

## Capítulo VI

# Mais detalhes sobre o gerenciamento térmico

Por Vicente Scopacasa\*

No artigo anterior, abordamos o projeto térmico a ser desenvolvido para que o calor gerado na junção do Led possa ser transferido ao ambiente e com isso garantir que o Led trabalhe dentro dos limites aceitáveis. No projeto térmico, consideramos todos os meios pelos quais o calor tem que passar até atingir o ambiente e é justamente sobre estes meios que iremos abordar no presente artigo.

Vamos, então, relembra a fórmula de transferência de calor:

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

Em que o parâmetro  $R_{\theta ja}$  representa a resistência térmica total dos meios desde a junção do Led até o ambiente. Como todas as resistências térmicas estão em série, a equação fica representada como:

$$R_{\theta ja} = R_{\theta js} + R_{\theta sd} + R_{\theta da}$$

Em que:

$R_{\theta js}$  é a resistência térmica desde a 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 resistência térmica da placa de circuito impresso mais a interface térmica);

$R_{\theta da}$  é a resistência térmica do dissipador ao ambiente.

Como todas estas resistências estão em série, o ideal é que tenhamos os menores valores possíveis, pois isto implicará um valor total menor e, quanto menor for a resistência térmica total, melhor será a transferência de calor para o ambiente. Vamos então analisar cada uma delas.

$R_{\theta js}$  – Representa basicamente a resistência térmica do Led, informação esta que deve ser fornecida pelo fabricante do componente e constante nas folhas de especificação. Como visto anteriormente, este é um dos parâmetros a serem considerados quando da escolha do melhor Led para o nosso projeto. A unidade de resistência térmica é normalmente fornecida como °C/W (graus Celsius por watt) ou °K/W (graus Kelvin por watt), o que significa o mesmo, pois ambas as escalas apresentam os mesmos incrementos de temperatura.

É importante destacar que, no caso de um arranjo de Leds, o comportamento das resistências térmicas pode ser determinado utilizando-se o modelo térmico de resistências em paralelo, conforme apresentado na Figura 1. Neste modelo, cada Led é representado individualmente.

No caso de arranjos de Leds iguais, a resistência térmica equivalente será igual à soma dos valores individuais dividido pelo número de Leds que compõem esse arranjo.

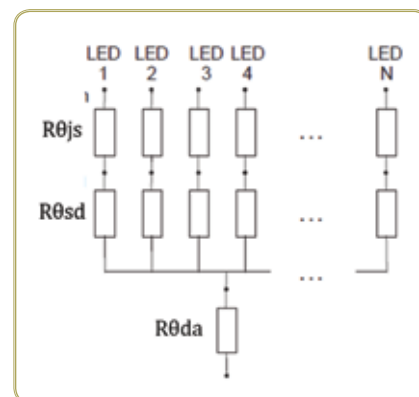


Figura 1 – Modelo de resistência térmica em paralelo para arranjos de Leds.

Uma vez que o tipo de Led é escolhido e a resistência térmica identificada, passamos ao próximo passo que é a identificação de qual placa de circuito impresso e qual interface térmica iremos utilizar.

Como sabemos, os Leds que normalmente utilizamos são do tipo SMD (Surface Mount Devices) e necessariamente devem ser montados em uma placa de circuito impresso. Cumpre ressaltar que, no caso de se tratar de um Led do tipo COB (Chip on Board) ou equivalente, não há a necessidade de montá-lo na placa de circuito impresso, devendo ser montado diretamente no dissipador.

$R_{\theta sd}$  – Representa o valor da resistência térmica da placa de circuito mais a

resistência térmica da interface entre a placa e o dissipador. Primeiramente, abordaremos as principais opções de placas de circuito impresso disponíveis para a montagem dos Leds. Historicamente, placas do tipo MCPCB (Metal Core Printed Circuit Board) ou placas de circuito impresso com núcleo metálico têm sido utilizadas por sua baixa

resistência térmica e rigidez. Entretanto, nem sempre é a melhor solução sob o ponto de vista econômico para algumas aplicações. Placas de circuito do tipo FR4, dupla face com furos metalizados, podem resultar em soluções com custos mais competitivos e termicamente eficientes quando comparados com MCPCB.

As opções mais conhecidas de placas de circuito impresso para montagem de Leds são a FR4, MCPCB e cerâmica, as quais, individualmente, apresentam vantagens e desvantagens no que se refere a custos, a disponibilidade, a desempenho, etc. A seguir, a Tabela 1 apresenta um comparativo detalhado de cada uma destas opções:

**TABELA 1 – QUADRO COMPARATIVO ENTRE AS TRÊS OPÇÕES DE PLACAS PARA MONTAGEM DE LEDS**

	FR4	MCPCB	PCB Cerâmico
Custo	Baixo para médio	Médio	Alto
Desempenho Térmico	Baixo para médio	Médio para excelente	Alto para excelente
Coefficiente de expansão térmica	Bom	Moderado	Bom
Densidade de LEDs na montagem	Indicado para aplicações com baixa densidade, alto espaçamento entre LEDs e baixa corrente de operação.	Indicado para média densidade e moderado espaçamento entre LEDs	Indicado para alta densidade com mínimo espaçamento entre LEDs
Montagem mecânica e manuseio	Fácil pois a placa não quebra facilmente	Fácil pois a placa não quebra facilmente	Precaução extra para prevenir a quebra da cerâmica
Disponibilidade	Alta	Alta	Limitada

A seguir, apresentamos um breve descritivo de cada uma destas soluções, assim como ilustrações quanto ao aspecto construtivo e materiais utilizados.

Placas FR4 – FR4 é uma tecnologia muito utilizada pela indústria eletrônica. Dependendo do tipo do Led utilizado, assim como da densidade e corrente de operação, a placa FR4 pode ser considerada com várias vantagens, principalmente, quanto a custo e disponibilidade no mercado. No caso de montagens com Leds, normalmente, utiliza-se a placa FR4 com dupla face, que consiste em duas camadas de cobre uma em cada lado externo da placa. Como o material da placa é termicamente isolante, temos a necessidade de fazer furos metalizados a fim de que o calor gerado em uma das superfícies do cobre seja transferido a outra. Na Figura 2, temos uma ilustração da placa FR4 com as duas camadas de cobre com espessura de 70 $\mu$ m (2 onças) e furos metalizados normalmente com 35 $\mu$ m de espessura.

A função principal dos furos metalizados é a de transferir o calor de uma das superfícies à outra e com isso diminuir o valor da resistência térmica da placa. A resistência térmica entre o corpo do encapsulamento do Led e a placa depende de vários fatores dentre os quais destacamos a área de cobre ao redor do Led, o número e o posicionamento dos furos metalizados, a espessura do cobre da placa e a espessura do isolante. A especificação do fabricante do Led deve sempre ser consultada, pois cada projeto é específico e, portanto, uma regra geral nem sempre é aplicável.

Placas MCPCB – A placa de circuito impresso do tipo MCPCB consiste basicamente de um substrato metálico, normalmente alumínio, com condutividade térmica da ordem 250 W/mK com custo relativamente baixo, e de uma camada dielétrica de epóxi que tem com função básica a isolamento elétrica entre a camada de cobre e a base de alumínio. A espessura desta camada dielétrica é crítica, pois

quanto maior for, maior também será o valor da resistência térmica.

Além destes dois fatores, temos ainda a camada de cobre, em que espessuras de 35 $\mu$ m e 70  $\mu$ m, 1 e 2 onças respectivamente, são comumente encontradas e a máscara de solda normalmente composta de material refletivo a fim de auxiliar na extração da luz gerada pelo Led.

Na Figura 3, temos um exemplo de uma placa do tipo MCPCB.

PCI Cerâmicas – A composição da placa de circuito impresso cerâmica consiste basicamente do substrato cerâmico utilizando compostos com altos valores de condutividade térmica, compostos estes como a Alumina. De forma análoga ao MCPCB, são ainda necessárias a camada de cobre e a máscara de solda para a composição final do produto. As placas de circuito impresso cerâmicas têm disponibilidade muito limitada em nosso mercado, porém, para projetos com alta densidade de luz, são altamente recomendadas em função do ótimo desempenho e confiabilidade. A Figura 4 traz um exemplo de uma placa cerâmica e os materiais utilizados.

Concluindo, a escolha da placa de circuito impresso a ser utilizada é muito importante pois terá influência no comportamento térmico do sistema além de oferecer maior ou menor desempenho e confiabilidade ao conjunto.

Vamos agora tratar das interfaces térmicas, componentes estes de vital importância para o bom funcionamento da luminária de estado sólido. A principal vantagem da utilização da interface térmica entre a placa de circuito impresso e o dissipador é o de prover o melhor acoplamento entre ambos, evitando bolsões de ar entre estas duas superfícies. Como sabemos, o ar é um péssimo condutor de calor e, portanto, temos que preencher estes bolsões de ar com um material com boa condutividade térmica, contribuindo, desta forma, para a diminuição da resistência térmica total do sistema.

A complexidade do projeto térmico é diretamente proporcional ao nível de

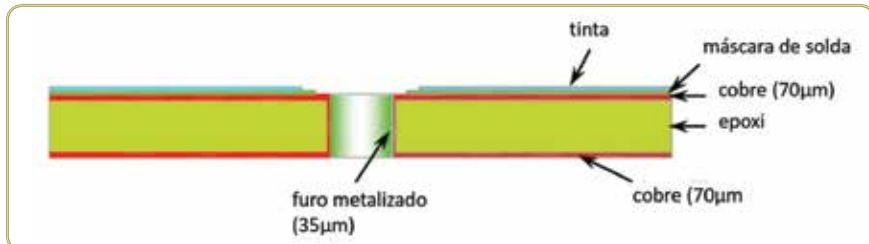


Figura 2 – Seção transversal de uma pci FR4 com furos metalizados.

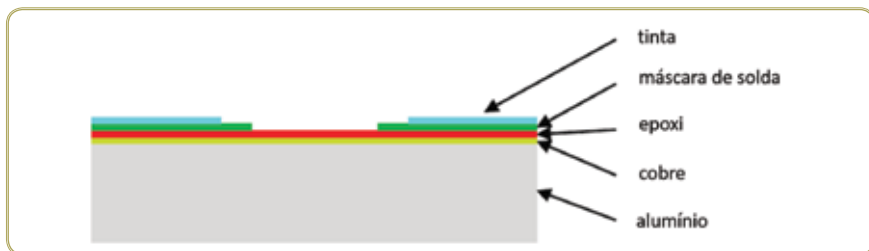


Figura 3 – Seção transversal de uma pci do tipo MCPCB.

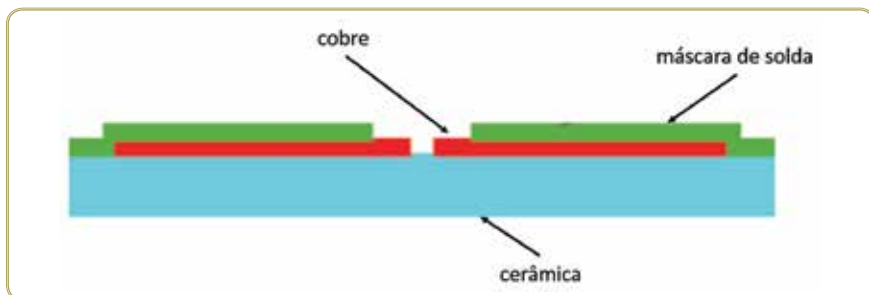


Figura 4 – Seção transversal de uma placa de circuito impresso cerâmica.

potência no qual estamos trabalhando. Com o contínuo aumento da eficácia (lúmen/watt) do Led, maior é a quantidade de energia transformada em luz e menor a quantidade de calor gerado, permitindo eventualmente a realização de projetos sem a utilização de um dissipador de calor físico. Em algumas situações, o calor gerado pode ser dissipado na própria placa de circuito impresso utilizando a área de cobre.

No caso de potências mais altas, temos, obrigatoriamente, que utilizar o dissipador térmico que pode ser, inclusive, a própria carcaça metálica da luminária, se possível. De qualquer forma, utilizando um dissipador convencional ou a carcaça da luminária, temos que considerar a inclusão da interface térmica que pode ser nas mais variadas formas, como a pasta ou graxa térmica, colas, pads (folhas), grafite etc. Existem vários fabricantes de interfaces térmicas que disponibilizam diversas opções de produtos, sendo que o projetista deve observar o comportamento do material quanto ao valor da sua condutividade térmica. Quanto maior, melhor, além da sua aplicação ao processo de produção, custo e características de vida útil e, finalmente, quanto ao seu comportamento em função da temperatura e do tempo.

Alguns fabricantes de Leds costumam listar os tipos de interfaces térmicas que eventualmente testaram em seus produtos, somente como referência, pois, cada caso é único e o comportamento destas interfaces não necessariamente é o mesmo para todos os tipos de Leds. Convém lembrar que, além de nos preocuparmos com a interface térmica, outros fatores também devem ser considerados, como a espessura, a quantidade e a área da interface térmica, e o torque entre a pci e o dissipador. A título de ilustração, apresentamos um comparativo feito por um fabricante de Leds, em que, para o mesmo COB, foram utilizadas áreas de cobertura de pasta diferentes, resultando em comportamentos diferentes quanto ao valor da temperatura de junção.

A Figura 5 mostra três situações

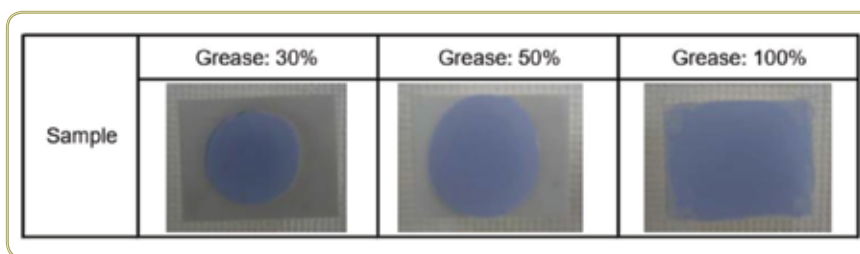


Figura 5 – Três situações distintas com áreas de deposição de pasta térmica.

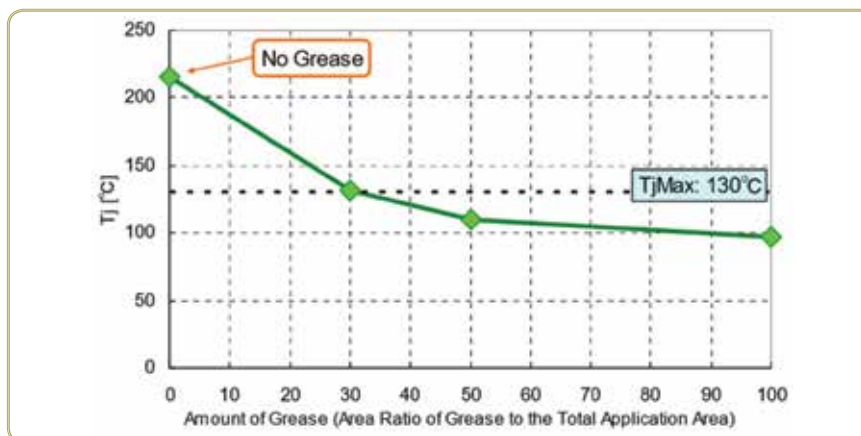


Figura 6 – Comportamento da temperatura de junção em função da área de pasta térmica depositada.

diferentes quanto à área de pasta térmica depositada na placa de circuito impresso para o mesmo componente COB.

Nestas três situações, 30%, 50% e 100% da área do pad foram cobertas por pasta térmica e o objetivo é analisar o comportamento da temperatura de junção (Tj) para cada uma delas. Na Figura 6, é apresentado o gráfico resultante do valor de Tj para cada situação.

Notamos que quanto maior for a área de deposição da pasta térmica, menor será o valor da temperatura de junção, indicando que sempre devemos assegurar que a maior cobertura do pad de solda seja feita. Notamos também que, no caso de ausência total da interface térmica, o valor da temperatura de junção, neste presente caso, ultrapassou 200 °C, o que, com certeza, levará o Led a uma situação de falha catastrófica.

No próximo artigo, teremos a conclusão sobre projetos térmicos, em que abordaremos com detalhes o processo de verificação e teste de temperaturas, além de apresentar alguns casos práticos, a título de comparação, em que, no mesmo Led,

utilizamos diferentes tipos de placas de circuito impresso.

#### REFERÊNCIAS:

1. - AB136, LUXEON MZ Application Brief 20150528 da Lumileds.
2. - AB32 LUXEON Rebel Platform Assembly and Handling Information Application Brief 20150330 da Lumileds.
3. - Heat dissipation performance according to the adhesion strength of COB and housing SE-AP00019A, Jan. 6 2015, da Nichia.

\*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)