

# Iluminação: Conceitos e Projetos

# Iluminação: Conceitos e Projetos

A história da OSRAM está intimamente ligada à história da humanidade, suas relações e descobertas quanto à iluminação, pois sempre teve como meta o novo... o futuro. Isso só foi e é possível porque a OSRAM tem paixão por iluminação inteligente e busca ver o mundo em uma nova luz. Por isso, fornece esse bem, de forma responsável, para a população de mais de 159 países em todos os continentes.

Em 1910, a empresa criou as lâmpadas incandescentes com filamentos de tungstênio, mas, desde então, os investimentos em pesquisa resultaram em novas tecnologias como luzes que transportam dados e vozes a qualquer lugar no planeta, curam bebês, eliminam cicatrizes, purificam o ar e a água, além dos LED's (diodo emissor de luz).

No Brasil, a OSRAM está presente desde 1922 e sempre contribuiu para o desenvolvimento sócio-econômico do país. Em 1955, iniciou a fabricação nacional de lâmpadas no município de Osasco, na área metropolitana de São Paulo.

Hoje, a OSRAM se caracteriza como a empresa mais especializada do mundo na área de iluminação. Tem uma vasta quantidade de patentes, trabalhos científicos e prêmios internacionais que garantem um portfólio com cerca de cinco mil tipos de lâmpadas. Ao mesmo tempo, sua atuação reflete um engajamento incondicional na preservação do meio ambiente e na qualidade de vida das pessoas em todo o mundo.

# Apresentação

A OSRAM tem o prazer de colocar à disposição o Curso de Iluminação: Conceitos e Projetos. Seu objetivo é ser um guia útil, principalmente para aqueles que se iniciam na área da iluminação artificial.

De maneira clara e bem estruturada, este curso apresenta os principais conceitos luminotécnicos para que o leitor possa se posicionar de maneira mais segura diante de todas as etapas que compõem o projeto e sua execução.

No início, nos referiremos também à luz natural, porque certos conceitos não são privilégio exclusivo da artificial. Além disso, lembramos a necessidade premente de trabalhar cada vez mais o projeto luminotécnico como um todo – luz natural e artificial, levando o melhor conforto, funcionalidade e economia às edificações.

# Índice

|                    |  |           |
|--------------------|--|-----------|
| <b>Capítulo 01</b> | <b>Conforto luminoso</b>                         | <b>06</b> |
| <b>Capítulo 02</b> | <b>Os objetivos da iluminação</b>                | <b>10</b> |
| <b>Capítulo 03</b> | <b>Os sistemas de iluminação</b>                 | <b>10</b> |
| <b>Capítulo 04</b> | <b>Conceitos básicos: grandezas fotométricas</b> | <b>15</b> |
|                    | 4.1 A radiação solar e a luz                     | 15        |
|                    | 4.2 Luz e Cores                                  | 16        |
|                    | 4.3 Potência Total Instalada                     | 17        |
|                    | 4.3.1 Densidade de Potência                      | 17        |
|                    | 4.3.2 Densidade de Potência Relativa             | 18        |
|                    | 4.4 Fluxo Luminoso                               | 19        |
|                    | 4.5 Eficiência Energética                        | 19        |
|                    | 4.5.1 Eficiência de lâmpada                      | 19        |
|                    | 4.5.2 Eficiência de luminária                    | 20        |
|                    | 4.5.3 Fator do Recinto                           | 20        |
|                    | 4.5.4 Fator de Depreciação (ou de Manutenção)    | 22        |
|                    | 4.6 Nível de Iluminância                         | 23        |
|                    | 4.6.1 Nível Adequado de Iluminância              | 24        |
|                    | 4.7 Intensidade Luminosa                         | 24        |
|                    | 4.7.1 Curva de distribuição luminosa             | 24        |
|                    | 4.8 Luminância                                   | 25        |
|                    | 4.9 Índice de reprodução de cores                | 27        |
|                    | 4.9.1 Espectro de Radiação Visível               | 28        |
|                    | 4.10 Temperatura de cor                          | 28        |
|                    | 4.11 Fator de fluxo luminoso                     | 32        |
|                    | 4.12 Vida útil, vida média e vida mediana        | 32        |

|                     |   |           |
|---------------------|---|-----------|
| <b>Capítulo 05</b>  | <b>Critérios de desempenho do ponto de vista do projeto de iluminação</b>               | <b>33</b> |
| <hr/>               |   |           |
| <b>Capítulo 06</b>  | <b>Modelos de avaliação em iluminação</b>   | <b>35</b> |
|                     | 6.1 Método de Cálculo de Iluminação Geral:<br>Método das Eficiências                    | <b>36</b> |
|                     | 6.2 Método de cálculo para iluminação localizada:<br>Método ponto a ponto               | <b>37</b> |
|                     | 6.3 Avaliação de custos   | <b>39</b> |
|                     | 6.3.1 Custos de Investimento  | <b>39</b> |
|                     | 6.3.2 Custos Operacionais   | <b>40</b> |
|                     | 6.3.3 Cálculo de Rentabilidade  | <b>40</b> |
|                     | 6.4 Softwares   | <b>42</b> |
| <hr/>               |   |           |
| <b>Capítulo 07</b>  | <b>Exemplos de aplicação</b>  | <b>44</b> |
|                     | 7.1 Exemplo 1 - Cálculo de iluminação geral   | <b>44</b> |
|                     | 7.2 Exemplo 2 - Método ponto a ponto  | <b>50</b> |
|                     | 7.3 Exemplo 3 - Método ponto a ponto  | <b>51</b> |
|                     | 7.4 Exemplo 4 - Cálculo de iluminação dirigida<br>Abertura do fecho de luz com refletor | <b>52</b> |
| <hr/>               |   |           |
| <b>Capítulo 08</b>  | <b>Anexos</b>   | <b>53</b> |
|                     | Anexo 1 - Equipamentos auxiliares utilizados<br>em iluminação                           | <b>53</b> |
|                     | Anexo 2 - Níveis de Iluminância<br>Recomendáveis para Interiores                        | <b>54</b> |
|                     | Anexo 3 - Coeficiente de Reflexão de<br>alguns materiais e cores                        | <b>55</b> |
|                     | Anexo 4 - Planilha de cálculo - Método dos fluxos                                       | <b>56</b> |
| <b>Bibliografia</b> | <b>Referência bibliográfica</b>   | <b>58</b> |



### 1. Conforto luminoso

O que todos nós queremos - arquitetos, engenheiros, decoradores de interiores, empresas fornecedoras de tecnologia, produtos e serviços e, principalmente, o usuário final - é que nossos ambientes tenham o melhor conforto luminoso, a melhor qualidade e o menor custo possível. Esta equação, que parece simples, depen-

de de muitas variáveis.

Para que possamos entendê-la de maneira mais clara e objetiva, começaremos por discutir primeiramente o que é conforto luminoso.

O primeiro nível para avaliarmos o que é o conforto luminoso refere-se à resposta fisiológica do usuário.

Um determinado ambiente provido de luz natural e/ou artificial, produz estímulos ambientais, ou seja, um certo

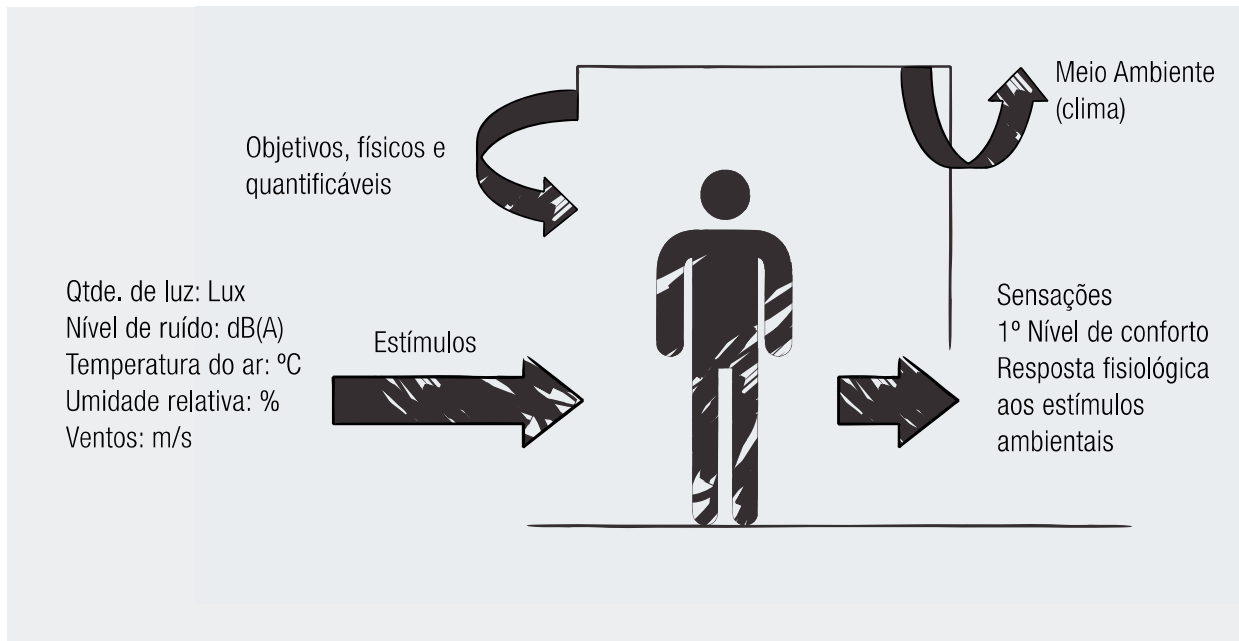


Figura 1 – O conceito de conforto: resposta fisiológica a estímulos ambientais

resultado em termos de quantidade, qualidade da luz e sua distribuição, contrastes etc. O mesmo raciocínio serve para as outras áreas do conforto ambiental<sup>1</sup>. Para a área de acústica, teremos um certo nível de barulho (ruído de fundo medido pelo seu nível de intensidade sonora em dB(A)), as frequências desse ruído, sua distribuição e propagação etc. Para a área de conforto térmico, teremos a temperatura do ar, a umidade relativa, a ventilação no ambiente, uma certa quantidade de insolação etc. Todos esses estímulos ambientais são físicos, objetivos e quantificáveis. O usuário sentirá todas estas variáveis físicas do espaço por meio de seus sentidos – visual, auditivo e termo-metabólico – e a elas responde-

rá, num primeiro momento, através de sensações.

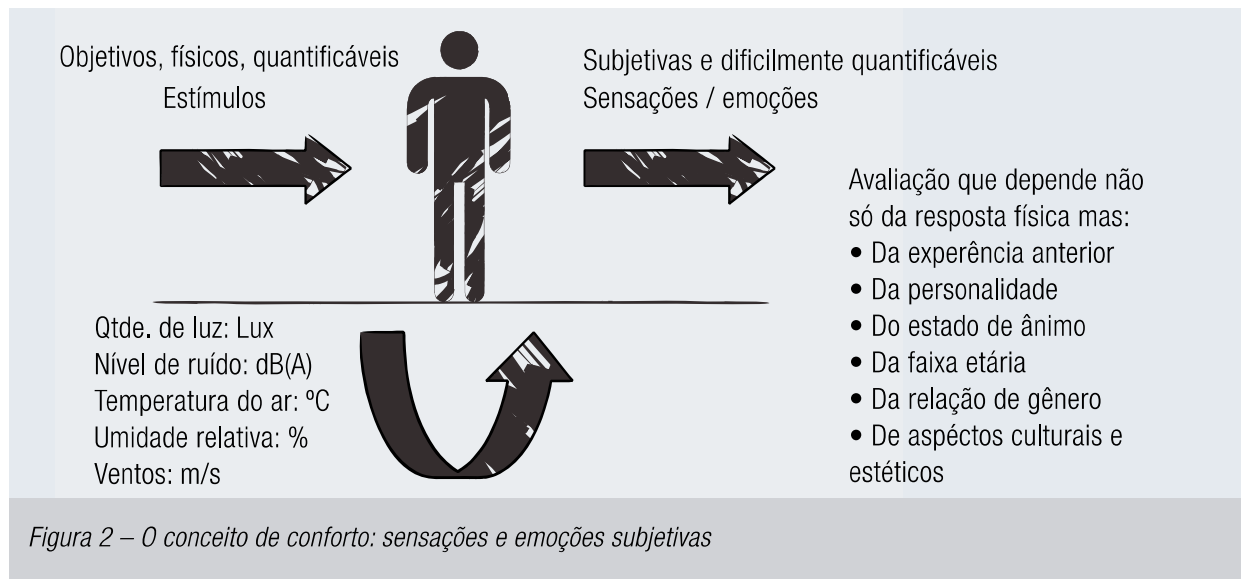
Neste momento é pertinente, então, nos perguntarmos como podemos definir conforto, e, particularmente, o conforto visual.

**Quanto menor for o esforço de adaptação do indivíduo, maior será sua sensação de conforto (fig. 1).**

Mas o que seria este “esforço de adaptação”? Do ponto de vista fisiológico, para desenvolvermos determinadas atividades visuais, nosso olho necessita de condições específicas e que dependem muito das atividades que o usuário realiza. Por exemplo: para ler e escrever, é ne-

<sup>1</sup> O conforto ambiental é uma área de formação técnica definida pelo MEC na estrutura curricular profissional de arquitetos e urbanistas. É composta de quatro sub-áreas: conforto térmico, iluminação (natural e artificial), acústica e ergonomia.

## 01 | ILUMINAÇÃO: CONCEITOS E PROJETOS



cessária uma certa quantidade de luz no plano de trabalho<sup>2</sup>; para desenhar ou desenvolver atividades visuais de maior acuidade visual (atividades mais “finas” e com maior quantidade de detalhes), necessita-se de mais luz<sup>3</sup>. Mas quantidade de luz não é o único requisito necessário. Para essas atividades, a boa distribuição de luz no ambiente e a ausência de contrastes excessivos (como a incidência direta do sol no plano de trabalho e reflexos indesejáveis) também são fatores essenciais.

Quanto melhores forem as condições propiciadas pelo ambiente, menor será o esforço físico que o olho terá de fazer para se adaptar às condições ambientais e desenvolver bem a atividade em questão. **É o enfoque fisiológico da definição de conforto ambiental.** Mas será que, para desenvolvermos

uma determinada atividade, conforto pode e deve ser equacionado somente por esta “vertente fisiológica” de maior ou menor esforço? Não. Hopkinson diz: “Aquilo que vemos depende não somente da qualidade física da luz ou da cor presente, mas também do estado de nossos olhos na hora da visão e da quantidade de experiência visual da qual temos de lançar mão para nos ajudar em nosso julgamento... Aquilo que vemos depende não só da imagem que é focada na retina, mas da mente que a interpreta”<sup>4</sup>. Ou seja, não é possível fazer uma distinção marcante entre experiência sensorial e emocional, uma vez que a segunda certamente depende da primeira e ambas são elos inseparáveis. Qualquer fato visual terá sua repercussão, depois de interpretado, no significado psico-emo-

<sup>2</sup> A norma 5413, da ABNT, estipula como mínimo 300 lux e máximo 750 lux.

<sup>3</sup> A mesma norma estipula 1.000 lux para desenho, por exemplo.

<sup>4</sup> HOPKINSON, R.G. & KAY, L.D. *The light of building*, ed. Faber and Faber Ltd, London, 1969.





*Figura 3 - Conforto como sensações a partir de estímulos físicos*

cional que o homem lhe dá. Esta resposta sensorial do indivíduo ao seu meio ambiente tem, portanto, um componente subjetivo importante. No processo de atribuir significado a um determinado estímulo ambiental, o homem lança mão de uma série de fatores: sua experiência pessoal, sua personalidade, aspectos culturais, a relação de gênero e idade, entre outros fatores. Este caráter subjetivo da definição de conforto ambiental, seja ele luminoso, térmico ou acústico, é muito importante e, em algumas situações de projeto, como veremos mais adiante, é vital. Quando pedimos para 100 pessoas definirem o que entendem por conforto, 99 o definirão com uma palavra subjetiva. Dirão: é uma sensação de bem estar, é sentir-se bem num ambiente, é não se sentir incomodado, é ter a satisfação plena dos sentidos, é estar em harmonia com o ambiente, é um ambiente aconche-

gante, agradável etc. Mas, quando perguntamos para estas mesmas pessoas se elas estão se sentindo bem ou não em um determinado ambiente, sob determinadas condições ambientais, a totalidade delas faz automaticamente uma relação direta com os estímulos físicos, objetivos deste ambiente, mensurando-os. Dirão “sim” ou “não” dependendo se a temperatura está alta ou baixa, se tem muito ou pouco barulho, muita

**Conforto é, portanto, a interpretação de estímulos objetivos, físicos e facilmente quantificáveis, por meio de respostas fisiológicas (sensações) e de emoções, com caráter subjetivo e de difícil avaliação (Figs. 2 e 3).**

## 02 | OBJETIVOS DA ILUMINAÇÃO



Figura 4  
Iluminação para atividade laborativa - escritório



Figura 5  
Iluminação para atividade não laborativa - residência

ou pouca luz, se está abafado ou bem ventilado etc.

As duas sub-áreas do conforto ambiental que têm maior grau de subjetividade são a ILUMINAÇÃO e a acústica, respectivamente.

### 2. Os objetivos da iluminação

Para a Iluminação, tanto natural quanto artificial, **a função** é o primeiro e mais importante parâmetro para a definição de um projeto. Ela irá determinar o tipo de luz que o ambiente precisa.

O **primeiro objetivo** da iluminação é a obtenção de boas condições de visão associadas à visibilidade, segurança e orientação dentro de um determinado ambiente. Este objetivo está intimamente associado às atividades laborativas e produtivas – escritório, escolas, bibliotecas, bancos, indústrias etc. É a luz da razão. (fig. 4)

O **segundo objetivo** da iluminação é a utili-

zação da luz como principal instrumento de ambientação do espaço – na criação de efeitos especiais com a própria luz ou no destaque de objetos e superfícies ou do próprio espaço. Este objetivo está intimamente associado às atividades não laborativas, não produtivas, de lazer, estar e religiosas – residências, restaurantes, museus e galerias, igrejas etc. É a luz da emoção<sup>5</sup>. (fig. 5)

### 3. Os sistemas de iluminação

Muitos profissionais cometem um erro primário num projeto luminotécnico, partindo inicialmente da definição de lâmpadas e/ou luminárias. O primeiro passo de um projeto luminotécnico é definir-se o(s) sistema(s) de iluminação, respondendo basicamente a três perguntas:

**1ª.** Como a luz deverá ser distribuída pelo ambiente?

**2ª.** Como a luminária irá distribuir a luz?

<sup>5</sup> Algumas atividades estão, por essência, numa situação intermediária, como por exemplo as comerciais. Dependendo do tipo de loja, estaremos mais próximos de um caso ou de outro.

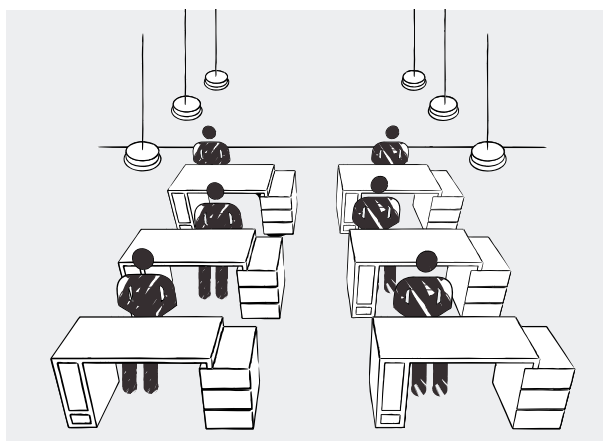


Figura 6 - Iluminação Geral



Figura 7 - Exemplo de iluminação geral - Supermercado

**3ª.** Qual é a ambientação que queremos dar, com a luz, a este espaço ?

Pelas questões acima, vemos que, qualquer que seja o sistema adotado, ele deverá sempre ser escolhido de uma forma intimamente ligada à função a ser exercida no local – novamente, as laborativas e não laborativas.

Para se responder a primeira pergunta, classificamos os sistemas de acordo com a forma que as luminárias são distribuídas pelo ambiente e com os efeitos produzidos no plano de trabalho. Esta classificação também é conhecida como Sistema Principal. Nela, os sistemas de iluminação proporcionam:

**a) Iluminação geral:** distribuição aproximadamente regular das luminárias pelo teto; iluminação horizontal de um certo nível médio; uniformidade. (figs. 6 e 7)

**Vantagens:** uma maior flexibilidade na disposição interna do ambiente – layout.

**Desvantagens:** não atende às necessidades específicas de locais que requerem níveis de iluminância<sup>6</sup> mais elevados, grande consumo de energia, e em algumas situações muito específicas, podem desfavorecer o controle do ofuscamento<sup>7</sup> pela visão direta da fonte.

Este é o sistema que se emprega mais correntemente em grandes escritórios, oficinas, salas de aula, fábricas, supermercados, grandes magazines etc.

**b) Iluminação localizada:** concentra-se a luminária em locais de principal interesse. Exemplo: este tipo de iluminação é útil para áreas restritas de trabalho em fábrica. (figs. 8 e 9)

As luminárias devem ser instaladas suficientemente altas para cobrir as superfícies adjacentes, possibilitando altos níveis de iluminância sobre o plano de

<sup>6</sup> Vide item 4.6

<sup>7</sup> Vide item 4.8

### 03 | SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

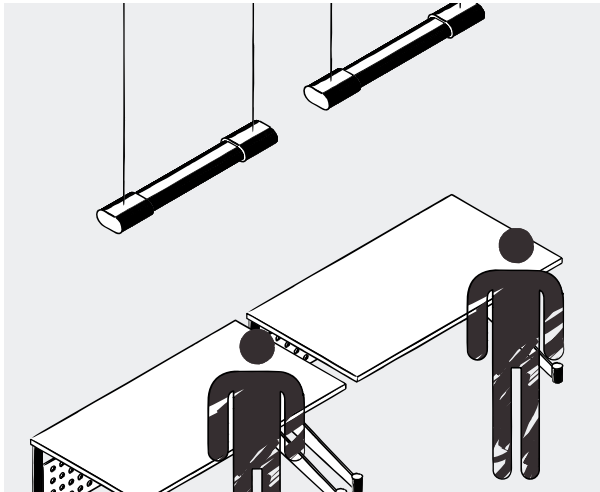


Figura 8 - Iluminação localizada



Figura 9 - Exemplo de iluminação localizada

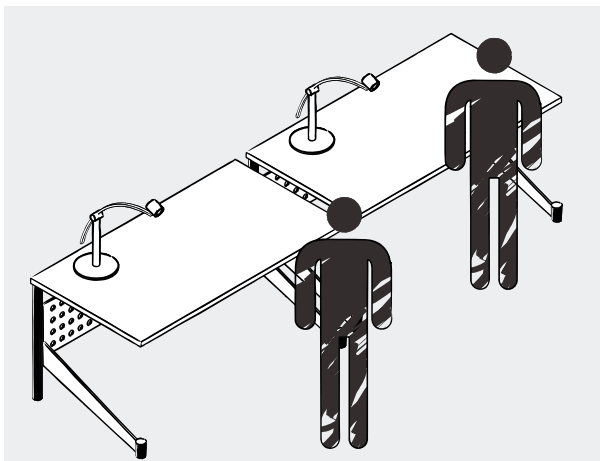


Figura 10 – Iluminação de tarefa



Figura 11 - Exemplo de iluminação de tarefa

trabalho<sup>8</sup>, ao mesmo tempo em que asseguram uma iluminação geral suficiente para eliminar fortes contrastes.

**Vantagens:** maior economia de energia, e podem ser posicionadas de tal forma a evitar ofuscamentos, sombras indesejáveis e reflexões veladoras, além de considerar as necessidades individuais.

**Desvantagens:** em caso de mudança de layout, as luminárias devem ser

reposicionadas.

Para atividades laborativas, necessitam de complementação através do sistema geral de controle de uniformidade de luz do local. Para outras situações, não necessariamente.

**c) Iluminação de tarefa:** luminárias perto da tarefa visual e do plano de trabalho iluminando uma área muito

<sup>8</sup> Tanto para a iluminação localizada como para a de tarefa, que muitas vezes destinam-se a proporcionar altos níveis de iluminação (1.000-2000 lux).