

Iluminação, Tecnologia e Sociedade

Paulo Simeão Carvalho^{1,2}, Adriano Sampaio e Sousa³

¹ Instituto de Física dos Materiais da Universidade do Porto (IFIMUP)

² Departamento de Física e Astronomia, Unidade de Ensino das Ciências, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

³ Professor aposentado do Ensino Secundário, Porto

psimeao@fc.up.pt; sampaio.sousa@netcabo.pt

1. Um pouco de História

Desde os primórdios da civilização, a luz desempenha um papel essencial na vida dos povos. O Sol e as restantes estrelas do firmamento constituem as primeiras fontes de luz natural, permitindo que o Homem e os animais disfrutem integralmente do sentido da visão. De noite, a Lua também desempenha uma função vital, refletindo os raios solares e iluminando a face escurecida da Terra.

A descoberta do fogo veio possibilitar a iluminação de espaços onde a luz natural não penetrava (por exemplo, o interior de cavernas) e melhorar a iluminação noturna, para além de propiciar o aquecimento e a cozedura dos alimentos, promovendo assim um aumento da qualidade de vida do Homem primitivo. Este facilmente percebeu que o uso de fontes artificiais de luz lhe dava uma maior autonomia em relação ao ciclo solar e às condições atmosféricas, permitindo-lhe regular o grau de iluminação de acordo com as suas necessidades.

Entretanto, a criação de aglomerados habitacionais cada vez maiores, fruto da necessidade de sobrevivência e partilha de recursos, levou ao advento de povoações e, mais tarde, de vilas e cidades. O uso do fogo como sistema de iluminação natural desses aglomerados populacionais tornava-se perigoso e instável, dependendo fortemente das condições atmosféricas. Assim, tornou-se imperioso encontrar outras formas de produção de luz mais seguras e fiáveis.

Em finais do século XVIII, surgiram em Inglaterra as primeiras experiências de iluminação a gás. Em 1784, J.P. Mincklers obteve luz pela primeira vez a partir de gás mineral e em 1792, W. Murdoch construiu uma pequena instalação para iluminar uma casa. Londres teve o privilégio de ser a primeira cidade a ter algumas das suas ruas iluminadas



Fig. 1 - Transeuntes apreciam a nova iluminação a gás. Londres, 1809 (cortesia de Wikimedia Commons).

a gás, já no início do século XIX (Figura 1); isso implicou o desenvolvimento da indústria do gás, sendo este obtido por destilação da hulha [1].

Neste final do século XVIII e início do século XIX, a Europa era palco de várias descobertas relacionadas com a corrente elétrica e suas aplicações tecnológicas. Daí ter sido pensada uma alternativa à iluminação a gás, baseada no uso da eletricidade. Efetivamente, é conhecido que os relâmpagos produzidos durante as trovoadas emitem uma luz intensa. Esta forma natural de emissão de luz inspirou Humphry Davy em 1801 a provocar uma descarga elétrica de alta tensão no seio de um gás, sendo assim considerado o precursor do arco elétrico (também conhecido por “arco voltaico”) [2].

A lâmpada de arco de carbono foi o primeiro tipo de lâmpada elétrica a ser usado de forma generalizada. Nestas lâmpadas, existem dois elétrodos de carbono a uma certa distância no seio de um gás, no interior de uma ampola de

vidro. Para uma diferença de potencial elevada entre esses eletrodos, dá-se uma descarga elétrica através do gás, que é ionizado e se transforma num plasma. Neste processo liberta-se uma grande quantidade de energia radiante visível, com forte incidência nas frequências mais altas.

Embora as lâmpadas de arco elétrico fossem uma fonte de luz por excelência, havia alguns problemas típicos, nomeadamente custos elevados de manutenção, emissão excessiva de radiação UV (ultravioleta), ruído incomodativo e luz tremeluzente, interferência nas frequências de rádio, aquecimento exagerado (tornando-se focos potenciais de incêndios) e poluição por monóxido de carbono. Este tipo de lâmpada está hoje obsoleto, exceto em situações particulares onde é necessária uma fonte muito intensa de radiação UV; no entanto, a lâmpada fluorescente comum pode ser considerada como descendente desta tecnologia, já que se baseia numa descarga elétrica através de vapor de mercúrio a baixa pressão.

Por todas as desvantagens referidas, era necessário encontrar uma alternativa. Sendo conhecido desde 1841 o efeito de Joule, Thomas Edison empreendeu em 1878 um projeto para construção de uma lâmpada de incandescência. Somente após cerca de um ano de investigação, na qual se testaram mais de 6000 materiais diferentes, foram obtidos resultados realmente satisfatórios.

Na sua versão final, a lâmpada de Edison consistia numa ampola de vidro, no interior da qual era feito vácuo e que continha duas hastes de platina ligadas por um filamento de bambu carbonizado. Atualmente estas lâmpadas têm gás inerte no seu interior e usam um filamento de tungsténio.

2. Fontes de luz atuais

O avanço tecnológico da sociedade, em especial no século XX, e o rápido crescimento económico dos chamados países emergentes, tiveram como consequência um aumento substancial no consumo da energia ao nível de todo o planeta e seu reflexo na quantidade de recursos naturais disponíveis. Esta situação fez disparar o custo da energia, em particular da energia elétrica.

A lâmpada de incandescência, embora sendo uma fonte de luz com características cromáticas próximas das da luz solar, apresenta uma baixa eficiência energética devido à grande percentagem de energia dissipada por efeito de Joule (aquecimento da lâmpada). Em consequência, foi fundamental encontrar formas alternativas de produção de luz a partir da energia elétrica, com rendimento mais elevado; estão nesta categoria as lâmpadas fluorescentes e as lâmpadas de LED (Díodo Emissor de Luz).

As lâmpadas tubulares fluorescentes recuperaram a tecnologia das descargas no arco elétrico do início do século XIX. Consistem na ionização de vapor de mercúrio provocada por uma descarga elétrica de alta tensão. A radiação emitida tem uma cor esverdeada-azulada e predominância na região dos UV. Na década de 1930, o revestimento interior do tubo com materiais fluorescentes permitiu construir uma lâmpada com um espectro de emissão mais alargado; esses materiais absorvem a radiação UV e reemitem radiações visíveis.

O LED é um díodo de material semiconductor que apresenta eletroluminescência (fenómeno descoberto em 1907 por Henry Joseph Round), ou seja, emite luz quando recebe energia elétrica. O primeiro LED emitindo radiação visível foi desenvolvido em 1962 por Nick Holonyak. A luz emitida por um LED não é monocromática, embora a banda de emissão de radiação seja relativamente estreita. Assim, a sua cor depende do material de que é constituído. Nas lâmpadas LED atuais, utilizam-se díodos que emitem sobretudo no azul e UV; para conseguir um espectro mais alargado, tal como nas lâmpadas fluorescentes, o LED é revestido por uma camada de material fluorescente. O resultado é uma emissão luminosa de espectro quase contínuo e baixo consumo.

3. Características das principais fontes de luz

Atualmente existem no mercado vários tipos de lâmpadas de uso doméstico, que podem ser categorizadas em três tipos principais. A Tabela 1 apresenta de forma resumida as suas características mais importantes [3-5].

Existem outros tipos de lâmpadas de uso muito especializado, que não são aqui referidas. Todavia, vale a pena falar das lâmpadas de sódio, por serem muito comuns na iluminação das ruas e parques das cidades; esta é a fonte de luz mais eficiente, em particular a lâmpada de sódio de baixa pressão. Tem um tempo de vida relativamente elevado (cerca de 20 000 horas), uma temperatura de cor de 1800 K e produz uma luz laranja/amarelada quase monocromática.

4. Espectro luminoso e fisiologia da visão

A necessidade de economizar energia tem contribuído para a massificação das lâmpadas de baixo consumo energético, sem ter necessariamente em conta os possíveis impactos ao nível da fisiologia humana. Por razões genéticas, o olho humano está

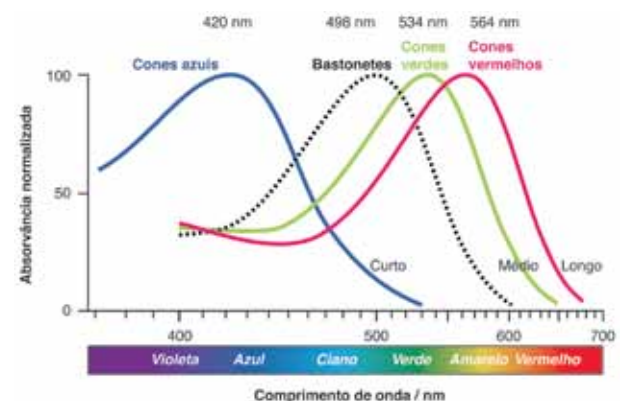


Fig. 2 - Resposta "padrão" dos cones e bastonetes à energia radiante (adaptado de Wikimedia Commons)



Características	Lâmpada de incandescência	Lâmpada de fluorescência	Lâmpada de LED
Tempo de vida/horas	750 - 1000	8000 - 10 000	25 000 - 100 000
Temperatura de cor/K	2400 - 3400	2700 - 5000	2700 - 6000
Cor	Branco amarelado	Branco com tonalidades variáveis	Branco com tonalidades variáveis
Tipo de espectro	Contínuo	Descontínuo (riscas do mercúrio e do fósforo)	Contínuo (emissão do semicondutor e do fósforo)
Conteúdo tóxico	Não	Mercúrio	Não

Correspondência entre fluxo luminoso e potência elétrica

lumens	watts	watts	watts
450	40	9 - 13	4 - 5
800	60	13 - 15	6 - 8
1100	75	18 - 25	9 - 13
1600	100	23 - 30	16 - 20
2600	150	30 - 55	25 - 28

Tabela 1 - Características das principais lâmpadas de uso doméstico

adaptado à radiação solar, ou seja, as suas células fotorreceptoras (cerca de 60 milhões de cones e 120 milhões de bastonetes) são sensíveis aos comprimentos de onda da radiação aproximadamente entre 380 nm e 650 nm. Há apenas um único tipo de bastonetes, pelo que estes não permitem distinguir as cores, embora sejam sensíveis a intensidades luminosas muito reduzidas. Por outro lado, existem três tipos de cones (R – vermelho; G – verde; B – azul), sensíveis a diferentes faixas de comprimentos de onda. Atendendo a que o olho humano apresenta diferenças significativas, de indivíduo para indivíduo, foi necessário estabelecer um padrão de resposta *standard* à energia radiante. O espectro de resposta de cada um destes fotorreceptores pode ser observado na Figura 2.

É conhecido que, quando um determinado tipo de cone é saturado pela exposição prolongada à cor a

que é mais sensível, a visão é afetada, surgindo alterações de cor, ilusões óticas e fadiga. Assim, a utilização de luz artificial com um espectro muito diferente do espectro da luz solar pode vir a resultar em desconforto e eventuais consequências a longo prazo.

Não é habitual as empresas que comercializam as lâmpadas para consumo doméstico fornecerem informações acerca do respetivo espectro luminoso. Este pode ser obtido, por exemplo, através de um espectroscópio, com recurso a um prisma ou a uma rede de difração. Na Figura 3 apresentam-se gráficos da intensidade luminosa (em unidades arbitrárias) em função do comprimento de onda (em nm), correspondentes aos espectros da radiação solar e dos três tipos de lâmpadas referidos na Tabela 1. Para a sua obtenção, foi utilizado um RSpec-Explorer da Field Tested Systems e respetivo programa informático.

Pode-se observar que os espectros emitidos pelo Sol e pela

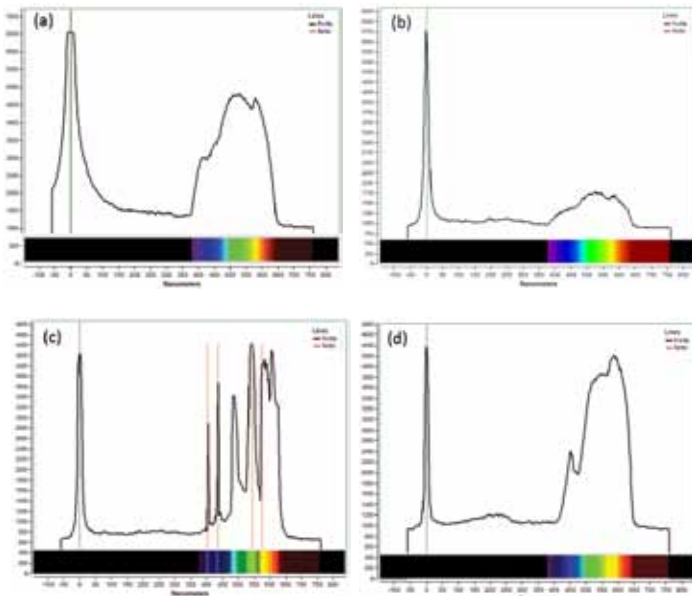


Fig. 3 - Espectros de emissão de várias fontes de luz: (a) Sol; (b) lâmpada de incandescência; (c) lâmpada de fluorescência; (d) lâmpada de LED.

lâmpada de incandescência são qualitativamente muito semelhantes e contínuos. O espectro de radiação da lâmpada de LED é também contínuo, mas apresenta uma emissão mais pronunciada na região do azul devido à emissão original do material semiconductor, como referido anteriormente.

Quanto à lâmpada de fluorescência, o seu espectro não é contínuo: estão ausentes várias regiões intermédias de comprimentos de onda; de notar a existência de riscas espectrais bem definidas, identificáveis com o espectro de emissão do mercúrio, representado por linhas verticais vermelhas, na figura.

5. Em jeito de conclusão...

A luz tem um papel cada vez mais importante na sociedade atual. A produção de luz e sua utilização para a iluminação de casas e cidades, é um campo de investigação dinâmico e em crescimento, permitindo ao Homem melhorar a eficiência energética e a sua qualidade de vida.

A escolha de fontes artificiais de iluminação deve ter em conta o tipo de local a que se destinam, as atividades desenvolvidas nesses locais e, finalmente, o consumo energético. Por exemplo, em locais onde as pessoas permanecem durante longos intervalos de tempo e/ou em que se desenvolvem atividades exigentes para a visão (leitura, estudo, trabalho minucioso, etc), é preferível privilegiar fontes de luz com emissão espectral o mais próxima possível da luz solar.

Seria, assim, conveniente que estes aspetos fossem mais conhecidos do público em geral e em particular dos jovens. A escola pode desempenhar um papel fundamental, incorporando nos currículos a temática da luz e da fotónica e sua importância para a sociedade.

Referências

1. A. E. Estrella, M. Cordeiro, *Introdução à História da Iluminação a Gás*, Serviços Gráficos da UTAD, Vila Real, 2007.
2. H. Ayrton, *The Electric Arc*, "The Electrician" Printing and Publishing Company, Limited, London, 1902.
3. S. Perkowitz, *Empire of Light: A History of Discovery in Science and Art*, Joseph Henry Press, Washington, D.C., 1998.
4. Design Recycle Inc., *Comparison Chart LED Lights vs. Incandescent Light Bulbs vs. CFLs*, 2010. (<http://www.designrecycleinc.com/led%20comp%20chart.html>, acedido a 25 de setembro de 2015)
5. Edison Tech Center, *The Miracle of Electricity and Engineering*, 2010. (<http://www.edison-techcenter.org/incandescent.html>, acedido a 25 de setembro de 2015).



Paulo Simeão Carvalho

é professor auxiliar do Departamento de Física e Astronomia da FCUP. Os seus interesses são na área dos cristais líquidos, na didática da física e na formação inicial e contínua de professores.



Adriano Sampaio e Sousa

é professor aposentado do ensino secundário. Durante uma década foi assistente convidado do Departamento de Física e Astronomia da FCUP. Os seus interesses estão relacionados com a didática da física e a formação de professores.



CASIO fx-CG20

**A calculadora ideal para as aulas de:
Ciências / Física / Química
Biologia / Geografia
e Matemática**



- Muito intuitiva e fácil de operar
- Muitas aplicações gratuitas que permitem o estudo de fenómenos físicos e rápida compreensão por parte dos alunos
- Ligação ao laboratório portátil (C-Lab) que permite realizar experiências em qualquer lado com diversos sensores disponíveis
- Ligação a PC via USB incluída e ligação direta a projetor de vídeo Casio



Tabela Periódica



Laboratório portátil
C-Lab (ligação direta ao PC
e às calculadoras CASIO)

CASIO Portugal

Parque Expo - Rua do Polo Sul • N.º 2 • 4.º A - 1990-273 Lisboa (Portugal)
Tel.: 218 939 170 • Fax: 218 939 179 • casioportugal@casio.pt • www.casio.pt