



Foto: Andrés Otero - Projeto: Franco & Fortes Lighting Design

# Modulação Temporal da Luz

Por Jeferson Beltrami

Ou efeito *flicker*

**NÃO É RARO OUVIRMOS PESSOAS QUE TRABALHAM** em ambientes iluminados com lâmpadas fluorescentes reclamarem de dores de cabeça, mal-estar ou cansaço. Muitas vezes, estes sintomas ocorrem devido à modulação temporal da luz, um fenômeno ao qual está sujeita esse tipo de iluminação.

Esta modulação é aquele inconveniente pisca-pisca que, quando percebemos, incomoda e nos desconcentra da tarefa que estamos executando; porém, pior que esse desconforto, é quando deixamos de percebê-lo, pois, mesmo assim, ele continua afetando nosso sistema visual, influenciando de

alguma maneira nosso sistema nervoso, colocando em risco nossa saúde e prejudicando nossa produtividade.

A modulação temporal da luz, que comumente chamamos de pisca-pisca ou intermitência da luz, é objeto de estudo de pesquisadores há muitos anos. Em espanhol é conhecida como *parpadeo* e, em inglês, como *flicker*. Ela é definida pela CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) como a sensação de instabilidade visual induzida por um estímulo de luz, cuja luminância ou distribuição espectral variam com o tempo. É um fenômeno comum à luz artificial proveniente de fontes elétricas e depende da alimentação que recebe e do mecanis-

mo de emissão da luz, ocorrendo com frequência em televisores, monitores de computador e, principalmente, em tubos de lâmpadas fluorescentes, aos quais nos ateremos.

Todas as fontes de luz alimentadas por corrente elétrica estão sujeitas à modulação temporal da luz. Nas lâmpadas incandescentes esse fenômeno é mais raro pelo seu mecanismo de emissão de luz, cujo filamento apresenta alta inércia à variação da corrente, o que não ocorre nos tubos fluorescentes. Esse tipo de lâmpada tem a emissão de luz diretamente ligada à descarga elétrica que recebe, pois o processo de ionização do gás que a gera é muito rápido em comparação às oscilações da corrente de energia e, portanto, a emissão da luz segue as oscilações desta corrente.

Outro fator que contribui para ocorrer intermitência nos tubos fluorescentes é o tipo de recobrimento interno que recebem. A luz visível é gerada pela reemissão dessa cobertura de material luminescente, a qual determina a temperatura de cor da luz. Segundo investigações, as lâmpadas de temperaturas de cor altas estão mais suscetíveis à intermitência que as lâmpadas de temperaturas de cor baixas.

Como sabemos, a luz é uma onda eletromagnética, e como tal, possui uma frequência que determina se perceberemos ou não sua intermitência. Um tubo de lâmpada fluorescente com reator convencional emite luz com frequência por volta de 100Hz, e, por ser uma frequência alta, a maioria das pessoas não percebe que ela pode estar piscando, pois o nosso sistema visual começa a perceber o pisca-pisca a uma frequência em torno de 50 a 60Hz e, quanto menor essa frequência, mais evidente ele se torna, portanto, mais incômodo também.

Quando a oscilação da luz é muito rápida, nosso olho não consegue captar a diferença entre claro e escuro, ou seja, há uma fusão em

## *Modulação temporal da luz é aquele inconveniente pisca-pisca que, quando percebemos, incomoda e nos desconcentra da tarefa que estamos executando.*

nosso sistema visual e percebemos como se a luz estivesse estável. A frequência que faz com que aconteça essa fusão em nossa percepção é chamada de Frequência Crítica de Fusão (CFF – *Critical Fusion Frequency*) e pode variar muito de indivíduo para indivíduo. Fique claro que a CFF é a frequência na qual deixamos de perceber a intermitência, porém não significa que ela deixou de existir. É comprovado por muitas pesquisas que mesmo não percebendo essa intermitência subliminar, nosso sistema visual capta estes sinais de alta frequência, originando uma carga extra em nosso sistema nervoso central, o que explica os sintomas de dores de cabeça, cansaço físico e visual que atingem trabalhadores que passam muitas horas sob iluminação de tubos fluorescentes. Evidentemente não são todas as pessoas que apresentam estes sintomas devido à modulação temporal da luz. Alguns indivíduos apresentam maior sensibilidade e esse fenômeno depende de fatores como a idade e o tamanho



Foto: Divulgação Philips

Hoje, a solução considerada ideal é o uso de reatores eletrônicos de boa qualidade.

Lâmpadas de temperaturas de cor altas estão mais suscetíveis à intermitência que as de temperaturas de cor baixas.  
Projeto: Franco & Fortes Lighting Design.



Foto: Andrés Otero



Foto: Andrés Otero

A intermitência pode ter efeito sobre o ritmo cardíaco e incrementar a secreção de hormônios relacionados ao *stress*. Projeto: Franco & Fortes Lighting Design.

da pupila, ou ainda a fatores externos, como a intensidade da modulação, o tamanho do ambiente iluminado, o tempo de permanência nesse ambiente, etc.

As evidências fisiológicas da perturbação causada pela intermitência da luz são detectadas por exames como o eletroencefalograma, que utiliza eletrodos postos na superfície do couro cabeludo sobre a região do cérebro responsável pela visão, e o eletroretinograma, que usa eletrodos sobre as fibras neurais da retina. Esses exames comprovaram que os movimentos

sacádicos<sup>(1)</sup> do olho se vêem perturbados durante uma leitura na presença da modulação temporal de luz a uma frequência de 100Hz. Outras investigações mostram que a intermitência pode também ter efeito sobre o ritmo cardíaco e incrementar a secreção de hormônios relacionados ao *stress*.

Estamos inertes a este problema? Não, hoje esse fenômeno pode ser resolvido de várias maneiras. Uma solução seria optar, quando possível, por lâmpadas de temperaturas de cor mais baixas, que são menos suscetíveis a este efeito. Outra solução seria instalar lâmpadas de mesma frequência a fases diferentes em um sistema trifásico, criando assim um aumento aparente de frequência.

Hoje a solução considerada ideal é o uso de reatores eletrônicos de boa qualidade, já que estes equipamentos fazem com que a frequência da emissão da luz seja consideravelmente mais alta, entre 20Khz a 100Khz.

Concluimos, então, que o cansaço físico e visual, antes atribuído à influência do campo eletromagnético da instalação, pode ser resultado da carga excessiva a que estão expostos nossos sistemas visual e nervoso por estarmos submetidos à iluminação de lâmpadas fluorescentes que apresentam intermitência.

Lembramos que o nosso bem-estar está fortemente ligado à luz do nosso entorno visual, e que nossa produtividade está diretamente ligada ao nosso bem-estar. Fica mais um alerta para o cuidado que devemos tomar ao desenhar a iluminação para ambientes de trabalho. ◀

*Jeferson Beltrami é arquiteto, lighting designer formado em Arquitetura pela Universidade Estadual Paulista – UNESP e pós-graduado em Meio Ambiente Visual e Iluminação Eficiente (MAVILE) pela Universidad Nacional de Tucuman – Argentina. Trabalha com desenvolvimento de projetos de iluminação.*  
*jb.arq@ig.com.br*

Foto: Nicola Labbate



Nosso bem-estar está fortemente ligado à luz do nosso entorno visual, e nossa produtividade está diretamente ligada ao nosso bem-estar. Projeto: M Light Iluminação.

(1) Movimento que o olho faz involuntariamente para manter uma imagem focada na retina. Estes saltos se dão de duas a três vezes por segundo e são chamados movimentos optocinéticos.