas no trabalho. No entanto, a exposição a demasiada luz azul no trabalho noturno ou por turnos, pode levar a redução da produção de melatonina e consequentes problemas de sono.

A iluminação LED com controlo e capaz de variar a luminância e temperatura de cor (de 1800 a 6500 K), fornecendo o ciclo de iluminação natural que as pessoas necessitam - Iluminação Centrada em Humanos (HCL - Human Centric Lighting).

Vários hospitais onde foi instalada a HCL, relatam que os pacientes recuperam mais rápido e que as equipas de serviço se sentem mais confortáveis. A HCL também pode ser instalada em escritórios e outros tipos de salas.

...

6.5.1 - Potência e consumo de energia para novos sistemas de iluminação

Em 2012, a UE definiu os critérios para os Contratos Públicos Ecológicos (GPP - Green Public Procurement) para a iluminação interior como um instrumento voluntário [6]. No entanto, esses critérios estão desatualizados devido aos constantes desenvolvimentos tecnológicos de LEDs.

Na Suíça, está prestes a ser publicada uma nova norma [3], incluindo o máximo de W/m^2 para um projeto de novas instalações, incluindo lâmpadas, balastros/ driver e equipamentos de controlo (ainda de acordo com os níveis de iluminância na EN 12464-1: 2011).

A norma Suíça funciona com um valor Máximo de W/m^2 e um valor alvo mais baixo.

Depois de avaliar esses dois conjuntos de valores, foi decidido calcular a média dos dois conjuntos de valores e usá-los como recomendações para os setores em questão [3].

Esta média entre os níveis alvo e máximo também é recomendada pelo programa Minergie [3].

A recomendação PremiumLightPro é usar os requisitos apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Consumo máximo de energia em W/m² para sistemas de iluminação novos

| Tipo de edifício e divisão | | Máximo W/m ² |
|--|---------------------------------|-------------------------|
| Arte | Teatro | 5.8 |
| | Salão | 5.8 |
| | Sala de exposições | 5.8 |
| Hospital | Quarto de paciente | 5.6 |
| | Sala de observações | 10.3 |
| | Sala de tratamentos | 10.3 |
| Hotel | Quarto | 6.4 |
| | Lobby | 5.5 |
| Escritório | Gabinete individual ou de grupo | 10,3 |
| | Gabinete grande | 8,1 |
| | Sala de reuniões | 10,3 |
| | Hall | 5,9 |
| Restaurante | Restaurante | 4.9 |
| | Cafeteria | 2.9 |
| | Cozinha em restaurante | 15.5 |
| | Cozinha em cafeteria | 12.1 |
| Loja | Vendas de comida | 12.3 |
| | Loja | 12.3 |
| | Venda de mobiliário | 9.9 |
| Escola | Sala de aulas | 9.1 |
| | Sala de professores | 6.2 |
| | Libreria | 4.9 |
| | Sala de concertos | 8.1 |
| | Laboratórios | 9.1 |
| Desporto | Ginásio | 9.3 |
| | Sala de fitness | 5.3 |
| | Piscinas | 6.0 |
| Parques de estacionamento, e outros | Zona de tráfego | 2.9 |
| | Zona de tráfego em Hospital | 5.9 |
| | Escadas | 5.9 |
| | Exterior dos edifícios | 2.5 |
| | Cozinha, Sala de chá | 4.2 |
| | WC, Duche | 5.0 |
| | WC | 8.2 |
| | Vestiário, balneário | 4.7 |
| | Parque de carros | 1.2 |
| | Lavandaria | 7.0 |
| | Sala de climatização | 2.3 |
| | Sala de servidores | 2.8 |

...

6.5.6 - Restituição da cor

A restituição cromática define a capacidade de uma fonte de luz branca para restituir as cores do objeto com precisão. A norma EN_12464-1 especifica os requisitos mínimos de restituição de cor para praticamente todos os tipos de tarefas pelo CRI (Ra). Em geral, um CRI acima de 80 é considerado suficiente para um juízo acertado de cor na maioria dos espaços interiores. De qualquer forma, foi descoberto [1] que, para fontes de luz LED, a medida de cores vermelhas deve ser positiva para obter uma boa restituição de cores vermelhas $R9 > 0$.

A recomendação PremiumLightPro é de exigir:

- CRI ≥ 80 e R9 > 0 como critério mínimo geral;
- CRI ≥ 90 e R9 > 0 para trabalho com tarefas visuais de alta prioridade, por ex: áreas clínicas em hospitais, outros tipos de cuidados de saúde, museus, teatros, trabalho com inspeção / controlo / seleção de cores e alguns tipos de lojas, por ex: venda de roupas.

...

6.5.10 - Tremulação (flicker)

As fontes de alimentação que usam modulação por largura de impulso fazem com que o LED pisque/tremule com uma certa frequência (tipicamente entre 100 e 150 Hz). A frequência de tremulação não é diretamente visível, mas pode causar distúrbios visuais como:

- Efeitos estroboscópicos em objetos rotativos (fazendo com que pareça que o objeto não está em movimento ou está a girar noutra velocidade ou direção);
- “Cascatas” de pontos brilhantes no campo visual ao mudar a direção visual rapidamente, isto é, ao rodar a cabeça.

O IEEE 1789: 2015 inclui requisitos de tremulação com restrição da modulação visível da luz (incluindo tremulação) em frequências ≤ 90 Hz, uma vez que é necessária mais pesquisa além de 90 Hz (ou seja, efeitos não visíveis). Atualmente, não há norma para a medição fotométrica de luz modulada.

Com base na IEA 4E SSL [1] and IEEE 1789:2015 a recomendação PremiumLightPro é exigir:

| f: Frequência do flicker (Hz) | FM: Modulação máxima do flicker (%) |
|---|-------------------------------------|
| $f \leq 90\text{Hz}$ | $FM \leq (0.025 \times f)$ |
| $90\text{Hz} \leq f \leq 1250\text{Hz}$ | $FM \leq (0.08 \times f)$ |
| $f > 1250\text{Hz}$ | Sem requisitos FM |

No que concerne a regulação, recomenda-se exigir que não haja tremulação em todos os níveis de regulação importantes (ou seja 50% e 25%) [41].

6.5.11 - Encandeamento e segurança fotobiológica

O encandeamento aparece quando o nível de luminância ou o contraste de luminância é muito elevado, muitas vezes devido a falta de proteções nas janelas, reflexos ou visão direta para as fontes de luz LED.

A recomendação PremiumLightPro é exigir:

a) Relativamente ao encandeamento direto [norma EN_12464-1]:

- Especificação do ângulo mínimo de proteção em todas as direções, dependendo da luminância da lâmpada;
- Especificação do brilho de desconforto pela UGRL.

b) No que se refere a prevenção do encandeamento de ângulo alto [1, 42]:

- Quando o ângulo gama (γ) exceder 60 graus, a luminância da fonte de luz não deve exceder 10.000 cd/m².

c) No que se refere à segurança fotobiológica, certifique-se de que o olho humano não é prejudicado pela radiação intensiva de luz azul (risco de luz azul) [1]:

- Lâmpadas LED e luminárias com RG0 ou RG1 [ver norma IEC 62471 / CIE S009].

7 - Terminologia utilizada

| Termo | Definição |
|--------------------------|---|
| Acomodar | Ajustar o comprimento focal da lente do olho com o objetivo de focar a imagem de um objeto – numa dada distância – na retina. |
| Adaptação | A capacidade do olho de se adaptar a diferentes níveis de luz. |
| Balastro | Dispositivo utilizado com uma lâmpada de descarga, que obtém as condições de circuito necessárias (voltagem, corrente e forma de onda) para dar início e operar, ou seja, limitar o valor da corrente de lâmpadas fluorescentes e HID (High Intensity Discharge) |
| Conjunto LED | Um conjunto LED é composto por uma lente ótica, fio de contacto (para unir o conjunto ao quadro do circuito), eletrodos e resina para encapsular o chip LED e protegê-lo |
| Contraste | A diferença entre o brilho de um objeto quando comparado com o fundo imediatamente envolvente. |
| Contraste de luminância | Quando um objeto ou superfície tem uma luminância diferente do fundo existe um contraste de luminância. |
| Controlo de iluminação | Controlo de iluminação (sistema) refere-se a um sistema de rede inteligente de dispositivos que podem incluir relé, sensores de ocupação, fotocélulas, interruptores de controlo de iluminação ou écran tátil e sinais de outros sistemas do edifício (como alarme de Incêndio ou AVAC). O ajuste do sistema ocorre não só na localização dos dispositivos, via uma unidade sem fios e/ou computador central. |
| Difusor | Dispositivo para redirecionar ou distribuir a luz de uma fonte, principalmente através do processo de transmissão difusa. |
| Distribuição de luz | A distribuição de luz descreve a forma como a luz é distribuída quando radia da luminária ou da fonte de luz. |
| Distribuição espectral | A distribuição de energia espectral (SPD - spectral power distribution) é uma curva que demonstra precisamente a cor emitida de uma dada fonte de luz ao colocar em gráfico o nível de energia presente em cada comprimento de onda ao longo do espectro visível. |
| Distribuição fotométrica | A distribuição fotométrica é a medição da intensidade de luz em vários ângulos em unidades absolutas, medida em candelas (cd) e graus, comumente ilustrada através de "curvas de distribuição de luz" nos denominados "diagramas polares". |
| Driver | Uma unidade localizada entre a fonte de alimentação e o módulo LED de forma a fornecer a voltagem e corrente apropriada ao módulo LED. O driver também é chamado dispositivo de controlo eletrónico. |
| Eficiência luminosa | Rácio entre o fluxo luminoso total (lm) e a potência requerida à rede (W), lm/W. |
| Eficiência geral | A emissão de luz por unidade de potência tendo em conta a energia consumida em modo ligado e em standby. O período de tempo tem de ser pelo menos de um dia, mas a precisão melhora com o aumento dos períodos, como por exemplo um semana ou um ano. |
| Eficiência da Luminária | O rácio do fluxo luminoso (lúmen) emitido por uma luminária e do fluxo emitido por uma lâmpada/lâmpadas ali utilizadas. Igual ao LOR. |
| Elipse de MacAdam | A região num diagrama cromático que contém todas as cores que são indistinguíveis ao olho humano médio, desde a cor do centro da elipse. O contorno da elipse representa as diferenças de cromaticidade quase impercetíveis (uma elipse MacAdam de 1 etapa). As elipses de MacAdam têm normalmente uma escala de por ex: 3, 5 ou 7 vezes o original e são chamadas como as elipses de 3, 5 ou 7 etapas. Numa elipse de 7 etapas, as extremidades da elipse estão 14 etapas afastadas umas das outras. |
| Encandeamento | O desconforto ou interferência com a percepção visual quando se olha para um objeto extremamente brilhante contra um fundo negro. |

| Termo | Definição |
|------------------------------------|--|
| Espectro | O espectro visível é a porção de espectro eletromagnético que é visível ao olho humano. A radiação eletromagnética nesta gama de comprimentos de onda é denominada luz visível ou simplesmente luz. Um olho humano responde a comprimentos de onda de cerca de 390 a 780 nm. O espectro não contém todas as cores que o olho e o cérebro humano conseguem distinguir. As cores não saturadas como por ex: cor-de-rosa ou variações de roxo como o magenta não aparecem porque só podem ser criadas com uma mistura de comprimentos de onda múltiplos. As cores que contêm apenas um comprimento de onda são denominadas cores puras ou espectrais. |
| Fator de luz natural | O rácio da iluminância recebida num ponto com uma distribuição de luminância conhecida (normalmente um céu encoberto) com a iluminância horizontal do exterior de um hemisfério desobstruído do mesmo céu. Este rácio é expresso em percentagem. A luz direta do sol é excluída dos dois valores de iluminância. |
| Fator de manutenção | Fator de correção utilizado nos projetos de iluminação para compensar a taxa de depreciação de lúmens, causada pelo envelhecimento da lâmpada (depreciação do lúmen e falha da lâmpada) e acumulação de pó (luminárias e ambiente). Determina o ciclo de manutenção necessário para assegurar que o valor de iluminância não caia abaixo do valor da manutenção. |
| Fluxo luminoso | Fluxo luminoso (em lúmen ou lm) é a medida da quantidade total de luz visual emitida. Radiometricamente é determinado pela potência radiante. Fotometricamente, um lúmen é definido como o fluxo luminoso emitido dentro de um esterradiano por um ponto com uma intensidade luminosa uniforme de uma candela. |
| Fonte de luz | Superfície ou objeto projetado para emitir radiação ótica visível produzida pela transformação de energia. O termo "visível" refere-se a um comprimento de onda de 380 - 780 nm. |
| Gestão térmica | A capacidade de controlar a temperatura (calor) das ligações do dispositivo no conjunto LED, tipicamente através da utilização de dissipadores de calor. O calor nas ligações pode ter um impacto negativo no desempenho do LED, incluindo a emissão, cor e vida útil. |
| Iluminação ambiente | A luz que rodela um ambiente ou objeto. |
| Iluminação da tarefa | Iluminação dirigida a uma superfície ou área específica que fornece luz para tarefas visuais. |
| Iluminação de realce | Realce dos produtos expostos ou de características de uma loja ou edifício. |
| Iluminação difusa | Iluminação que não vem de uma determinada direção. A iluminação não direcional é normalmente descrita como iluminação difusa. |
| Iluminação indireta | Iluminação através de luminárias que distribuem 90-100% da luz emitida ascendentemente. |
| Iluminação média | A iluminação média (lux) sobre uma área. |
| Iluminância | Quantidade de luz que incide numa superfície/ plano, medida em lux |
| Iluminância cilíndrica | Fluxo total que cai na superfície curva de um pequeno cilindro dividido pela área da superfície curva do cilindro. Assume-se o eixo do cilindro como vertical salvo outra indicação. Esta é a medida da quantidade de luz que recal na face de uma pessoa. |
| Iluminância horizontal | Iluminância incidente numa superfície horizontal medida em lux. |
| Índice de restituição de cor (CRI) | Uma medida quantitativa até 100 Ra (100 é o melhor) da capacidade da fonte de luz de reproduzir fidedignamente as cores de vários objetos em comparação com uma fonte de luz de referência. As fontes de luz com um CRI elevado são preferíveis uma vez que as cores serão menos distorcidas. |
| Intensidade luminosa | O fluxo por unidade de ângulo sólido na direção em questão. É a medida da quantidade de luz emitida numa dada direção. |
| Lâmpada | Dispositivo para emissão de luz cujo desempenho pode ser avaliado de forma independente e que consiste numa ou mais fontes de luz. Pode incluir componentes adicionais necessários para o arranque como uma fonte de alimentação. Uma "lâmpada" pode consistir em uma ou mais "fontes de luz". |
| Lâmpada inteligente | A lâmpada que pode ser controlada via sinal sem fios, utilizando um telefone inteligente, uma unidade de controlo remoto ou outro dispositivo. Algumas lâmpadas inteligentes pertencem a um sistema de automação dedicado que inclui várias aplicações e um sistema de gestão de energia integrado. |
| Lente | Elemento de vidro ou plástico utilizado nas luminárias para mudar a direção e controlar a distribuição de raios de luz. |

| Termo | Definição |
|--|---|
| Louvre | Uma série de placas utilizadas para proteger a fonte de uma visão direta em certos ângulos ou para absorver luz indesejada. As placas estão normalmente organizadas com um padrão geométrico. |
| Luminância | Medida fotométrica da intensidade luminosa numa direção específica. A unidade SI para a luminância é candela por metro quadrado (cd/m ²). |
| Luminária | Um aparelho que distribui, filtra ou transforma a luz transmitida por uma ou mais lâmpadas e que inclui todos os componentes necessários para apoiar, fixar e proteger as lâmpadas e, quando necessário, os circuitos auxiliares para ligar à fonte elétrica. Uma "luminária" pode acomodar uma ou mais "lâmpadas" / "fontes de luz". |
| Luz | Energia radiante que é capaz de excitar a retina e produzir uma sensação visual. A porção visual do espectro eletromagnético estende-se desde 380 a 780nm. |
| Luz descendente | Pequena unidade de iluminação direta que direciona a luz de forma descendente e pode ser encastrada, montada na superfície ou suspensa. |
| Manutenção de lumens | Porcentagem de diminuição de lúmens de uma fonte de luz ao longo do tempo. Cada tipo de lâmpada tem uma curva de depreciação de lúmen única, que compara a quantidade de luz produzida por uma fonte de luz quando é nova com a quantidade de luz emitida numa altura específica do seu tempo de vida. |
| Modo ligado | Modo onde a lâmpada está a produzir luz sem qualquer tipo de regulação. O consumo de energia para este modo é definido pela sua potência. Para fontes de luz com cores reguláveis, a magnitude do fluxo e do consumo de energia estão dependentes da CCT selecionada e este parâmetro não é normalmente especificado pelo fabricante. Para algumas lâmpadas, este modo pode também incluir serviços extra totalmente integrados como por ex: música da lâmpada, sendo estes serviços extra difíceis ou impossíveis de desligar. |
| Modo standby | Modo onde a lâmpada ou luminária está conectada à fonte de alimentação e pelo menos uma função inteligente está ativa. Na iluminação, o modo standby ocorre quando a lâmpada/luminária está desligada ou regulada para quase zero luz visível, mas a lâmpada/luminária continua a usar energia para poder estar pronta a receber a próxima comunicação sem fios. |
| Módulo LED | Uma unidade fornecida como uma fonte de luz. Para além de um ou mais LED, pode também conter componentes óticos, mecânicos, elétricos e eletrónicos, excluindo o driver. |
| Lâmpada LED | A combinação de um driver e um ou mais módulos LED. |
| Plano de trabalho | O plano onde uma tarefa visual é normalmente realizada, e onde a luminância é especificada e medida. Salvo indicação contrária, na Europa assume-se um plano horizontal 0.85m acima do chão. |
| Gateway | Um dispositivo para interface entre duas redes que usam protocolos diferentes, e que podem utilizar diferentes velocidades de dados, voltagens e significados de dados. |
| Posto de trabalho | Combinação e arranjo espacial do equipamento de trabalho, cercado pelo ambiente de trabalho sob as condições impostas pelas tarefas de trabalho. |
| Socket | Componente que liga mecanicamente e eletricamente a lâmpada à luminária. |
| Probabilidade de conforto visual (VCP) | Classificação de um sistema de iluminação, expresso pela percentagem de pessoas que, quando olham para uma localização e direção específica, é expectável que considerem aceitável, no que concerne ao encandeamento de desconforto. A probabilidade do desconforto visual está relacionada com a classificação do encandeamento de desconforto (DGR - discomfort glare rating). |
| Qualidade da iluminação | Relativo à qualidade espectral das fontes de luz e da distribuição de luminância num ambiente visual. O termo é utilizado com um sentido positivo e implica que todas as luminâncias contribuem favoravelmente para o desempenho visual, conforto visual, facilidade de visualização, segurança e estética na tarefa visual específica envolvida. |
| Rácio de difusão | O rácio do fluxo deixando a superfície ou o meio através do reflexo difuso do fluxo incidente. |
| Refletor | Dispositivo utilizado para redirecionar o fluxo luminoso de uma fonte através do processo de reflexão. |

| Termo | Definição |
|---|---|
| Refletância | Rácio do fluxo luminoso refletido de uma superfície e que nela incide. |
| Reflexão difusa | O processo onde o fluxo incidente é redirecionado através de uma série de ângulos. |
| Reflexo | Característica de uma superfície que devolve (recupera) luz ou energia. As superfícies refletem a luz de forma diferente. |
| Temperatura de cor correlacionada (CCT) | Medida em graus Kelvin (K) para descrever a qualidade da fonte de luz ao expressar a aparência da cor correlacionada com a do corpo negro. As temperaturas de cor acima de 4000K parecem frescas enquanto as temperaturas de cor abaixo dos 3200K parecem quentes. |
| Tomada | Componente que liga mecânica e eletricamente a lâmpada à luminária. |
| Tremulação | A impressão de uma variação rápida e repetitiva do brilho de uma lâmpada ou da cor (menos comum). |
| Troffer | Uma luminária retangular que encaixa num módulo preso ao teto (na Europa são luminárias de 60x60cm, nos EUS são 2' x 2' ou 2' x 4'). Tipicamente, as luminárias troffer foram desenhadas para acomodar lâmpadas fluorescentes normais (T12, T8 ou T5), mas atualmente são frequentemente desenhadas com fontes LED integradas. O termo deriva de "trough" e "coffer". |
| Vida útil | Medida através da combinação da manutenção de lúmens ou perda de luz e percentagem de falhas. A perda de luz é a redução de luz emitida pelo dispositivo na sua vida útil. Percentagem de falhas é a percentagem de falhas na sua vida útil |

8 - Referências

- 1 IEA 4E SSL Performance Tiers, <http://ssl.iea-4e.org/product-performance/performance-tiers>, 2016.
- 2 Minergie Efficacy criteria, www.minergie.ch
- 3 Minergie Produktreglement zu den Gebaudestandards, v. 2017.2, part 11.1, Switzerland.
- 4 Lys-Emitterende Dioder (in Danish), LED, Rune Sogaard Larsen, 2011.
- 5 Light! On light in life and life in light, Tor Norretranders & Olafur Eliasson, 2012.
- 6 EU GPP Criteria for Indoor Lighting, EU JRC, http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/-criteria/indoor_lighting.pdf, 2012.
- 7 How to complement efficient lighting with good lighting design to obtain best practice, Advice and comments provided by Danish Centre for Lighting (DCL), Anne Bay, 2017.
- 8 Lys i Laringsmiljo (Norwegian language), Lyskultur, 2015.
- 9 Code of Practice for the Application of LED Lighting Systems, IET, UK, 2014.
- 10 Smart Lighting impacting Energy Consumption, Casper Kofod, IEA 4E SSL Annex, Sep. 2016, <http://ssl.iea-4e.org/product-performance/new-product-features/standby-of-smart-lamps-first-report>
- 11 Occupant Sensors, <http://www.qualitylight.com/tecniques/sensors/sensors.html>
- 12 Human Centric Lighting, Stan Walerczyk, <http://humancentriclighting.com>
- 13 https://www1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/opticalsafety_fact-sheet.pdf
- 14 http://en.licht.de/fileadmin/shop-downloads/1606_Reliable-Planning-with-LED-Lighting-2nd-Ed.pdf
- 15 <http://ieslightlogic.org/lighting-language/>
- 16 Light's Labour's Lost, Policies for Energy-efficient Lighting, IEA, 2006.
- 17 <http://www.allaboutvision.com/over60/vision-changes.htm>
- 18 The Use of the Internal Telephone Network for Control of Lighting in Large Office Buildings, <http://www.caddet-ee.org/register/data-ee/cce02091.htm>
- 19 <http://luxreview.com/article/2016/03/dubai-supermarket-is-first-in-middle-east-with-connected-lighting>
- 20 <http://luxreview.com/article/2015/04/exclusive-us-retail-giant-target-leads-the-way-in-lighting-based-in-store-navigation-systems>
- 21 Saving Energy with Efficient Lighting in Commercial Buildings, (only used information about lighting control), CADDET maxi Brochure 01, 1995.

- 22 Lamps and Lighting, (general lighting design), JR Coaton, AM Marsden, Arnold, 1997.
- 23 Energy Efficient Lighting in Commercial Buildings, Stefan Aronsson, Per-Erik Nilsson, CADDET Analyses Series No. 6.
- 24 <http://byggningsreglementet.dk>, part 6.5.3 paragraph 2 (in Danish)
- 25 <http://ecodesign-lightingsystems.eu/documents>, 2016
- 26 Task and Building Lighting: the Link Between Lighting Quality and Energy Efficiency, David Loe, Right Light 4 p.11.
- 27 Strategies for Technologies Procurement in Creating Energy Efficient Lighting Installations, Arnold Buddenberg, Rienk Visser, Right Light 4.
- 28 Lighting Technology and maintenance, <http://www.facilitiesnet.com/NS/NS3mg6f.html>
- 29 Electric Lighting Controls – A Guide for Designers, Installers and Users, BRECSU, Good Practice Guide 160.
- 30 Daylight Performance of Buildings: 60 European Case Studies, m Fontoynt, Right Light 4 Vol.2 p.61.
- 31 A Study Performance of Light Pipes Under Cloudy and Sunny Conditions in UK, L Shao, SB Riffat, W Hicks, Right Light 4 Vol.1 p.155.
- 32 Advanced Lighting Control Technologies for User Satisfaction and Energy Efficiency, T Viljanen, L Halonen, J Lehtovaara, Right Light 4.
- 33 Envelope and Lighting Technologies to Reduce Electric Demand in Commercial Buildings, <http://eande.lbl.gov/CBS/NEWSLETTER/NL5/Envelope.html>
- 34 Give People Control of Lighting Controls, IAEEEL Newsletter 3/96.
- 35 Preadaptation and manual Switching, JA Lynes, PJ Littlefair, AI Slater, Right Light 4.
- 36 Results from the Integrated Performance Appraisal of Daylight-Europe Case Study Building, JA Clarke, JW Hand, M Janak, Right Light 4 Vol.1 p.117.
- 37 Increased Energy Savings by Individual Light Control, Rob Embrechts, Chris Van Bellegem, Right Light 4.
- 38 Assessing the Energy Saving Potential of Daylight Technologies for Non-Residential Buildings in Germany, A Kovach-Hebling, m Goller, S Herkel, J Wienold, Right Light 4 Vol.2 p.115.
- 39 <https://echa.europa.eu/addressing-chemicals-of-concern>
- 40 <http://eng.mst.dk/topics/chemicals/assessment-of-chemicals/list-of-undesirable-substances/>
- 41 https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/files/documents/Lighting/eu_led_quality_charter.pdf
- 42 <http://www.ransen.com/Photometric/understanding-photometric-polar-diagrams.htm>

9 - Bibliografia

- Casper Kofod - Energy piano, Iluminação LED para interiores, Iluminação interior no setor público e privado, Dinamarca, 2017; disponível em www.premiumlightpro.eu
- Mário Loureiro, UFCD 1088 - Noções de eletricidade e desenho esquemático, 2020;
- Mário Loureiro, Smart grids On Consumers, Universidade de Coimbra (UC), 2016;
- Mário Loureiro, Smart grids: an integrated perspective on efficiency, from supply to demand, UC, 2015;
- Mário Loureiro, Ignição de Combustíveis Florestais por Partículas com Elevada Temperatura, UC, 2008;
- Mário Loureiro, Projecto de um transformador óptimo , UC, 1999;

Estas publicações estão disponíveis em www.MarioLoureiro.net

Nota - Mário Loureiro recomenda para a iluminação exterior o uso de projetores com LEDs individuais, pois os que têm um chip central, têm avariado muito. Também para maior tempo de vida estes projetores devem ser brancos para não aquecerem tanto com a radiação solar e se degradarem.