

Capítulo IV

Entendendo um pouco mais os Leds

Por Vicente Scopacasa*

No artigo anterior, analisamos vários parâmetros do Led, porém, ainda temos outros, não menos importantes, a tratar e, portanto, vamos dedicar este capítulo à continuação desta análise. Assim, tentaremos cobrir toda a gama de especificações que os projetistas necessariamente terão que considerar quando do projeto de fontes de luz de estado sólido.

Vamos iniciar falando da consistência de luz, quer seja no feixe de luz de um mesmo Led, como também de Led para Led. Trataremos de um assunto, o binning, tema que ainda causa confusão e como devemos proceder para especificar um componente que tenha o desempenho esperado.

Começaremos falando da consistência de cor no feixe de um único Led. Conforme explanado em artigos anteriores, a luz branca do Led é gerada a partir de um chip semiconductor que emite luz azul juntamente com uma camada de fósforo que é responsável pela geração de vários outros fótons coloridos resultando em luz branca. Isto significa

que existe uma interação entre o chip semiconductor e a camada de fósforo e, dependendo da variedade de potências, encapsulamentos e fabricantes, temos uma grande variedade de processos e, portanto, diferentes comportamentos de como a luz branca é gerada.

Na verdade, a temperatura de cor da luz branca gerada depende diretamente do volume de fósforo, no qual a luz azul viaja e, dependendo do encapsulamento e da camada de fósforo aplicada ao encapsulamento, obteremos diferentes valores de temperatura de cor dentro do feixe de luz emitido pelo encapsulamento.

Nas Figuras 1a e 1b, apresentamos exemplos do comportamento dos raios de luz azul através de duas situações diferentes de deposição de fósforo no mesmo encapsulamento.

Analisando a Figura 1^a, notamos que, independentemente do ângulo do raio de luz azul do chip, ele viaja através de espessuras de fósforo praticamente iguais, o que resulta em maior controle da cor branca. Ao analisarmos a Figura 1b, notamos que os raios de luz azul do

chip viajam por espessuras diferentes de fósforo, o que resulta na obtenção de diferentes valores de temperatura de cor. Obviamente, o Led da Figura 1a apresenta maior consistência de cor se comparado com o Led da Figura 1b. Com isso, concluímos que o controle da temperatura de cor no feixe de luz do Led é função da sua construção interna principalmente em relação ao processo de aplicação do fósforo.

Em termos práticos, é comum observamos que alguns fabricantes já estão incluindo esta informação nas suas folhas de especificação o que comprova que este parâmetro também está sob controle.

Esta variação de coordenadas de cromaticidade no feixe do Led produz efeitos indesejáveis principalmente quando os Leds são utilizados com algum tipo de ótica secundária e, normalmente, aplicados em luminárias que projetam a luz em superfícies verticais.

Avançando um pouco mais no assunto, na Figura 2, temos um exemplo do comportamento da variação das

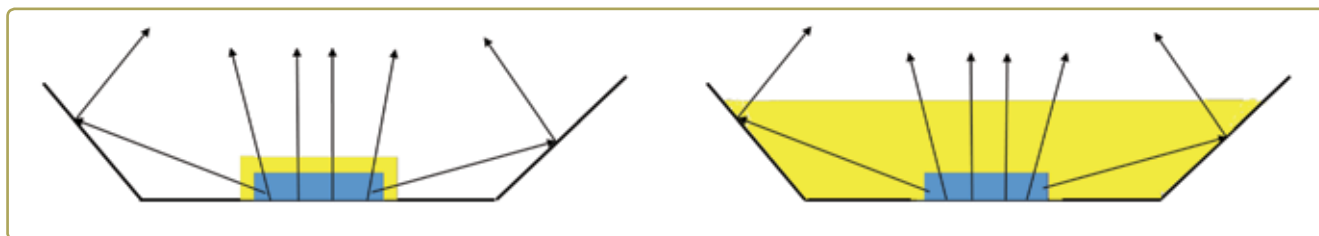


Figura 1a – Camada de fósforo depositada sobre o chip. Figura 1b – Camada de fósforo no encapsulamento.

coordenadas x,y de um determinado fabricante de Leds. Esta variação das coordenadas de cromaticidade é dada em função da corrente aplicada ao Led para uma determinada temperatura de operação. Ao aumentarmos o valor da corrente elétrica, temos uma variação de cor que pode chegar a 0.005 do valor especificado. No presente caso, o valor

especificado foi feito na corrente de 350 mA.

O próximo item é a consistência de cor entre os Leds, o que irá interferir diretamente na consistência de cor entre as luminárias. Este parâmetro também é conhecido como binning e é decorrente do processo de fabricação dos Leds, onde são testados e classificados quanto

às coordenadas de cromaticidade. O resultado desta classificação representava uma grande variação sobre a curva do corpo negro e, então, o binning se fez necessário para que se obtivessem Leds com características de cores mais próximas.

A fim de minimizar o efeito da extensa variação de branco causado pelo processo de produção, os fabricantes de Leds costumam dividir esta área total em regiões menores para que, dependendo da aplicação, possamos escolher e trabalhar com distribuições menores, garantindo, assim, maior consistência na cor. Até alguns anos atrás, esta divisão em regiões era feita pelo próprio fabricante do Led utilizando seus próprios critérios, o que dificultava muito o comparativo entre Leds quanto a este parâmetro.

A Figura 3 mostra como era especificada a distribuição de regiões de cromaticidade de um determinado Led há alguns anos.

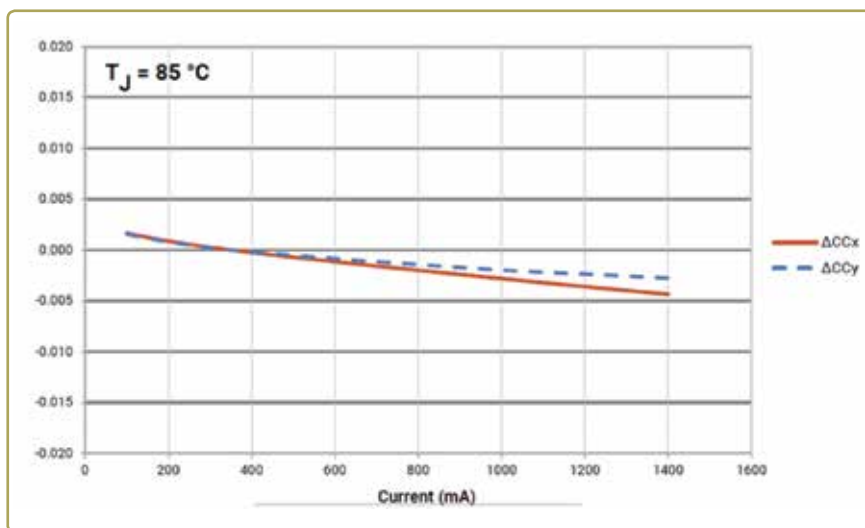


Figura 2 – Exemplo de especificação da variação x,y com a corrente.

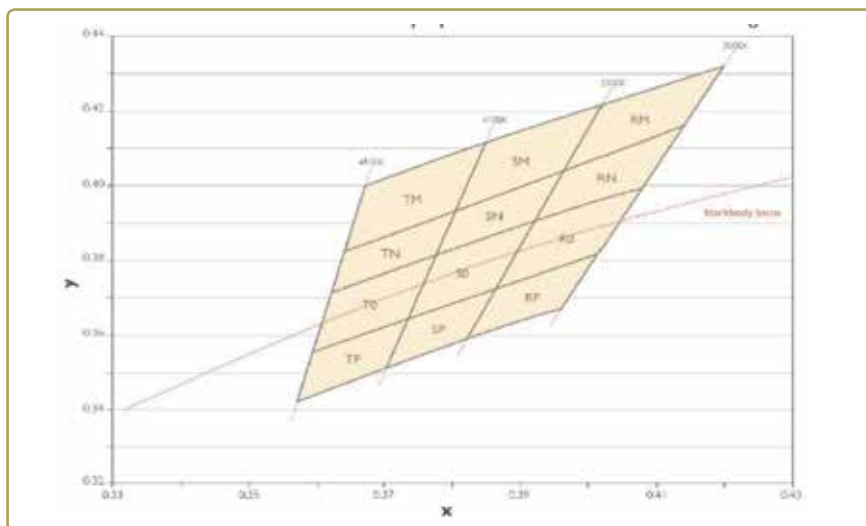


Figura 3 – Exemplo de especificação de regiões de cromaticidade feita no passado.

Nota-se que a região total da distribuição é consideravelmente grande sendo então necessária a subdivisão em regiões menores para evitar a dispersão de cores dependendo da aplicação. Além disso, os Leds eram especificados em três grandes grupos conhecidos como branco quente, neutro e frio. No presente exemplo, estamos falando

somente de branco neutro, em que temos a variação de 3500 K a 4500 K de temperatura de cor com grande espalhamento sob e sobre a curva do corpo negro.

Como forma de reduzir o tamanho das regiões de cromaticidade especificadas, assim como criar uma forma geral para todos os fabricantes, foi introduzida a norma

ANSI C78-377 em 2008, a qual estabelecia oito valores fixos de temperatura de cor e a variação máxima de 7 SDCM (Standard Deviation Color Matching), equivalendo a 7 steps de MacAdam, com ponto central sobre a curva do corpo negro (para as temperaturas de cores quentes e neutras) e ligeiramente acima da curva do corpo negro para as temperaturas de cores frias. Esta norma foi revisada em 2011 com a redução do limite de variação máxima para 4 SDCM.

Independentemente deste fato, alguns fabricantes decidiram disponibilizar produtos abaixo dos 4 SDCM especificados pela norma. Praticamente falando, quanto menor for o valor em SDCM, menor será a dispersão da cor branca e, portanto, melhor qualidade de luz do Led e, conseqüentemente, da luminária.

Como exemplo, as Figuras 3.1 e 3.2 apresentam a folha de especificação de cromaticidade de dois fabricantes de Leds, em que podemos observar que a cor é feita com base no parâmetro SDCM, o que possibilita

ao fabricante da luminária ter maior controle no seu produto e consequentemente estender este benefício ao cliente final.

Portanto, uma boa sugestão para especificar Leds a serem utilizados no projeto da luminária em que buscamos uma boa consistência de cores seria o uso do parâmetro SDCM. De forma geral, dependendo da aplicação da luminária e da temperatura de cor especificada, podemos escolher valores diferentes de SDCM. Por exemplo, se vamos projetar ou especificar uma luminária pública, podemos determinar que 5 SDCM seria suficiente, pois este tipo de aplicação, juntamente com as temperaturas de cores normalmente utilizadas, seria adequado.

Já no caso de um projeto ou especificação de um downlight, podemos determinar que 2 ou 3 SDCM seria suficiente para se obter uma boa consistência. Da mesma forma, tanto o especificador, quanto o usuário final, também deve utilizar este parâmetro como base na especificação dos seus projetos, pois

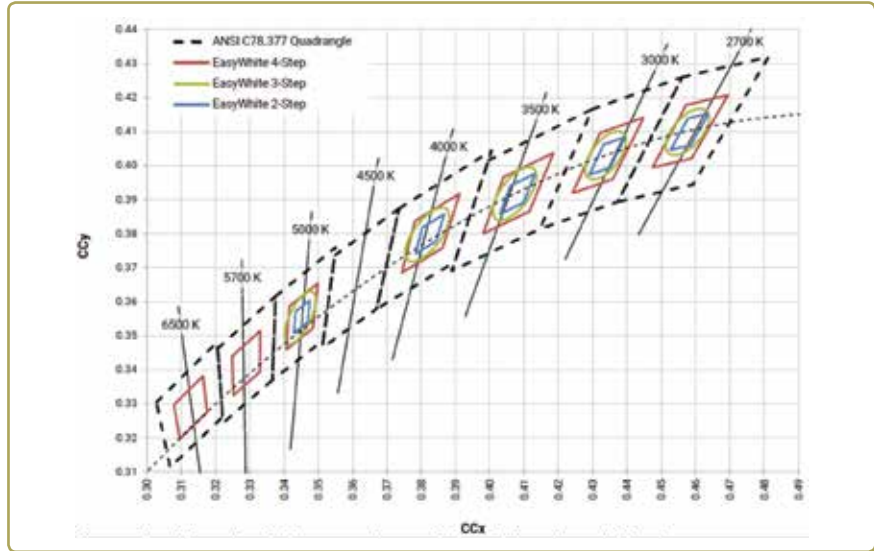


Figura 4 – Especificação de um Led em que se podem notar Leds com 2, 3 e 4-degraus de MacAdam.

alguns fabricantes de luminárias aqui no Brasil já especificam este parâmetro em seus produtos.

Como exemplo, a Figura 4 apresenta a folha de especificação de cromaticidade de um Led, em que

podemos observar que a especificação da cor é feita com base no parâmetro SDCM, o que possibilita ao fabricante da luminária ter maior controle no seu produto e, consequentemente, estender este benefício ao cliente final.

Tomando como referência o gráfico da Figura 4, concluímos que o fabricante em questão disponibiliza o mesmo produto em vários valores de cromaticidade ou seja, a área pontilhada refere-se aos valores especificados pela norma ANSI C78-377, a área vermelha com distribuição em 4 SDCM, a área verde em 3 SDCM e finalmente a área azul em 2 SDCM. Portanto, é muito importante que, ao especificarmos o produto, o façamos levando em consideração estas variações pois, dependendo da aplicação, poderemos não garantir a consistência de cor por existir uma grande diferença de um produto com 2 e com 7 SDCM.

Outro fator importante a ser ressaltado é que, para as temperaturas de cor de 5700 K e 6500 K, o fabricante disponibiliza somente 7 e 4 SDCM e para o valor de 4500 K somente a norma ANSI, ou seja, somente 7 SDCM.

Como conclusão geral, em termos de consistência de cor, o valor da temperatura de cor não é suficiente para garantir que a luminária terá a qualidade de cor esperada além da necessária consistência da cor branca entre todas as luminárias. Para fazer a melhor escolha, temos necessariamente que também considerar as coordenadas de cromaticidade (x,y) do diagrama CIE1931. Ao definirmos os valores destas coordenadas, definimos com exatidão o ponto onde a cor vai estar localizada assim como a distância deste ponto com relação à curva do corpo negro sem que tenhamos qualquer tipo de interferência de outras cores no Led e na luminária.

Por fim, vamos agora analisar os gráficos que os fabricantes costumam disponibilizar nas folhas de especificação os quais são muito úteis para se determinar o comportamento dos Leds nas condições específicas dos projetos. O primeiro passo é verificar qual é a temperatura e a corrente direta nas quais todos os parâmetros são especificados, assim, definimos o ponto de partida e, a partir disso, podemos determinar os valores esperados no projeto em função da temperatura e da corrente que iremos utilizar. Convém salientar que

os Leds são especificados em condições não semelhantes, pois depende do tipo e do fabricante. Portanto, é importante sempre definir as condições de partida.

O primeiro gráfico a analisar é o da distribuição espectral de potência, o qual indica a composição do espectro do Led para cada comprimento de onda. Um exemplo deste gráfico é apresentado na Figura 5.

Como podemos notar, tanto a temperatura quanto a corrente estão devidamente definidos. Uma curiosidade é que este fabricante, além de apresentar a distribuição espectral de potência, apresenta também como referência a curva $V\lambda$ (pontilhada), que é a curva de sensibilidade fotópica do olho humano.

Seguindo adiante, outros gráficos também importantes são disponibilizados, a saber: corrente direta (forward current) e fluxo luminoso relativo (relative luminous

flux), ambos apresentados na Figura 6.

Novamente, os gráficos apresentam a informação tanto da temperatura quanto da corrente nos quais foram baseados. O gráfico da esquerda (forward current) apresenta a variação da corrente em função da tensão e simplesmente define o comportamento entre ambos como forma de determinar qual será o valor da tensão que estará sobre o diodo em função da corrente escolhida no projeto. O gráfico da esquerda apresenta o fluxo relativo em função da corrente aplicada ao Led. Nota-se que, para o valor de 150 mA, temos o valor do fluxo igual a 1, que nada mais significa do que o fluxo luminoso especificado. Ao variarmos o valor da corrente para cima ou para baixo poderemos determinar o fluxo resultante.

Finalmente temos um outro gráfico do fluxo luminoso relativo, porém, agora

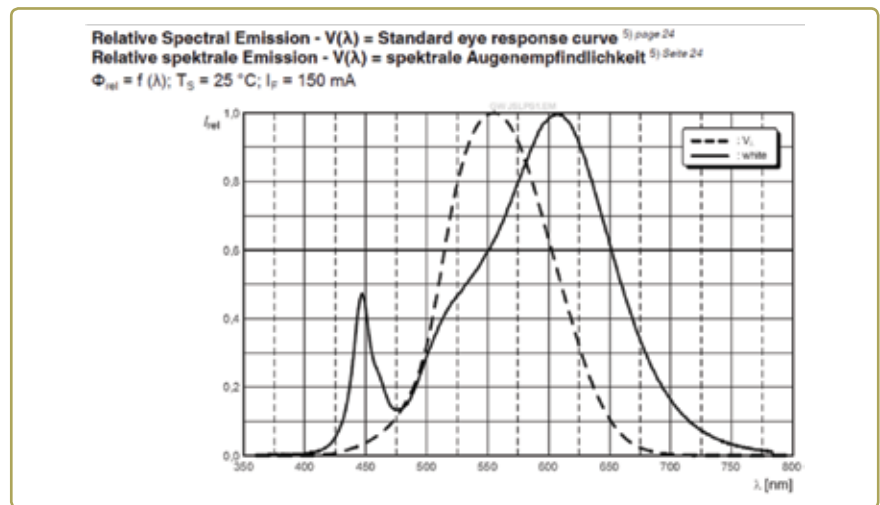


Figura 5 – Distribuição espectral de potência

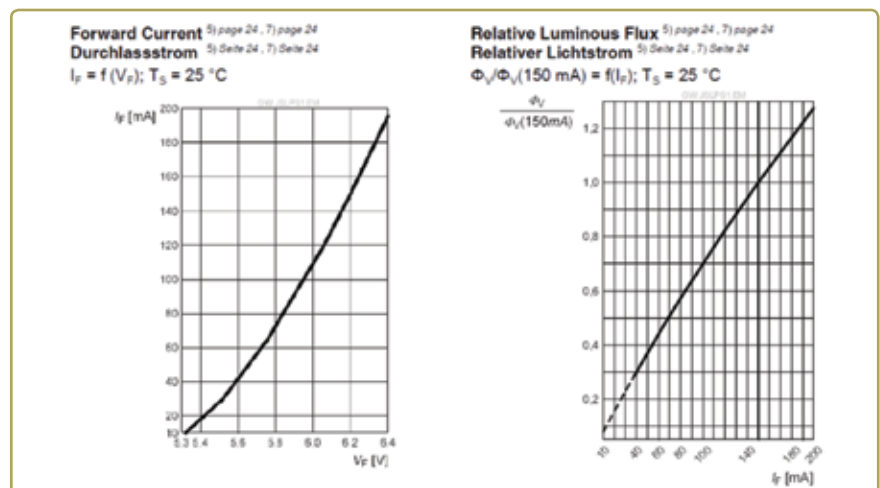


Figura 6 – Gráficos da corrente direta e do fluxo luminoso relativo.

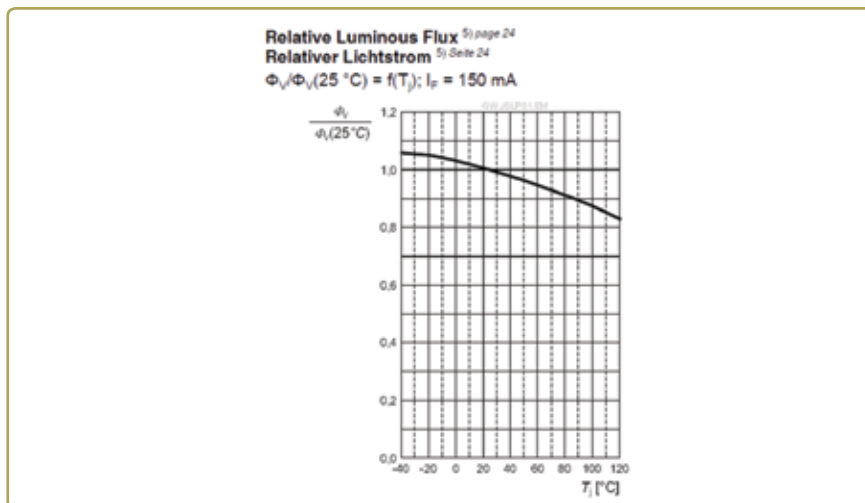


Figura 7 – Gráfico do fluxo luminoso relativo em função da temperatura de junção.

em função da temperatura de junção do Led (T_j). Sabemos que o fluxo luminoso depende tanto do valor da corrente quanto da temperatura de junção, portanto, temos que levar em consideração os dois parâmetros. Este gráfico é apresentado através da Figura 7.

Novamente, o valor equivalente a 1 refere-se à temperatura de junção de 20

°C, que é a temperatura utilizada para a especificação deste parâmetro. Da mesma forma, ao alterarmos o valor da temperatura de junção para cima ou para baixo, teremos valores diferentes de fluxo luminoso.

No próximo capítulo, iniciaremos a abordagem do componente térmico do Led, explorando, com todos os detalhes, assuntos relativos ao gerenciamento térmico.

REFERÊNCIAS:

1. Cree XLamp CXA3070 LED – CLD-DS80 REV 4B, disponível em www.cree.com
2. Lumileds LUXEON Rebel General Purpose Product datasheet 20160224, disponível em www.lumileds.com.
3. Osram Duris S E5 datasheet Version 1.0, disponível em www.osram-os.com.

**Vicente Scopacasa é engenheiro eletrônico com pós-graduação em administração de marketing. Tem sólida experiência em semicondutores, tendo trabalhado em empresas do setor por mais de 40 anos. Especificamente em Leds, atuou por mais de 30 anos em empresas líderes na fabricação de componentes, tanto no Brasil como no exterior. Atua hoje como consultor na área de iluminação de estado sólido e como professor em cursos de especialização e de pós-graduação.*

CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em www.osetoelettrico.com.br

Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para redacao@atitudeeditorial.com.br