

## Capítulo V

# Gerenciamento térmico dos Leds

Por Vicente Scopacasa\*

Este artigo abordará um dos temas mais importantes quanto à utilização dos Leds em projetos de fontes de luz de estado sólido. O gerenciamento térmico da fonte de luz é realmente um dos cuidados principais a serem adotados nos projetos, pois o controle da temperatura é de vital importância para o desempenho da luminária, assim como também da sua longevidade.

Afinal, o Led gera calor? Sempre ouvimos que o Led emite luz fria, diferentemente das lâmpadas convencionais. Se ele emite luz fria, por que temos que nos preocupar com a dissipação de calor gerado pelo Led

se ouvimos que isto pode interferir no seu desempenho e na vida útil?

Todas as fontes de luz, quer sejam lâmpadas ou Leds, têm como objetivo transformar energia elétrica em luz e, neste processo, temos a geração de outros tipos de energia. Para melhor entendimento, vamos comparar o comportamento do Led com uma lâmpada incandescente quanto a esta transformação de energia.

Conforme apresentado na Figura 1, a lâmpada incandescente transforma somente cerca de 5% da energia total em luz visível, 12% em calor e o restante, cerca de 83%, em

infravermelho. Explicando melhor, os 12% da energia elétrica transformada em calor representam a real eficiência da lâmpada, sendo que os 88% restantes (5% de luz e 83% de infravermelho) são, na verdade, transformados em luz. Ocorre que a parcela gerada de infravermelho é luz não visível, portanto, somente obtemos 5% de luz visível nesta transformação.

Diferentemente, Leds emitem cerca de 60% da energia em luz visível e 40% de calor. Neste caso, não há emissão de infravermelho, o que faz com que não haja calor no feixe da luz emitida. Daí podermos dizer que os Leds são frios, pois, podem ser tocados sem a sensação de calor, o que é impossível com a lâmpada incandescente.

A conclusão a que chegamos é que temos dois tipos de calor a serem considerados. O primeiro pode ser chamado de calor dissipado e é resultante da não transformação da energia elétrica em luz (visível ou não). O segundo, chamado de calor irradiado, representa a energia presente no feixe de luz, o que, no caso da lâmpada incandescente, é representado pelo infravermelho sendo ausente no Led.

Falando mais especificamente do Led, estes 40% de energia elétrica

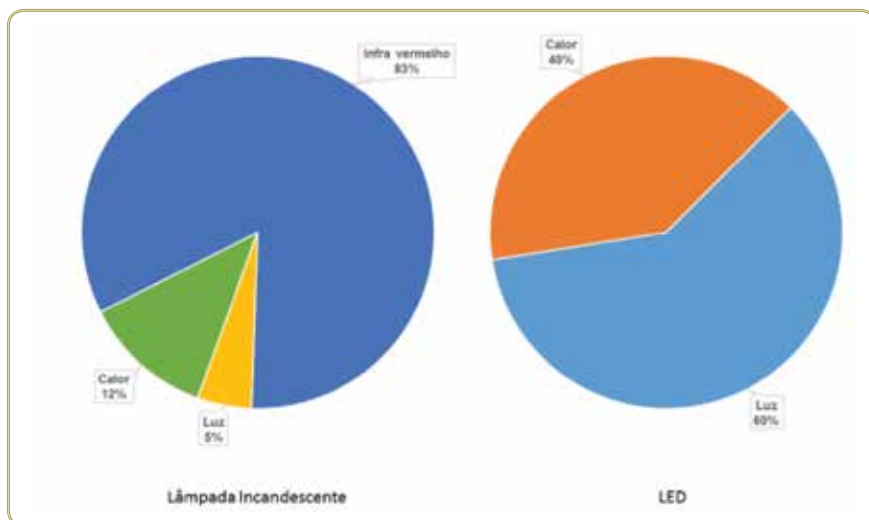


Figura 1 – Comparação da transformação de energia entre a lâmpada incandescente e o Led.

transformados em calor representam uma parcela considerável e, portanto, temos que desenvolver projetos térmicos para garantir as condições ideais de operação e melhores condições de desempenho do produto. Convém lembrar que a porcentagem de calor nos Leds já foi muito maior e vem diminuindo consideravelmente com o contínuo aumento da eficácia. Um bom exemplo disso é que hoje obtemos Leds com eficácias da ordem de 150 a 160 lúmens/watt, o que significa que parcelas menores de calor estão sendo geradas e a tendência é diminuir ainda mais com o gradativo avanço da tecnologia.

Como já foi dito anteriormente, precisamos ter controle sobre a temperatura gerada pelo Led, mantê-la em níveis desejáveis para o melhor desempenho possível e também garantir a maior vida útil. Em termos de desempenho, destacamos o fato

de que o fluxo luminoso e a cor são dependentes da temperatura de operação do Led. Isto significa que quanto maior a temperatura, menor o fluxo luminoso e, conseqüentemente, menor a eficácia, além de termos alterações indesejadas na cromaticidade. Como visto em artigos anteriores, o aumento da temperatura no Led implica perda de fluxo luminoso, alteração das coordenadas de cromaticidade e diminuição no valor da voltagem direta, portanto seu controle é fundamental.

O gerenciamento térmico consiste em fazer com que o calor gerado no Led seja transferido para o ambiente no qual a fonte de luz irá operar. A Figura 2 é uma representação básica do percurso do calor gerado pelo Led até atingir o ambiente com as várias interfaces a serem percorridas. O projeto térmico adequado consiste na identificação de todas estas interfaces

e no cálculo dos valores das várias resistências térmicas envolvidas.

Define-se como resistência térmica, cuja unidade é °C/Watt ou °K/Watt, a dificuldade que os materiais apresentam quanto à passagem de calor. Quanto menor o valor das resistências térmicas no percurso, melhor será a transferência de calor permitindo que todo o sistema opere dentro das condições térmicas desejadas. Na Figura 2, temos quatro tipos de materiais com diferentes valores de resistência térmica.

Há três mecanismos conhecidos para a transferência de calor: condução, convecção e radiação. A transferência térmica, desde a junção do Led até o dissipador de calor, é feita basicamente através do mecanismo de condução e, então, podemos considerar os mecanismos de radiação e convecção. Considerando-se o circuito térmico da Figura 2, podemos considerar que

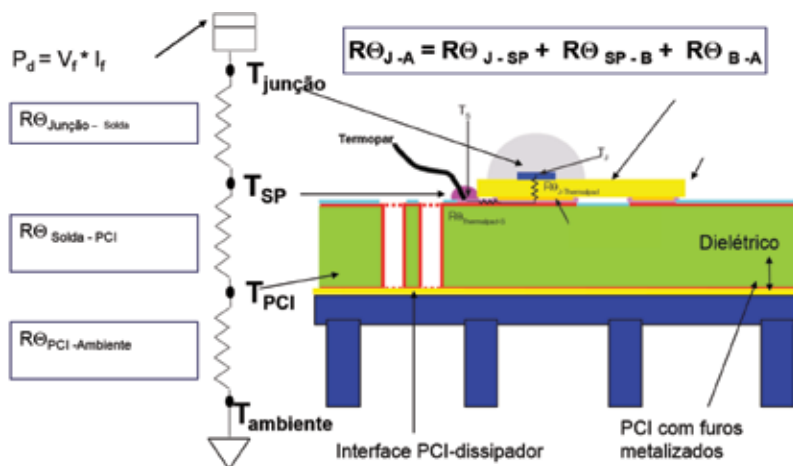


Figura 2 – Representação do caminho térmico desde a sua geração no Led até o ambiente.

todas as resistências térmicas estão em série e, portanto, podemos considerar a equação abaixo:

$$T_j = T_a + P_d \cdot R_{\theta j a}$$

Em que:

- $T_j$  representa a temperatura na junção do Led, temperatura gerada pela parcela da energia elétrica não convertida em luz visível;
- $T_a$  representa a temperatura ambiente;
- $P_d$  representa a potência envolvida, normalmente calculada pela multiplicação do valor da tensão direta do Led pela corrente elétrica a ele aplicada;
- $R_{\theta j a}$  representa a soma de todas as resistências térmicas do sistema, desde o Led até o ambiente.

Portanto, um dos pontos importantes para se obter um bom projeto térmico consiste na escolha do Led e de todos os materiais que farão parte do produto final, sempre observando o valor da resistência térmica de cada um deles, garantindo, assim, com que o calor gerado na junção do Led seja convenientemente transferido para o ambiente.

Para melhor entendimento, vamos fazer um exemplo prático em que iremos calcular o valor da resistência térmica

do dissipador a ser utilizado em um projeto de uma fonte de luz com Led, com o devido detalhamento de todas as condições de contorno que envolvem este projeto. Para tal, vamos assumir que nossa fonte de luz tenha que gerar algo ao redor de 1.000 lúmens, 90 de IRC, 4000 K de temperatura de cor, temperatura ambiente no qual a fonte de luz irá operar de 35 °C e que seja a mais compacta possível.

O primeiro passo é escolher qual o Led que vamos utilizar em nosso projeto. Já que precisamos projetar uma fonte de luz compacta, a primeira opção seria utilizar um Led COB (Chip on board), em que destacamos o fato de ser compacto e de poder ser montado diretamente ao dissipador sem a necessidade de montá-lo em uma placa de circuito impresso. Aleatoriamente, escolhemos um fabricante, cujo código do produto apresenta 1.170 lúmens e atende às demais necessidades do nosso projeto.

Analisando as demais características deste Led, anotamos as seguintes:

- Temperatura máxima de junção: 125 °C
- Resistência térmica da junção ao ponto solda ( $T_s$ ): 0,7 °C/W
- Corrente nominal: 300 mA
- Tensão direta típica: 34,5 V

Após analisar o relatório de teste da LM-80 para o código em questão, decidimos que o valor da temperatura de junção que o Led irá operar é de 100 °C, uma vez que este valor atende às nossas necessidades de manutenção de fluxo com o tempo. Com isto, já temos condições de utilizar a equação abaixo e encontrarmos o valor da resistência térmica total, ou seja, desde a junção do Led até o ambiente:

$$T_j = T_a + P_d \cdot R_{\theta j a}$$

Refazendo a equação e substituindo os valores que temos até o momento:

$$R_{\theta j a} = T_j - T_a : P_d$$

$$R_{\theta j a} = 100^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C} : 5,175$$

$$R_{\theta j a} = 12,5^\circ\text{C/W}$$

Em que o valor de  $P_d$  foi calculado multiplicando-se o valor da tensão direta pela corrente nominal e dividido por 2, uma vez que o Led em questão gera aproximadamente 50% da potência consumida em luz e o restante em calor. Portanto, o valor da resistência térmica total, desde a junção até o ambiente, é de 12,5 °C/W. Tendo o valor da resistência térmica total, é possível calcular o valor da resistência térmica do dissipador através da fórmula a seguir:

$$R\theta_{ja} = R\theta_{js} + R\theta_{sd} + R\theta_{da}$$

Em que:

$R\theta_{js}$  é a resistência térmica da junção do Led até o ponto de medição na placa;

$R\theta_{sd}$  é a resistência térmica do ponto de medição da placa ao dissipador (basicamente, a interface térmica);

$R\theta_{da}$  é a resistência térmica do dissipador ao ambiente;

Assumindo que estamos utilizando uma interface térmica com 1 °C de resistência térmica, o valor do dissipador será:

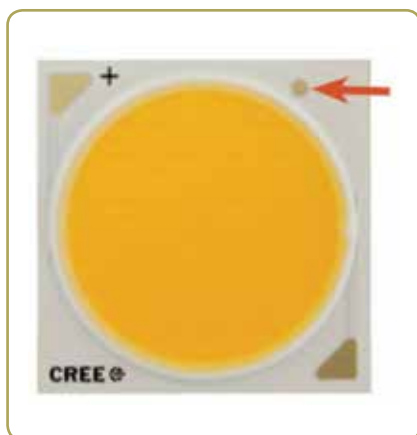
$$R\theta_{da} = R\theta_{ja} + R\theta_{js} + R\theta_{sd}$$

$$R\theta_{da} = 12,5 - 0,7 - 1,0$$

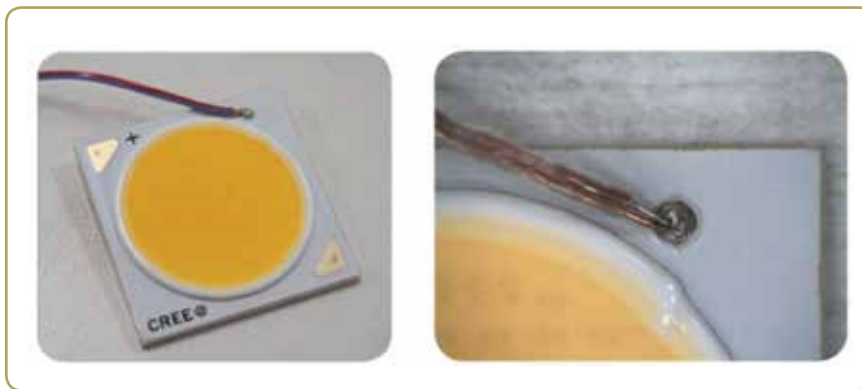
$$R\theta_{da} = 10,8^{\circ}\text{C/W}$$

Portanto, o valor da resistência térmica do dissipador deverá ser 10,8 °C no máximo.

O próximo passo é a montagem do protótipo e, então, efetuarmos algumas medições de temperatura e avaliarmos o comportamento do protótipo inclusive comparando com os valores previamente calculados. No caso do COB, esta tarefa é facilitada pois o ponto onde o termopar deverá ser soldado é facilmente identificado no próprio componente. Na Figura 3, temos um exemplo de um COB e a indicação do ponto de solda do termopar indicado pela seta vermelha.



**Figura 3 – Indicação do ponto de solda do termopar para verificação da temperatura do Led.**



**Figura 4 – Detalhe do termopar soldado ao ponto Ts indicado pelo fabricante do Led.**

O procedimento consiste em soldar o termopar no ponto indicado e, após a estabilização do Led, efetuar a medição da temperatura  $T_s$ . Com o valor medido, utilizamos a mesma fórmula usada para o cálculo da resistência térmica e então encontramos o valor estimado da temperatura de junção  $T_j$ . Com este resultado prático, podemos comparar com o valor estimado inicialmente e confirmar se o projeto térmico é efetivo ou não. Ao medirmos o valor de  $T_s$ , desprezamos toda a montagem desde o ambiente até este ponto e consideramos somente o Led. Na Figura 4, apresentamos o COB com o termopar acoplado e pronto para a leitura da temperatura.

Assumindo que o valor medido da temperatura seja de 90°C e aplicando este valor na fórmula a seguir, em que as outras variáveis já são conhecidas, estimamos o valor da temperatura de junção  $T_j$ :

$$T_j = T_s + P_d \cdot R\theta_{js}$$

$$T_j = 90 + 5,175 \times 0,7$$

$$T_j \cong 94^{\circ}\text{C}$$

Portanto, o valor estimado da temperatura de junção está abaixo do que foi previsto originalmente, significando que o projeto está de acordo. No caso de o valor da  $T_j$  ser maior do que 100 °C, teríamos duas possibilidades de correção: diminuir a potência através da diminuição da corrente elétrica,

penalizando o fluxo luminoso; ou então melhorar o projeto térmico, pela escolha de um outro Led, ou interface térmica, ou outro dissipador, todos com resistências térmicas mais baixas, pois, quanto mais diminuirmos o valor da resistência térmica total, menor será o valor de  $T_j$ .

No próximo artigo continuaremos com a abordagem relativa ao projeto térmico com destaque para as diversas opções de placas de circuito impresso e interfaces térmicas e suas respectivas influências no comportamento do Led.

#### REFERÊNCIAS:

1. DS162 LUXEON CoB Core Range (Gen 3) Product Datasheet 20160323 ©2016 Lumileds Holding B.V. All rights reserved.
2. Cree XLamp CX family LED design guide. CLD-DG02 rev 3.

\*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.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)

Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para [redacao@atitudeeditorial.com.br](mailto:redacao@atitudeeditorial.com.br)