

ISABELA FADINI CASTIGLIONI

Análise dos Níveis de Iluminância em Escritório de Consultoria

São Paulo

2016

ISABELA FADINI CASTIGLIONI

Análise dos Níveis de Iluminância em Escritório de Consultoria

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para a obtenção do título de Especialista
em Engenharia de Segurança do
Trabalho

São Paulo

2016

RESUMO

A iluminação é um fator ergonômico fundamental em ambientes de trabalho. O equilíbrio das intensidades de luz, o posicionamento correto de luminárias, a escolha de cores e lâmpadas adequadas e o controle de reflexos e brilhos de superfícies podem evitar a fadiga visual, influenciar positivamente a produtividade dos trabalhadores e reduzir a probabilidade de ocorrência de acidentes. Atualmente, a Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, elaborada pelo Comitê Brasileiro de Eletricidade, especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e para o desempenho de tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança. O presente estudo teve por objetivo avaliar os níveis de iluminância em postos de trabalho de uma empresa de consultoria, por meio da comparação dos níveis medidos com os padrões estabelecidos pela Norma supracitada. A verificação periódica das condições de iluminação permite a identificação e correção de fatores que influenciam nos níveis finais de iluminamento. As medições foram realizadas nos 25 postos com auxílio de luxímetro e em duas situações: com persianas fechadas e parcialmente abertas. Do total de postos analisados, 7 apresentaram níveis de iluminância abaixo de 500 lx, valor estabelecido na referida Norma, com persianas fechadas. Com persianas parcialmente abertas, somente 1 posto de enquadrado nesta situação. Concluiu-se a necessidade de substituição de lâmpadas queimadas e sugeriu-se a utilização ocasional de iluminação natural, com base na disposição apresentada pelos colaboradores e consenso entre os mesmos. Adicionalmente, sugeriu-se, caso requerido por algum colaborador, a realização de estudo para implementação de iluminação localizada em postos específicos.

Palavras-chave: Iluminância. Luxímetro. Ergonomia. Iluminação no Trabalho. Segurança e Saúde Ocupacional.

ABSTRACT

Lighting is a fundamental ergonomic factor at work places. The balance between light intensity, the correct positioning of the light fixtures, the choice of colors and proper lamps and the control of reflection and surface brightness can avoid visual fatigue, positively influence work productivity and reduce the possibility of accidents. Currently, the Standard ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, elaborated by the Brazilian Electricity Committee, specifies lighting requirements for indoor work places and for the performance of visual tasks efficiently, with comfort and safety. The present study aimed to evaluate the illuminance levels at workstations of a consulting company, by comparing the measured levels to the values established by the abovementioned Standard. The periodic inspection of lighting conditions allows the identification and adjustment of factors that influence the final lighting levels. The measurements were made at the 25 workstations with a light meter and at two situations: with closed and partially open venetian blinds. Of the total analyzed workstations, 7 showed illuminance levels below 500 lx, the established value at the referred Standard, with closed venetian blinds. With partially opened venetian blinds, only 1 workstation fitted in this situation. It was concluded that it is necessary to change burnout bulbs and it was suggested the occasional use of natural lighting, basing on the workers mood and the consensus between them. Additionally, it was suggested that, in case any worker requires it, the development of a study in order to implement localized lighting, at specific workstations.

Keywords: Illuminance. Light meter. Ergonomics. Lighting at work. Occupational Safety and Health.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Reflexão, absorção e transmissão de luz.....	11
Figura 2 –	Transformação de potência elétrica em fluxo radiante.....	12
Figura 3 –	Conceito de fluxo luminoso (Φ).....	13
Figura 4 –	Conversão de fluxo radiante em fluxo luminoso.....	13
Figura 5 –	Transformação de potência elétrica em fluxo luminoso.....	14
Figura 6 –	Conceito de ângulo sólido (ω).....	14
Figura 7 –	Conceito de intensidade luminosa (I_α).....	15
Figura 8 –	Conceito de iluminância (E).....	15
Figura 9 –	Conceito de luminância (L).....	16
Figura 10 –	Ofuscamento direto e indireto.....	17
Figura 11 –	Sistemas de iluminação.....	19
Figura 12 –	Curva da Eficácia Luminosa Espectral.....	20
Figura 13 –	Sistema Munsell de cores.....	21
Figura 14 –	Características construtivas da lâmpada incandescente.....	23
Figura 15 –	Características construtivas de lâmpada halógena.....	24
Figura 16 –	Características construtivas de lâmpada fluorescente tubular.....	25
Figura 17 –	Características construtivas de lâmpada de vapor de sódio.....	26
Figura 18 –	Características construtivas de lâmpada de vapor de mercúrio.....	27
Figura 19 –	Tipos de luminárias.....	30
Figura 20 –	Especificações de luminâncias e ângulos de elevação para ambientes de trabalho com monitores.....	34
Figura 21 –	Ilustração das persianas parcialmente abertas no escritório.....	37
Figura 22 –	Leiaute do escritório de consultoria e malha amostral utilizada no estudo.....	39
Figura 23 –	Luxímetro MLM-1020, Minipa.....	40
Figura 24 –	Dados técnicos do luxímetro MLM-1020, Minipa.....	40
Figura 25 –	Conformidade dos resultados de iluminância com a Norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013.....	44
Gráfico 1 –	Níveis de iluminância medidos durante o estudo e comparação com a Norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Grandezas e unidades de iluminação.....	16
Tabela 2 -	Classificação de luminárias de acordo com o sistema de iluminação.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
ABILUX	Associação Brasileira da Indústria de Iluminação
CIE	Comissão Internacional de Iluminação
CIF	Comissão Internacional de Fotometria
COBEI	Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações
IEA	<i>International Ergonomics Association</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LFC	Lâmpadas Fluorescentes Compactas
NR	Norma Regulamentadora
OLED	<i>Organic Light Emitting Diode</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVO	10
1.2 JUSTIFICATIVA	10
2 REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS	11
2.1.1 Reflexão, Absorção e Transmissão de Luz	11
2.1.2 Fluxo Radiante e Fluxo Luminoso	12
2.1.3 Eficácia e Eficiência Luminosa	13
2.1.4 Intensidade luminosa	14
2.1.5 Iluminância	15
2.1.6 Luminância	15
2.1.7 Ofuscamento	17
2.2 TIPOS DE ILUMINAÇÃO	18
2.2.1 Iluminação Natural	18
2.2.2 Iluminação Artificial	18
2.3 CORES, LÂMPADAS E LUMINÁRIAS	20
2.3.1 Cores	20
2.3.2 Lâmpadas	22
2.3.2.1 Lâmpadas incandescentes	22
2.3.2.2 Lâmpadas de descarga	24
2.3.2.3 Diodos Emissores de Luz (LED e OLED)	27
2.3.3 Luminárias	28
2.4 ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES DE TRABALHO	30
2.5 ENTIDADES, LEGISLAÇÃO E NORMAS BRASILEIRAS	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	37
3.2 MALHA AMOSTRAL	38
3.3 EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO	40
3.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM A NORMA	41
3.5 ENTREVISTAS COM COLABORADORES	41
4 RESULTADOS	42

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO.....	42
4.2 MEDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA.....	42
5 DISCUSSÃO.....	45
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
6 CONCLUSÕES.....	48
REFERÊNCIAS.....	49
ANEXO A - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO LUXÍMETRO.....	52

1 INTRODUÇÃO

Segundo Lida (1990), a ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem e possui como objetivos práticos a segurança, satisfação e o bem-estar dos trabalhadores no seu relacionamento com sistemas produtivos. Em outras palavras, ergonomia é conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem, necessários para a concepção de máquinas, dispositivos e ferramentas que possam ser utilizados com o máximo de segurança, conforto e eficiência (WISNER, 1987 apud MARTINS e JESUS, 1999).

Nascida formalmente em 1949, na Inglaterra, esta ciência inicialmente possuía aplicações restritas à indústria e ao setor militar e espacial (IIDA, 1990). Hoje, a ergonomia é estudada e aplicada em diversos ramos de atividades e em praticamente todos os países do mundo.

No Brasil, foi publicada, em 8 de junho de 1978, a Norma Regulamentadora (NR) 17 – Ergonomia, que estabelece parâmetros para a adaptação das condições de trabalho aos trabalhadores. O estudo da ergonomia no país também foi fortalecido com a fundação da Associação Brasileira de Ergonomia, a ABERGO, em 1983. A Associação, sem fins lucrativos e filiada à Associação Internacional de Ergonomia (IEA), tem por objetivo o estudo, a prática e a divulgação das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente.

A ergonomia abrange vários aspectos: a postura e os movimentos corporais, informações (captadas pela visão, audição e outros sentidos), cargos e tarefas, relações entre mostradores e controles e fatores ambientais, como ruídos, vibrações, clima, agentes químicos e iluminação (DUL & WEERDMEESTER, 2012). O projeto de ambientes saudáveis, seguros, confortáveis e eficientes deve levar em consideração todos esses fatores.

A iluminação é um fator ergonômico fundamental em ambientes de trabalho. O equilíbrio das intensidades de luz, o posicionamento correto de luminárias, a escolha de cores e lâmpadas adequadas e o controle de reflexos e brilhos de superfícies

podem evitar a fadiga visual, influenciar positivamente a produtividade dos trabalhadores e reduzir a probabilidade de ocorrência de acidentes.

1.1 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar os níveis de iluminância em postos de trabalho de uma empresa de consultoria.

1.2 JUSTIFICATIVA

O monitoramento periódico dos níveis de iluminância em locais de trabalho é fundamental para garantir que as condições de projeto dos sistemas de iluminação sejam mantidas ao longo do tempo, em conformidade com a Norma brasileira vigente, de forma a propiciar boas condições visuais para o desenvolvimento das atividades de trabalho.

É conhecido que níveis de iluminação insuficientes podem aumentar a probabilidade de ocorrência de acidentes e a incidência de distúrbios em colaboradores, como a fadiga visual, stress e até mesmo problemas de postura. A verificação periódica das condições de iluminação permite que sejam identificados e corrigidos fatores que influenciam nos níveis finais de iluminamento, como lâmpadas queimadas, janelas sujas, cortinas e luminárias inapropriadas, dentre outros.

É válido ressaltar que a escolha do tema deste trabalho também foi embasada na relevância do mesmo para a realidade da autora, envolvendo a análise dos níveis de iluminância em seu próprio ambiente de trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

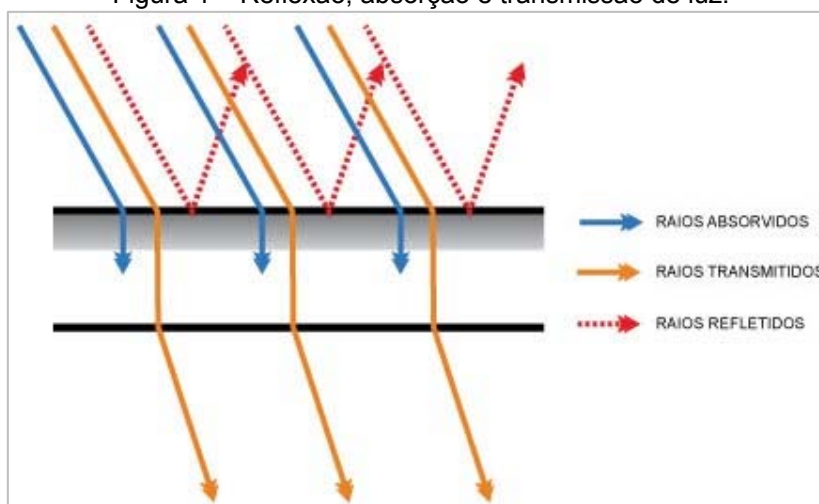
2.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

2.1.1 Reflexão, Absorção e Transmissão de Luz

A luz é uma forma de energia radiante que se manifesta por sua capacidade de produzir a sensação da visão, propagando-se no vácuo através de ondas, propagando-se em todas as direções do espaço e transmitindo-se a distância (PILOTTO NETO, 1980).

Segundo Driggers (2003), quando a energia radiante encontra uma interface entre dois materiais, parte da energia será refletida ou dispersa na interface e parte será transmitida pelo segundo material, podendo ser absorvida (Figura 1).

Figura 1 – Reflexão, absorção e transmissão de luz.



Fonte: Franzini, 2012 (adaptado).

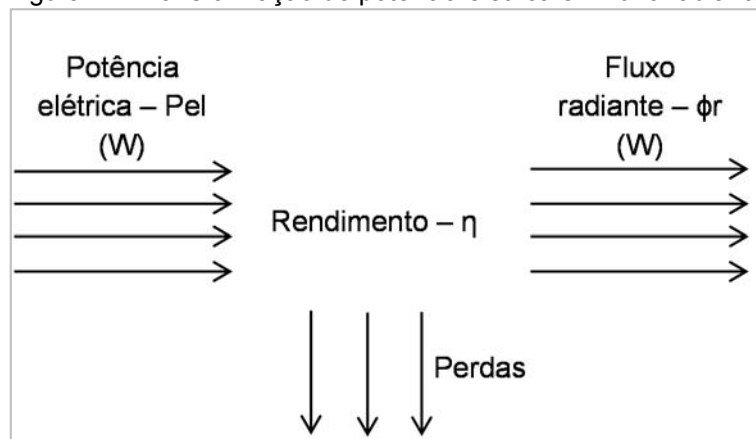
A refletância, absorbância e transmitância correspondem à relação entre a quantidade de luz refletida, absorvida e transmitida, respectivamente, e a quantidade de luz incidente. A soma desses três coeficientes é igual a 1 (um), o que permite concluir que a soma das quantidades de luz refletida, absorvida e transmitida por um corpo é igual à quantidade de luz que incide sobre esse corpo (GRONDZIK & KWOK, 2014; USP, 2014).

2.1.2 Fluxo Radiante e Fluxo Luminoso

O fluxo eletromagnético radiante (ϕ_r) provém da transformação da energia elétrica, por fontes luminosas, em energia radiante, que contém radiações visíveis e não visíveis (USP, 2014). Agostini Junior (2008) ressalta que este fluxo corresponde à taxa de variação temporal da energia radiante. Sua unidade de medida no Sistema Internacional é o Watt (W).

A Figura 2 ilustra a transformação da potência elétrica (P_{el}) recebida por uma fonte luminosa em fluxo radiante (ϕ_r). É possível observar que, durante este processo, ocorrem perdas, de forma que apenas parte da potência elétrica é transformada em fluxo radiante.

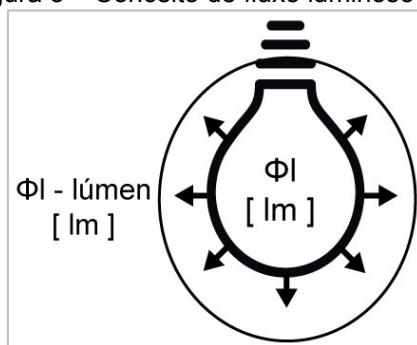
Figura 2 – Transformação de potência elétrica em fluxo radiante.



Fonte: USP, 2014 (adaptado).

O olho humano é sensibilizado por apenas uma parte do fluxo radiante, a qual corresponde ao fluxo luminoso (ϕ_l) (Figura 3). Dessa forma, o fluxo luminoso é definido como uma grandeza derivada do fluxo radiante que representa uma potência luminosa emitida ou observada, por segundo, em todas as direções, sob a forma de luz (COSTA, 2006). Costa (2006) lembra que, apesar de se tratar de uma potência, sua unidade de medida não é o Watt e sim o lúmen (lm), unidade que reflete a associação do estímulo que o fluxo luminoso provoca na visão.

Figura 3 – Conceito de fluxo luminoso (ϕ_l).



Fonte: Costa, 2006 (adaptado).

A relação entre fluxo radiante e fluxo luminoso está intimamente ligada ao conceito de eficácia luminosa, descrito no item 2.1.3.

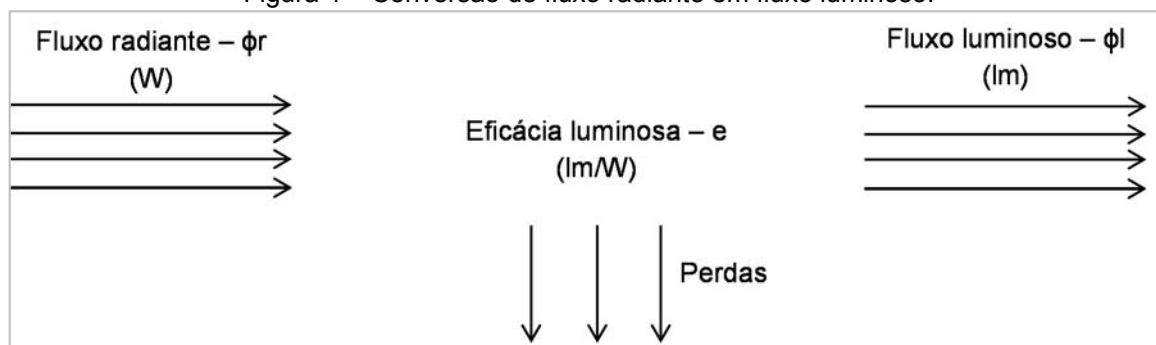
2.1.3 Eficácia e Eficiência Luminosa

Muitos autores confundem os termos eficácia luminosa e eficiência luminosa, que são propriedades distintas de uma fonte luminosa.

Agostini Junior (2008) define eficácia luminosa (e) como a habilidade de uma fonte de luz em converter a radiação eletromagnética (aqui chamado de fluxo radiante – ϕ_r) em fluxo luminoso (ϕ_l). Sua unidade de medida é lúmens por watt (lm/W).

A Figura 4 ilustra a conversão de fluxo radiante em fluxo luminoso, envolvendo a eficácia luminosa.

Figura 4 – Conversão de fluxo radiante em fluxo luminoso.

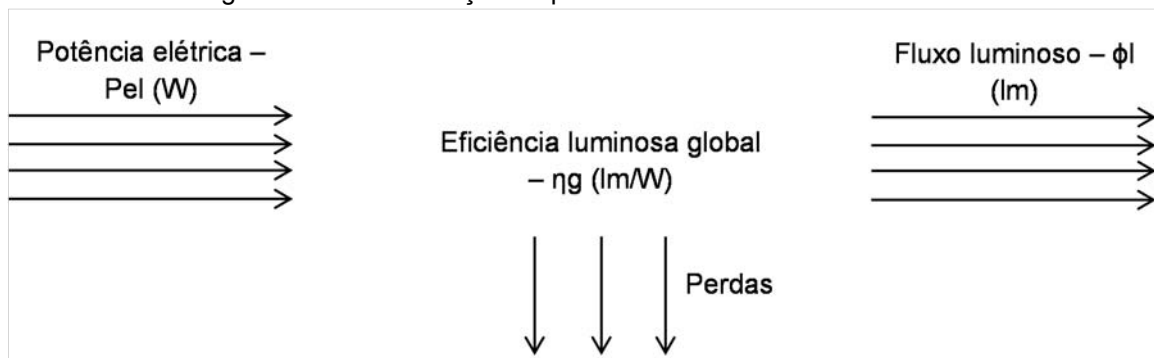


Fonte: USP, 2014 (adaptado).

Já a eficiência luminosa global (η_g), ainda segundo Agostini Junior (2008), é a habilidade de uma fonte de luz em converter a energia elétrica consumida em fluxo

luminoso. A unidade de medida de eficiência luminosa também é lúmens por watt (lm/W). A Figura 5 ilustra a transformação de potência elétrica em fluxo luminoso, envolvendo a eficiência luminosa global.

Figura 5 – Transformação de potência elétrica em fluxo luminoso.

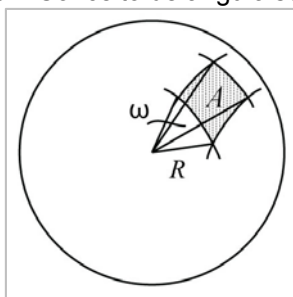


Fonte: USP, 2014 (adaptado).

2.1.4 Intensidade luminosa

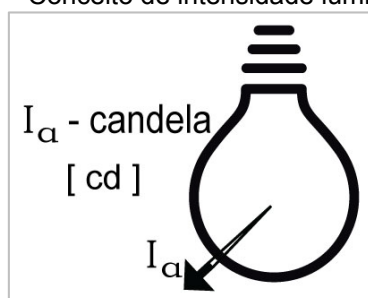
A intensidade luminosa, medida em candelas (lúmens por esterorradianos) corresponde à quantidade de fluxo luminoso que uma fonte pontual irradia por unidade de ângulo sólido na direção considerada (USP, 2014). Ressalta-se que um ângulo sólido ω , expresso em esterorradianos, é o quociente entre uma área A situada na superfície de uma esfera e o quadrado do seu raio (R) (Figura 6) (COSTA, 2006).

Figura 6 – Conceito de ângulo sólido (ω).



Fonte: Costa, 2006 (adaptado).

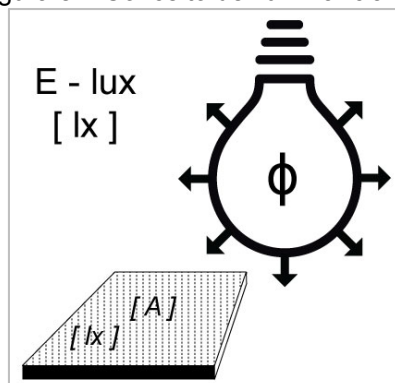
Segundo Costa (2006), a intensidade luminosa (Figura 7) é um vetor luminoso emitido por uma fonte, que possui módulo (valor em candelas), direção (medida dentro de uma esfera, segundo uma direção α na qual a fonte luminosa está no centro) e sentido (do centro para a periferia da esfera).

Figura 7 – Conceito de intensidade luminosa (I_{α}).

Fonte: Costa, 2006 (adaptado).

2.1.5 Iluminância

De acordo com Tregenza e Loe (2014), a iluminância consiste na quantidade de luz incidente em uma superfície e é medida como o número de lúmens em uma unidade de área de superfície. Agostini Junior (2008) considera a iluminância como uma densidade de fluxo luminoso que incide numa superfície. No Sistema Internacional, a unidade de medida é o lúmen por metro quadrado (lm/m^2), também conhecido por Lux (lx). A Figura 8 ilustra o conceito de iluminância.

Figura 8 – Conceito de iluminância (E).

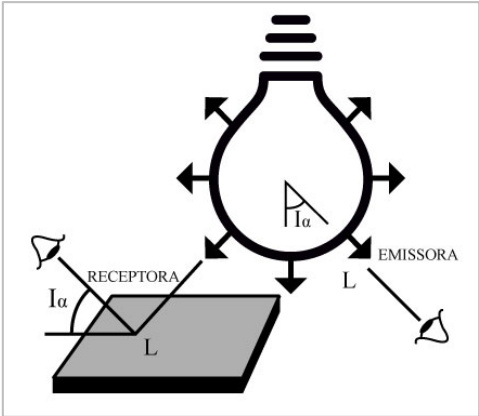
Fonte: Costa, 2006 (adaptado).

2.1.6 Luminância

De acordo com Grandjean (1998), a luminância (também chamada pelo autor de densidade luminosa) é uma medida da claridade de superfícies, correspondendo à radiação luminosa de uma superfície. Em outras palavras, é a quantidade de luz que é refletida para os olhos (WEERDMEESTER, 2012). A unidade de medida da luminância é a candela por metro quadrado (cd/m^2).

Superfícies com luminâncias elevadas aparentam brilhar mais do que superfícies com baixas luminâncias. A Figura 9 ilustra o conceito de luminância.

Figura 9 – Conceito de luminância (L).



Fonte: Costa, 2006 (adaptado).

A Tabela 1 apresenta a síntese das principais grandezas e unidades relacionadas à iluminação, com ilustrações para facilitar a visualização e comparação entre as mesmas.

Tabela 1 - Grandezas e unidades de iluminação.

Grandeza	Unidade	Ilustração
Fluxo luminoso (ϕ ou F)	Lúmen (lm)	
Intensidade luminosa (I)	Candela (cd)	
Iluminância (E)	Lux (lx)	
Luminância (L)	Candelas por metro quadrado (cd/m²)	

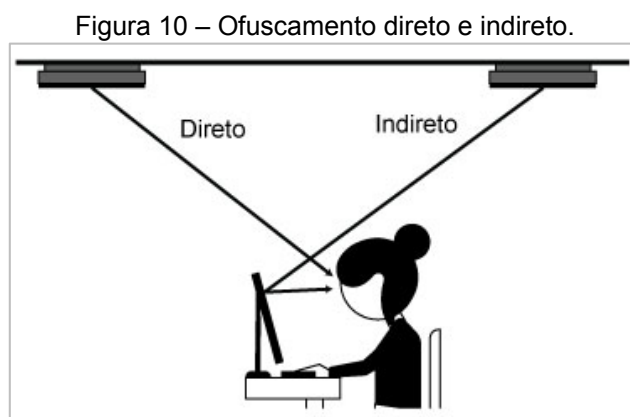
Fonte: Tregenza e Loe, 2014 (adaptado).

2.1.7 Ofuscamento

De acordo com a Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, ofuscamento é a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão ou por reflexões em superfícies especulares. Grandjean (1998) define o ofuscamento como uma grande perturbação do poder de adaptação, devido a uma superexposição de luz da retina. Segundo esse mesmo autor, o ofuscamento pode ser classificado em três categorias:

- Ofuscamento relativo, provocado por um contraste excessivo nas superfícies iluminadas do campo visual;
- Ofuscamento absoluto, quando se torna impossível a adaptação à claridade excessivamente alta;
- Ofuscamento de adaptação, quando ainda não se atingiu a adaptação para a claridade de uma superfície.

O ofuscamento também pode ser diferenciado em ofuscamento direto, causado por objetos autoluminosos situados no campo visual, e ofuscamento por reflexão, causado por reflexões, particularmente quando as imagens refletidas aparecem na mesma direção ou numa direção próxima do objeto observado (ABNT NBR 5461:1991). A Figura 10 ilustra os conceitos de ofuscamento direto e por reflexão.



Fonte: Iida, 2005 (adaptado).

2.2 TIPOS DE ILUMINAÇÃO

2.2.1 Iluminação Natural

A iluminação natural é proveniente da luz do sol, proporcionada por aberturas nas paredes (iluminação lateral) ou no teto (iluminação zenital) de uma edificação. A luz natural tem papel importante na arquitetura, em relação à estética, simbolismo, conforto e iluminação funcional (GARROCHO, 2005). Pilotto Neto (1980) cita como vantagens desse tipo de iluminação a economia de gastos com energia, a redução do cansaço para os olhos e a inalteração das cores dos objetos. Como desvantagem, pode-se citar a imprevisibilidade da luz natural.

Uma boa iluminação natural em edificações pode ser obtida pela definição adequada do tamanho, forma e disposição das janelas e aberturas zenitais, de forma que a luz do sol possa ser utilizada o maior tempo possível. Porém, apesar de apreciada por muitas pessoas, é preciso garantir que a iluminação natural não cause ofuscamentos e desconfortos aos ocupantes do recinto, por meio da disponibilização de cortinas ou persianas e posicionamento adequado das janelas.

Garrocho (2005) cita que se têm desenvolvido, principalmente na Europa Central, nos Estados Unidos e Austrália, diversas tecnologias e sistemas avançados para o melhor aproveitamento e otimização do uso da luz natural, como painéis prismáticos, que podem ser aplicados em aberturas laterais ou zenitais. Esses sistemas bloqueiam a entrada de luz solar direta e conduzem a luz difusa para o interior do edifício, proporcionando maior conforto ambiental e eficiência energética.

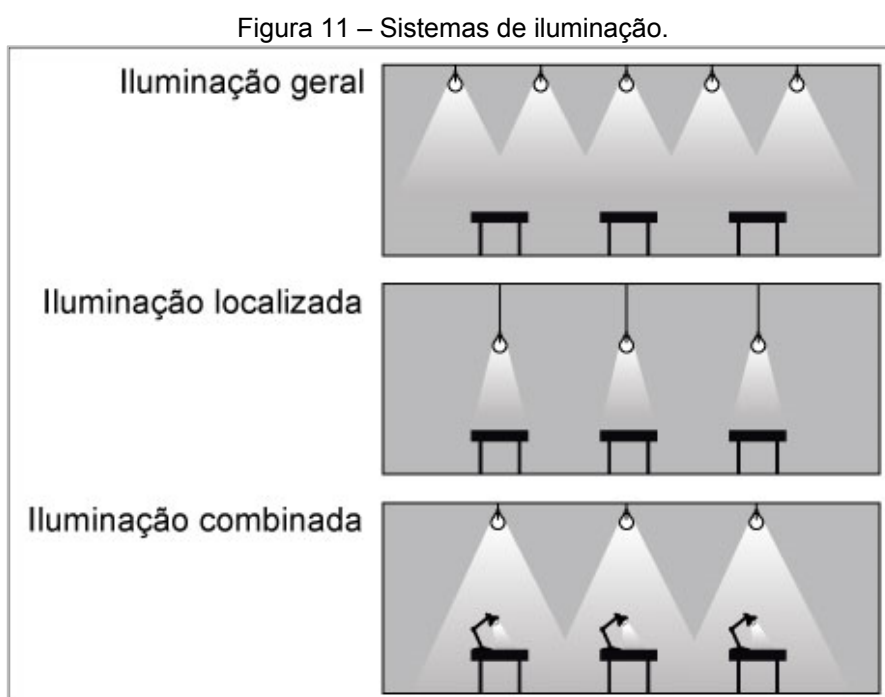
2.2.2 Iluminação Artificial

A iluminação artificial provém de outras fontes que não o sol, sendo a mais utilizada a energia elétrica. Dois fatores são fundamentais para a iluminação artificial: a qualidade da iluminação, relacionada à escolha do tipo e localização das lâmpadas, e a quantidade de luz, relacionada aos níveis de iluminamento, que devem permitir a realização das tarefas visuais com rapidez, exatidão, facilidade e comodidade (PILOTTO NETO, 1980).

De acordo com Iida (2005), existem basicamente três tipos de sistemas de iluminação artificial, que são utilizados de acordo com as características do trabalho a ser executado:

- Iluminação geral, obtida pela implantação de luminárias em toda a área, garantindo nível uniforme de iluminamento no plano horizontal;
- Iluminação localizada, obtida pela implantação de luminárias próximas aos locais onde as tarefas são executadas, concentrando maior intensidade de iluminamento nesses locais;
- Iluminação combinada, obtida pela complementação da iluminação geral com iluminação localizada. Utilizada normalmente quando a tarefa exige iluminamento local acima de 1.000 lux, quando a tarefa exige luz dirigida para discriminar formas, texturas ou defeitos, e/ou quando existem obstáculos físicos que dificultam a propagação da iluminação geral.

A Figura 11 ilustra os sistemas de iluminação supracitados.



Fonte: Iida, 2005 (adaptado).

2.3 CORES, LÂMPADAS E LUMINÁRIAS

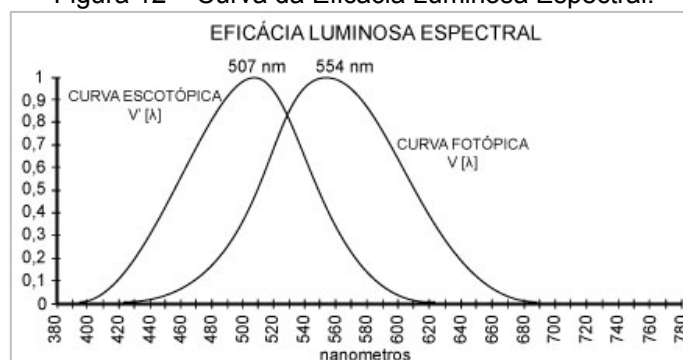
2.3.1 Cores

Ao longo da história, a cor foi definida por diversos estudiosos, sob diferentes enfoques, filosóficos ou físicos. Guimarães (2000) apresenta, dentre outras definições, a seguinte: “A cor é uma informação visual, causada por um estímulo físico, percebida pelos olhos e decodificada pelo cérebro”.

Um conceito físico apresentado por Pilotto Neto (1980) é o de que “a cor é uma parte do espectro eletromagnético que, ao estimular o olho humano, permite distinguir diferenças na qualidade de sensação visual provocada pela luz”.

A partir desse conceito, é válido ressaltar que o olho humano reage de formas diferentes frente aos diferentes comprimentos de onda da radiação, aos quais correspondem sensações de cores diferenciadas. Para ilustrar essa afirmação, pode-se observar a Figura 12, que apresenta as Curvas da Eficácia Luminosa para visão fotópica (alta luminância – $V(\lambda)$) e para visão escotópica (baixa luminância – $V'(\lambda)$), ambas estabelecidas pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE). No gráfico, o eixo das abcissas representa os comprimentos de onda, variando de 380 nm a 770 nm, que corresponde à faixa do espectro que sensibiliza o olho humano. Já o eixo das ordenadas representa a eficácia em que os diferentes comprimentos de onda provocam resposta visual humana. É possível observar que a sensibilidade do olho humano é máxima para o comprimento de 554 nm, correspondente à cor verde/amarelo (COSTA, 2006).

Figura 12 – Curva da Eficácia Luminosa Espectral.

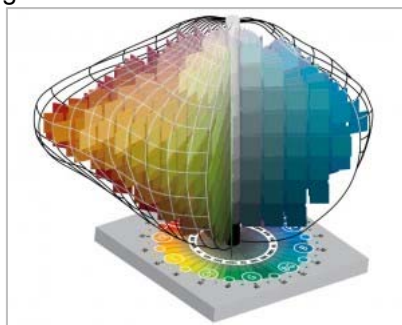


Fonte: Costa, 2006 (adaptado).

Diferentes autores, como Iida (2005), afirmam que as cores são caracterizadas por três variáveis: a) tom, definido pelo comprimento de onda dominante na luz refletida; b) valor, que define se uma cor é clara ou escura, com base na capacidade do objeto em refletir a luz branca; e c) saturação, que define se uma cor é saturada pura (um único comprimento de onda) ou insaturada (mistura de comprimentos de onda).

A partir da combinação dessas três características, Albert H. Munsell criou um sistema padrão de cores, o Sistema Munsell, que facilitou a identificação das cores (Figura 13). Esse sistema é baseado num modelo tridimensional, com escala numérica de graduação uniforme para cada um dos três atributos supracitados (MUNSELL, 2015), por meio do qual cada cor é identificada.

Figura 13 – Sistema Munsell de cores.



Fonte: Munsell, 2015.

No que diz respeito à iluminação, o atributo “aparência da cor”, que corresponde à cor aparente da luz que uma lâmpada emite, divide as lâmpadas em três grupos, de acordo com sua temperatura de cor correlata (T_{cp}), segundo a NBR ISO/CIE 8995-1:2013:

- Aparência de cor quente, com T_{cp} abaixo de 3.300 K;
- Aparência de cor intermediária, com T_{cp} entre 3.300 K e 5.300 K;
- Aparência de cor fria, com T_{cp} acima de 5.300 K.

É inegável que as cores influenciam as condições psicológicas das pessoas, relacionando-se ao bem-estar emocional, comportamentos e até mesmo às simbologias e cultura de uma sociedade. Nos ambientes de trabalho, a escolha certa das cores que compõem paredes, pisos, tetos e móveis pode aumentar a produtividade e melhorar a qualidade do trabalho. Iida (2005) afirma que um

planejamento adequado de cores e iluminação no ambiente de trabalho pode produzir economias de até 30% no consumo de energia e aumentos de produtividade de até 80 ou 90%.

2.3.2 Lâmpadas

De acordo com a NBR 5461, lâmpadas são fontes primárias construídas para emitir radiação ótica, em geral visível. São os principais componentes de um sistema de iluminação e normalmente são classificadas conforme o princípio utilizado para a geração da luz, podendo ser incandescentes, de descarga e Diodos Emissores de Luz (LEDs).

2.3.2.1 Lâmpadas incandescentes

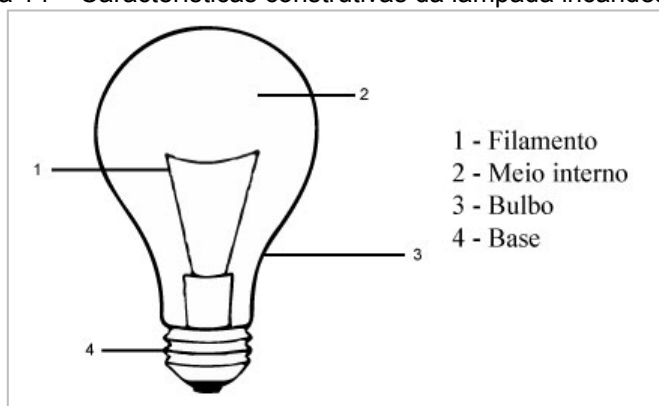
Lâmpadas incandescentes são aquelas nas quais a emissão de luz é produzida por elemento aquecido até a incandescência, pela passagem de corrente elétrica, segundo a NBR 5461). Podem ser comuns ou halógenas.

- Lâmpadas incandescentes comuns

As lâmpadas incandescentes comuns são constituídas basicamente de quatro elementos (BASTOS, 2011; MIQUELIN, 2011), ilustrados na Figura 14:

1. Filamento, normalmente de tungstênio, elemento que possui elevado ponto de fusão e uma baixa taxa de evaporação.
2. Meio interno, constituído de mistura de argônio e nitrogênio, em grande parte dos casos, que reduz a taxa de evaporação do tungstênio, eleva a temperatura em que o filamento pode operar e, conseqüentemente, aumenta a saída de luz.
3. Bulbo, que isola o filamento do meio externo, protege o conjunto interno e altera a iluminância da fonte.
4. Base, que promove o contato elétrico.

Figura 14 – Características construtivas da lâmpada incandescente.



Fonte: Bastos, 2011 (adaptado).

Essas lâmpadas possuem eficiência muito baixa, pois somente 5% da energia recebida é convertida em luz visível, sendo o restante convertido em calor (BASTOS, 2011). Possuem também baixa vida útil, entre 600 e 1.000 horas, e sofrem grande influência da tensão de alimentação (FIORINI, 2006). Por outro lado, são baratas e criam uma iluminação de cor confortável, na faixa de 2.400 K e 3.100 K (MIQUELIN, 2011).

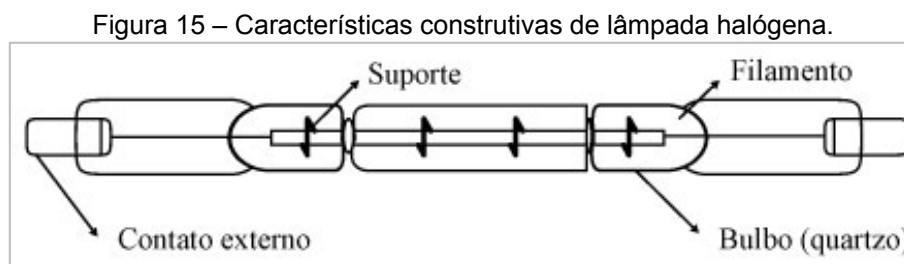
É válido ressaltar que, a partir do dia 01 de julho de 2015, a comercialização de lâmpadas com filamento incandescente de 60 watts tornou-se proibida no Brasil, um desdobramento da Portaria Interministerial nº 1.007 dos Ministérios de Minas e Energia, da Ciência e Tecnologia e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, de dezembro de 2010.

- Lâmpadas incandescentes halógenas

As lâmpadas incandescentes halógenas, como o próprio nome sugere, possuem halogênio no interior do bulbo, que permite maior temperatura do filamento do que as temperaturas alcançadas nas lâmpadas incandescentes convencionais e altera os limites de evaporação do filamento de tungstênio, evitando a condensação do tungstênio evaporado e consequente escurecimento do bulbo. Esses atributos acarretam em aumento da eficiência luminosa e da vida mediana desse tipo de lâmpada, em comparação com as lâmpadas convencionais (BASTOS, 2011; MIQUELIN, 2011). Miquelin (2011) ressalta que o revestimento dessas lâmpadas, normalmente de sílica fundida ou quartzo, é transparente para a luz visível, mas

reflete o elemento infravermelho, o que faz com que a temperatura e eficácia aumentem em 40 a 60% em comparação com outras lâmpadas incandescentes.

Existem diversos tipos e formatos de lâmpadas halógenas disponíveis no mercado. A Figura 15 apresenta as características construtivas de um desses modelos.



Fonte: Bastos, 2011 (adaptado).

2.3.2.2 Lâmpadas de descarga

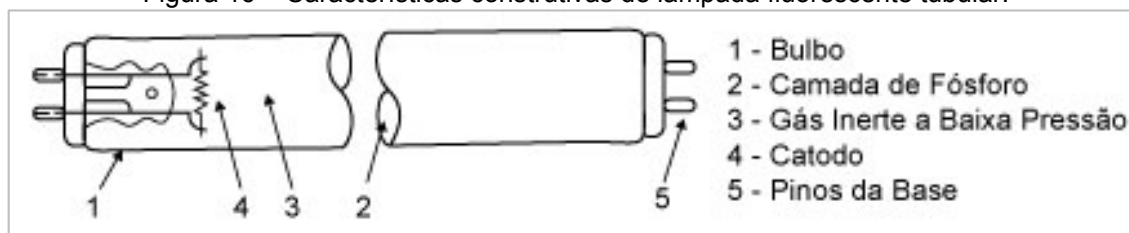
Segundo a NBR 5461, Lâmpadas de descarga são aquelas nas quais a luz é emitida, direta ou indiretamente, por descargas elétricas num gás, num vapor metálico ou numa mistura de diversos gases e vapores. Podem ser de diferentes tipos, dentre os quais podem-se citar as fluorescentes, as de vapor de sódio e vapor de mercúrio.

- Lâmpadas fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes são lâmpadas de descarga de baixa pressão, em que a luz é produzida por pó fluorescente ativado pela radiação ultravioleta da descarga (BASTOS, 2011). Normalmente são encontradas nos formatos tubular e compacta.

As lâmpadas de bulbo tubular (Figura 16) possuem um filamento em cada extremidade contendo vapor de mercúrio em baixa pressão com pequena quantidade de gás inerte. A radiação ultravioleta de descarga ativa o pó fluorescente ou fósforo que reveste o bulbo, provocando a emissão de luz visível (BASTOS, 2011).

Figura 16 – Características construtivas de lâmpada fluorescente tubular.



Fonte: Bastos, 2011 (adaptado).

As lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) possuem tamanho reduzido e podem ser utilizadas em substituição às lâmpadas incandescentes, apresentando mesmo fluxo luminoso com potências menores e boas definições de cor. Podem ser encontradas no mercado em diferentes formatos, potências e cores (BASTOS, 2011).

Além de emitir menos calor, quando comparada à iluminação incandescente, a iluminação fluorescente é 66% mais barata, proporcionando o mesmo brilho. Além disso, as lâmpadas fluorescentes possuem maior vida útil, cerca de seis vezes mais do que uma lâmpada incandescente comum, e podem ser projetadas para fornecer uma maior gama de temperatura de cor que as lâmpadas incandescentes, variando de 2.700 K a 7.500 K (MIQUELIN, 2011).

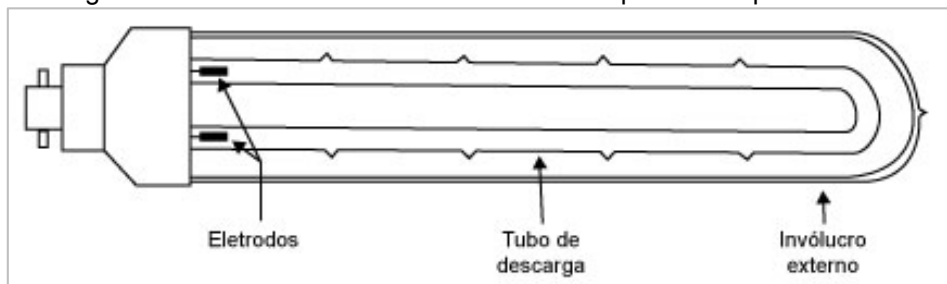
Por outro lado, as lâmpadas fluorescentes contêm mercúrio, nocivo à saúde humana, requerendo cuidados especiais para o descarte, e a intensidade da luz decresce com o tempo de vida da lâmpada (MIQUELIN, 2011). Também é importante destacar que a luz da lâmpada fluorescente é intermitente, uma vez que oscila na mesma frequência da corrente alternada da rede elétrica. Esse fator pode causar incômodo a algumas pessoas, que apresentam sensibilidade a essas oscilações, e também causar o chamado efeito estroboscópico, quando a frequência da lâmpada coincide com a velocidade de partes móveis de equipamentos, constituindo risco de acidentes (IIDA, 2005).

- Lâmpadas de vapor de sódio

As lâmpadas de vapor de sódio (Figura 17) são constituídas de tubo de descarga em formato de U, com um eletrodo em cada extremidade, preenchido por mistura de gás

neônio e argônio em baixa pressão e certa quantidade de sódio metálico puro. Ao ser elevado a temperatura de 280 °C, o sódio emite radiação luminosa (PILOTTO NETO, 1980).

Figura 17 – Características construtivas de lâmpada de vapor de sódio.



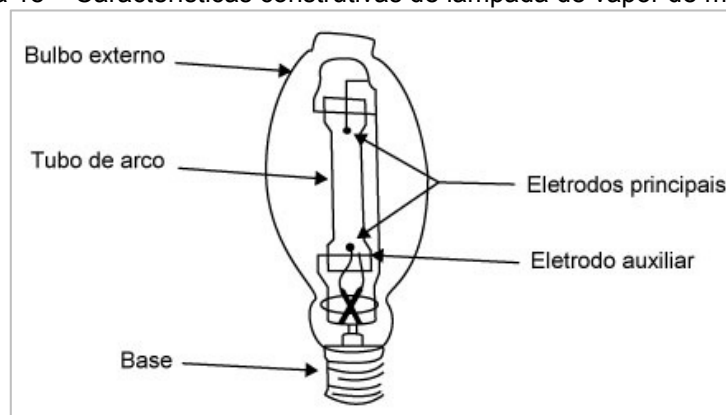
Fonte: Pilotto Neto, 1980 (adaptado).

Por emitirem luz monocromática amarela e dificultarem a distinção de todas as cores do espectro, essas lâmpadas são pouco utilizadas em interiores, sendo muito usadas em iluminação de vias públicas e pátios de manobra (PILOTTO NETO, 1980).

- Lâmpadas de vapor de mercúrio

As lâmpadas de vapor de mercúrio (Figura 18) possuem, basicamente, um bulbo externo e um tubo de arco interno com mercúrio e argônio, no qual se produz o efeito luminoso. Nas extremidades do tubo de arco há os eletrodos principais e o eletrodo auxiliar, entre os quais se produz o arco que ioniza o argônio e vaporiza o mercúrio, criando pressão no interior do tubo de arco. O vapor de mercúrio a alta pressão possibilita a formação de um arco entre os eletrodos principais e o impacto entre os elétrons do arco e os átomos de mercúrio é que libera a energia luminosa (PILOTTO NETO, 1980).

Figura 18 – Características construtivas de lâmpada de vapor de mercúrio.



Fonte: Pilotto Neto, 1980 (adaptado).

A eficiência luminosa dessas lâmpadas é superior à das lâmpadas incandescentes, porém inferior à das lâmpadas fluorescentes (PILOTTO NETO, 1980).

2.3.2.3 Diodos Emissores de Luz (LED e OLED)

Os diodos emissores de luz (*Light Emitting Diode* – LED) são dispositivos compostos de camadas diferentes de semicondutores em estado sólido, que convertem energia elétrica diretamente em luz monocromática. A intensidade luminosa do dispositivo é proporcional a sua corrente (MARTELETO, 2011). A cor gerada pelo LED depende do tipo de material utilizado, como por exemplo galênio, arsênio e fósforo (BASTOS, 2011). Miquelin (2011) menciona que, diferentemente da maioria dos componentes eletrônicos, que liberam energia através do calor, o LED consegue liberar a energia excedente na forma de luz.

Com o desenvolvimento da tecnologia, o LED ganhou espaço em diversas aplicações, como aparelhos celulares, câmeras fotográficas e aparelhos de televisão. As lâmpadas LED também são conhecidas como lâmpadas de estado sólido e podem ser encontradas no mercado em diferentes modelos: de bulbo tipo as incandescentes comuns, dicroicas, formato PAR, tubular (MARTELETO, 2011), dentre outras.

A literatura aponta diversas vantagens no uso de lâmpadas LED, dentre as quais pode se destacar: tempo de vida útil, em média de 50 mil horas; economia de energia, entre 10 e 30%; constância de brilho ao longo do tempo de uso; ausência

de geração de calor; ausência de substâncias tóxicas em sua composição (MIQUELIN, 2011); vasta gama de temperaturas de cor; possibilidade de dimensões extremamente compactas; redução de custos de manutenção (BASTOS, 2011).

Uma das mais novas tendências em iluminação no mercado global é o OLED (*Organic Light Emitting Diode*), ou Diodo Orgânico Emissor de Luz, que possui moléculas de carbono em sua composição. O funcionamento deste dispositivo consiste na passagem de corrente elétrica por semicondutores prensados entre duas lâminas de vidro extremamente finas. As luminárias OLED possuem alta eficiência energética, possibilitando economia de até 80%, com vida útil de dez mil horas (MARTELETO, 2011).

Dentre as vantagens do OLED, Marteleto (2011) cita a semelhança de sua luz emitida com a luz natural, alta eficiência energética, longa vida útil e facilidade de reciclagem, por não conter elementos tóxicos ao meio ambiente em sua composição.

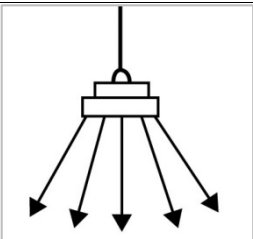
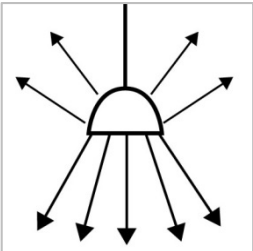
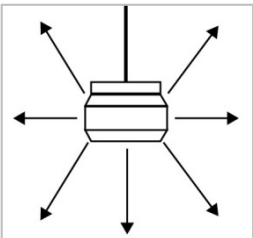
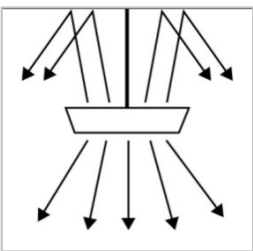
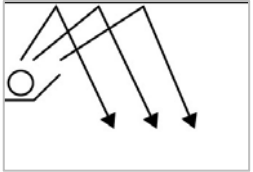
É importante destacar que as tecnologias LED e OLED não são “rivals de mercado”, e sim se completam: enquanto o LED produz luz pontual e com foco, o OLED produz luz difusa e distribuída por uma superfície (MARTELETO, 2011).

2.3.3 Luminárias

As luminárias, segundo Pilotto Neto (1980), têm por objetivo suportar a lâmpada, distribuir o fluxo luminoso e também ocultam a fonte de luz da visão direta do observador, evitando o ofuscamento. O mesmo autor cita que, para a escolha das luminárias, devem ser levados em consideração a estética, o material de fabricação, o rendimento luminoso, a possibilidade de adaptação ao local, a facilidade de manutenção, dentre outros.

A classificação das luminárias é baseada no sistema de iluminação obtido na distribuição da luz. Dessa forma, as luminárias podem ser classificadas em 5 classes, apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação de luminárias de acordo com o sistema de iluminação.

Classe da luminária	Fluxo luminoso emitido		Ilustração
	Para cima	Para baixo	
Direta	0 – 10 %	90 – 100 %	
Semi-direta	10 – 40 %	60 – 90 %	
Geral-difusa	40 – 60 %	40 – 60 %	
Semi-indireta	60 – 90 %	10 – 40 %	
Indireta	90 – 100 %	0 – 10 %	

Fonte: Fiorini, 2006 (adaptado); Pilotto Neto, 1980 (adaptado).

As recomendações de aplicação dos diferentes tipos e classes de luminárias variam, devido às diferenças de luminosidade proporcionadas por cada dispositivo. Fiorini (2006) cita, por exemplo, que as luminárias da classe indireta são aplicadas em iluminação decorativa e que a classe semi-indireta, apesar de proporcionar uma iluminação agradável, devido à ausência de ofuscamento e pouca sombra, não é comumente aplicada devido à sua baixa eficiência. O mesmo autor recomenda cuidado com sombras de contraste acentuado e com ofuscamentos, ao se utilizar luminárias de classe de iluminação direta.

Segundo Pais (2011), as luminárias mais utilizadas em escritórios podem ser embutidas, fixas ou suspensas, apresentadas na Figura 19 – luminárias com aletas parabólicas em alumínio de alto brilho (a); luminárias com aletas planas em chapa de aço (b); luminárias com difusor prismático (c).



Fonte: FGL, 2000 apud Pais, 2011; Art-luz, 2009 apud Pais, 2011.

2.4 ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES DE TRABALHO

É indiscutível que a iluminação é fator ergonômico fundamental em ambientes de trabalho. Uma boa iluminação, em quantidade e qualidade, é primordial para que os trabalhadores desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho (NBR ISO/CIE 8995-1:2013), com redução da fadiga visual, influência positiva nos níveis de produtividade e redução da probabilidade de ocorrência de acidentes.

A relevância da iluminação em ambientes de trabalho é estudada, discutida e apresentada por diversos autores. CASTRO et al (2006), por exemplo, apresentam estudo de caso desenvolvido em uma sala de controle de uma indústria química brasileira, no qual se verificou que o mal posicionamento das luminárias provocava reflexo nos visores, impedindo a visualização completa das informações sobre as condições da área controlada. É importante ressaltar que, devido à natureza da indústria, a probabilidade de ocorrência de falhas é grande, podendo causar acidentes fatais. No estudo, foi constatado que, mesmo com todas as luminárias acesas, os valores de iluminância encontrados não atendiam ao mínimo de 750 lux estabelecido na então vigente NBR 5413. Porém, para reduzir a insegurança e desconforto causados pelo ofuscamento, os trabalhadores adotaram como solução o desligamento de 63% das luminárias do ambiente, criando uma penumbra. O estudo

permite concluir que a iluminação é fator determinante em projetos arquitetônicos, de extrema relevância para facilitar o desenvolvimento de uma atividade de trabalho.

Fiedler et al (2010) realizaram estudo em duas marcenarias no Sul do Espírito Santo, com o objetivo de analisar a exposição dos trabalhadores aos fatores ambientais clima, níveis de ruídos, vibração, iluminação, gases, poeira e fuligem. No estudo, foram realizadas entrevistas com trabalhadores e a coleta de informações referentes aos fatores ambientais supracitados. 60% dos trabalhadores relataram ter algum problema de saúde advindo da sua atividade, sendo o mais citado a dificuldade de enxergar fora do ambiente de trabalho, devido ao excesso ou falta de luz no ambiente e grande quantidade de poeira. Dentre as máquinas analisadas, a tupia, a lixadeira e a desempenadeira apresentaram iluminâncias médias abaixo do limite recomendado e foram constatadas também variações muito altas entre as iluminações dentro do galpão de máquinas. Os autores afirmam que uma quantidade de luz abaixo do necessário induz a fadiga visual e provoca esforço excessivo para visualização das peças, podendo levar a uma baixa qualidade de trabalho, baixa produtividade, esforço visual, fadiga e acidentes.

Dessa forma, é importante ressaltar que uma má iluminação pode provocar tensões fisiológicas e psíquicas nos trabalhadores, com sintomas diversos sobre a saúde, dentre os quais se destacam a dificuldade de concentração, stress, visão turva, dores de cabeça, irritabilidade visual, dores musculares (VEITCH, 2008 apud PAIS, 2011).

Segundo Grandjean (1998), as condições abaixo são decisivas nos locais de trabalho, no que tange à iluminação:

- A intensidade de iluminação;
- O tamanho dos objetos a serem reconhecidos;
- A distribuição dos brilhos no campo visual;
- As luminâncias, que dependem dos graus de reflexão dos objetos (cor, material) e a intensidade de iluminação;
- O tempo disponível para a percepção;
- O contraste entre os objetos e seu entorno, formação de sombras;

- A idade do trabalhador.

É importante evitar diferenças de brilho grandes no campo visual, entre objetos ou superfícies, resultantes de reflexos, focos de luz, janelas e sombras no campo visual (WEERDMEESTER, 2012). Essas diferenças podem ser inconvenientes e interferir negativamente do desenvolvimento das atividades de trabalho. Grandjean (1998) destaca que os brilhos (luminâncias) de todas as superfícies e objetos maiores no campo visual devem ser preferencialmente da mesma grandeza.

Para reduzir reflexos e sombras, Weerdmeester (2012) recomenda a utilização de luz difusa no teto ou a substituição de superfícies lisas e polidas das mesas, paredes e objetos por superfícies foscas e difusoras, que dispersem a luz. Grandjean (1998) também defende a ideia de que materiais refletores em máquinas e tampos de mesa sejam evitados.

Quando possível, é interessante utilizar a luz natural para iluminar os ambientes de trabalho. Porém, é importante evitar as diferenças excessivas de brilho que podem ocorrer junto às janelas. Para isso, torna-se importante a utilização de cortinas ou persianas, que permitem a regulação da entrada da luz natural.

O posicionamento e o tipo das luminárias também são fatores importantes para a adequada disponibilidade de luz nos ambientes de trabalho. É fundamental que as luminárias sejam posicionadas de forma a evitar ofuscamentos, por meio da incidência da luz direta ou refletida sobre os olhos, devendo, se possível, ser colocadas lateralmente ou atrás do trabalhador (IIDA, 2005). Grandjean (1998) destaca que todas as luminárias devem ter quebra-luz, que o ângulo entre a direção horizontal da visão e olho-luminária deve ser maior que 30° e que é preferível um número maior de luminárias com pequenas densidades luminosas do que poucas luminárias com grandes densidades.

Segundo Pilotto Neto (1980), para a escolha do tipo de lâmpada mais adequado, devem ser levados em consideração fatores como o tipo de tarefa visual, medidas e forma do local a iluminar, número de horas de funcionamento e economia do sistema (custo inicial, consumo de energia e manutenção). O mesmo autor afirma que as

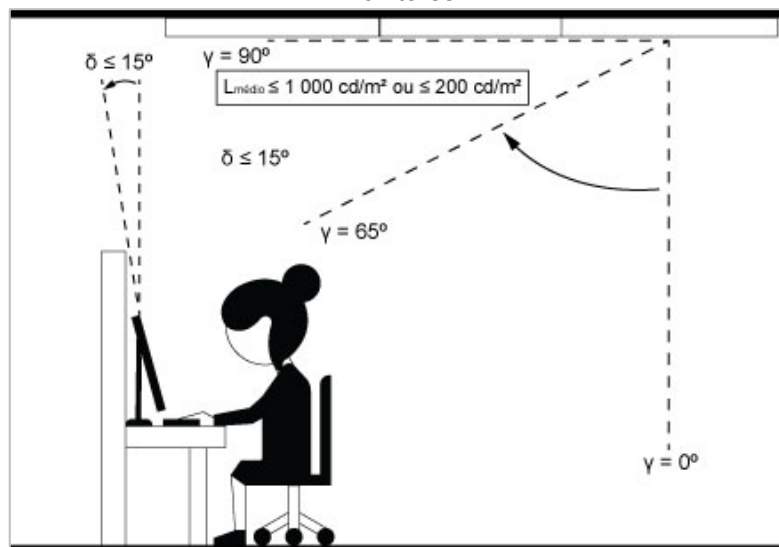
lâmpadas fluorescentes são bastante utilizadas em escritórios e que o uso desse tipo de lâmpada permite grande economia no consumo de energia, além de facilitar o controle do ofuscamento devido à baixa luminância.

Weerdmeester (2012) recomenda que sejam evitadas luzes muito quentes, consideradas excitantes e perturbadoras, ou muito frias, consideradas monótonas, em ambientes internos. Segundo este autor, as cores mais confortáveis e aconchegantes são levemente amareladas e possuem temperatura de cor correlata entre 3.000 K e 5.000 K. Quanto às cores utilizadas em paredes, tetos e pisos, Pilotto Neto (1980) recomenda que o esquema de cores em escritórios seja simples, com tons suaves, de forma que os tetos sejam pintados com cores claras, que se aproximem do branco, que as paredes tenham o mesmo tom de cor que o trabalhador vê quando está concentrado em seu trabalho e que o piso tenha cor um pouco mais escura que as cores do teto e paredes.

É importante destacar que intensidades de iluminação muito altas também podem ser inconvenientes e causar incômodos aos trabalhadores. Iida (2005) afirma que o aumento do nível de iluminamento, acima de certo nível crítico, é desnecessário e acarreta em desperdício de energia sem um aumento correspondente de produtividade. Intensidades de iluminação acima de 1.000 lx aumentam o risco de reflexos perturbadores, de sombras muito pronunciadas ou outros contrastes exagerados, favorecendo o aparecimento de fadiga visual (GRANDJEAN, 1998; IIDA, 2005).

Em ambientes de trabalho com a presença de monitores, devem ser tomados alguns cuidados especiais. Grandjean (1998) recomenda que sejam utilizadas luminárias encaixadas no teto ou em disposição suspensa do teto com prismas ou dispersores de luz, que irradiam a luz lateralmente. A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 estabelece limites de luminância para luminárias nesses ambientes de trabalho (1000 cd/m² para tela de LCD positiva e monitores com bom acabamento antirreflexivo, e 200 cd/m² para tela de monitores negativos) e recomenda que não seja excedido o ângulo de 65°, entre uma vertical e qualquer plano de radiação, a partir da fonte de luz (Figura 20), a fim de evitar o ofuscamento refletido.

Figura 20 – Especificações de luminâncias e ângulos de elevação para ambientes de trabalho com monitores.



Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 (adaptado).

2.5 ENTIDADES, LEGISLAÇÃO E NORMAS BRASILEIRAS

Em 1900, foi fundada, em Zurique, Suíça, a Comissão Internacional de Fotometria (CIF), com o objetivo harmonizar internacionalmente os critérios de medição fotométrica para a iluminação a gás. Em 1913, a CIF foi substituída pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), que passou a abranger novos campos de pesquisa como a iluminação elétrica, a visão, a luz e a colorimetria. Hoje a CIE é considerada autoridade máxima na área da iluminação e possui cerca de 60 países membros, dentre os quais encontra-se o Brasil (INMETRO, 2015).

O Comitê Nacional Brasileiro (CIE Brasil), coordenado pelo Inmetro, foi estabelecido em 2002 e hoje possui sete divisões técnicas (INMETRO, 2015). Além do CIE Brasil, outra entidade brasileira importante na área de iluminação é a Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILUX), entidade civil sem fins lucrativos, criada em 1985, com o objetivo de defender os interesses, trabalhar pela eficiência e maior produtividade das empresas do setor (ABILUX, 2015).

No contexto discutido, também se pode citar o Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações (Cobei), que possui como atribuições Desenvolvimento das atividades do Comitê Brasileiro de Eletricidade (CB-03), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e também o desenvolvimento

das atividades do Comitê Nacional da Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) do Brasil. Em linhas gerais, a missão do Cobei é “mobilizar empresas e entidades do complexo eletroeletrônico e afins, visando apoiar as atividades de normalização técnica do setor no país e no exterior” (COBEI, 2015).

Atualmente, existem no Brasil diferentes leis e normas que abrangem a iluminação em seu escopo. A Consolidação das Leis do Trabalho, em seu Artigo 175, Capítulo V, Seção VII, com redação dada pela Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, estabelece, dentre outros itens, que deve haver iluminação adequada, uniformemente distribuída e difusa, em todos os locais de trabalho, projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos.

Em 23 de novembro de 1990, com a publicação da Portaria MTPS nº 3.751, as diretrizes supracitadas foram incluídas no escopo da Norma Regulamentadora (NR) nº 17 – Ergonomia. Além disso, de acordo com a NR 17, devem ser observados, nos locais de trabalho, os valores de iluminância estabelecidos na Norma NBR 5413. Porém, é importante ressaltar que a Norma NBR 5413 foi substituída pela Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 – Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior, publicada pela ABNT em 21 de março de 2013¹. Essa nova Norma também revogou a então vigente ABNT NBR 5382:1985 (Verificação de iluminância de interiores).

A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 foi elaborada pelo Comitê Brasileiro de Eletricidade e especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para o desempenho de tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho. A norma leva em consideração não apenas a iluminância, mas também o limite referente ao desconforto por ofuscamento e o índice de reprodução de cor mínimo da fonte para especificar os diferentes locais de trabalho e tipos de tarefas.

¹ Por meio da Nota Técnica Nº 224/2014/CGNOR/DSST/SIT, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) conclui que a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 está voltada para projetos de iluminância e a mesma não deixa claro de que forma devem ser realizadas as avaliações em ambientes de trabalho já existentes. Dessa forma, o MTE estabelece que devem ser observados os valores de iluminância previstos na ABNT NBR 5413:1992. Apesar disso, optou-se, nesse trabalho, por utilizar como base a norma atual, ABNT-NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Outra Norma de destaque no campo da iluminação é a ABNT NBR 5461:1991 – Iluminação, publicada em 30 de dezembro de 1991, que define diversos termos relacionados à iluminação, incluindo radiações, grandezas, unidades, visão, reprodução das cores, colorimetria, dentre outros.

É relevante destacar que, em 17 de outubro de 2001 foi promulgada a Lei nº 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. De acordo com essa Lei, o Poder Executivo é responsável por estabelecer níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país. Considerando a relevância do segmento de iluminação na matriz de consumo de energia elétrica do Brasil, que, segundo Costa (2006), representa aproximadamente 17% do consumo total de energia elétrica, pode-se concluir que a Lei nº 10.295 possui grande importância para o setor.

Um fato importante para o alcance dos objetivos da Lei nº 10.295 foi a publicação da Portaria Interministerial nº 1.007 dos Ministérios de Minas e Energia, da Ciência e Tecnologia e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, em dezembro de 2010. Essa Portaria aprova a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de lâmpadas incandescentes de uso geral, de fabricação nacional ou importadas, para comercialização ou uso no País. O atendimento a esta regulamentação acarretou a proibição da comercialização de lâmpadas com filamento incandescente de 60 watts a partir do dia 01 de julho de 2015.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As medições de iluminância foram realizadas num escritório de consultoria ambiental, localizado na cidade de Vitória, Espírito Santo, no dia 06 de novembro de 2015, entre as 17h e as 18h, período de menor influência da iluminação natural externa. O escritório de consultoria em questão, local de trabalho da autora, possui 25 funcionários, que desenvolvem suas atividades em turno único, de 08:00h às 18:00h, de segundas a quintas, e de 08:00h às 17:00h, às sextas-feiras.

Foram realizadas duas medições em cada posto de trabalho: uma com todas as persianas fechadas e outra com as persianas parcialmente abertas, conforme ilustrado na Figura 21. Optou-se por realizar as duas medições supracitadas a fim de captar a variação dos níveis de iluminância nos diferentes postos de trabalho, considerando a influência das persianas, e também observar a opinião dos colaboradores quanto à influência da iluminação externa no conforto visual durante o expediente de trabalho.

Figura 21 – Ilustração das persianas parcialmente abertas no escritório.



Fonte: Arquivo pessoal.

Foram adotados os seguintes procedimentos durante as medições:

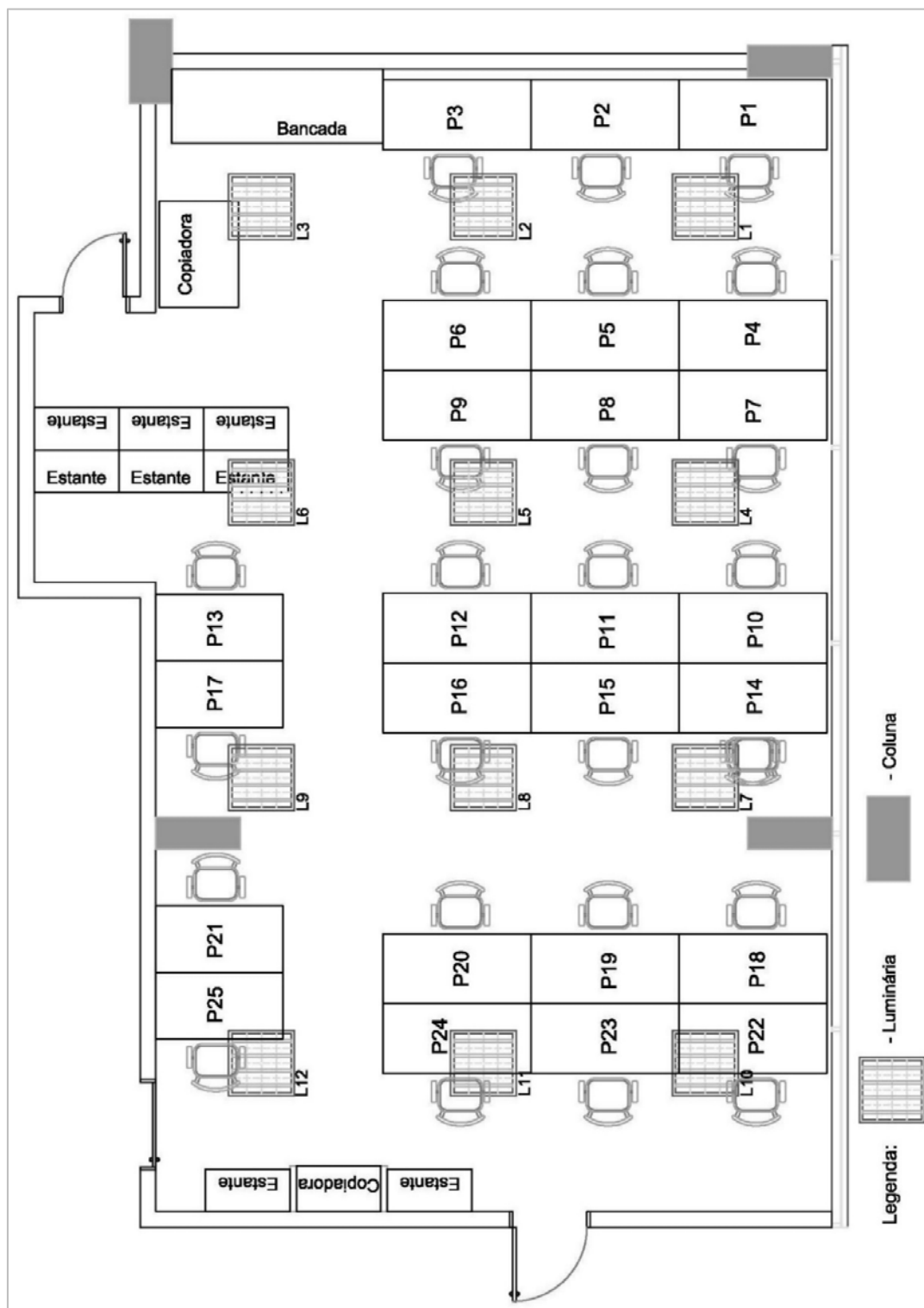
- As medições foram realizadas no plano onde as tarefas são executadas;
- O sensor foi posicionado sobre a superfície dos postos de trabalho, paralelamente ao plano de trabalho;

- Procurou-se evitar, ao máximo, a interferência do executor das medições, no que diz respeito a sombras, sobre a fotocélula.

3.2 MALHA AMOSTRAL

As medições de iluminância foram realizadas nos 25 postos de trabalho do escritório de consultoria, ilustrados na Figura 22 como “P1” a “P25”. Na Figura 22, também é possível observar o posicionamento das luminárias do escritório, identificadas como “L1” a “L12”, e o posicionamento das janelas, localizadas ao longo de toda a parede inferior do leiaute.

Figura 22 – Leiaute do escritório de consultoria e malha amostral utilizada no estudo.



Fonte: Arquivo pessoal.

3.3 EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO

As medições de iluminância foram realizadas com luxímetro digital modelo MLM-1020, da Minipa (Figura 23). A Figura 24 apresenta os dados técnicos do luxímetro utilizado, cujo certificado de calibração é apresentado no ANEXO A.

Figura 23 – Luxímetro MLM-1020, Minipa.



Fonte: Minipa, 2015.

Figura 24 – Dados técnicos do luxímetro MLM-1020, Minipa.

Parâmetro	Descrição
Display:	LCD 3 ½ dígitos com leitura máxima de 1999
Taxa de amostragem:	100 vezes por segundo
Auto Desligamento (APO):	Desliga em cerca de 10 minutos automaticamente
Função Data Hold:	Sim
Data Logger:	2044 registros
Intervalo de Registro:	0,5s ou 1 à 255s (com passo de 1s)
Registro de valores MÁX/MÍN:	Sim
Comunicação USB com computador:	Sim
Medições em duas unidades:	Lux e FC
Sensor:	Luz visível digital
Coeficiente de Temperatura:	±0,1% / °C
Ambiente de Operação:	0°C a 30°C (até 80% R.H.)
	30 a 40°C (até 75% R.H.)
	40 a 50°C (até 45% R.H.)
Ambiente de Armazenamento:	-20°C a 60°C (até 80% R.H.)
Alimentação:	Uma bateria padrão de 9V (1604A 6F22)
Dimensões:	45mm(L) x 195mm(A) x 26mm(P)
Peso:	185g (incluindo bateria)
Faixas:	20, 200, 2000, 20000 Lux
	2, 20, 200, 2000 FC
Resolução:	0,01, 0,1, 1, 10 Lux
	0,001, 0,01, 0,1, 1 FC
Precisão:	20 Lux ±(3%Leit. +20D)
	200 ~ 20000 Lux ±(3%Leit. +8D)

Fonte: Minipa, 2015.

3.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM A NORMA

Os resultados obtidos a partir das medições de iluminância com persianas fechadas e parcialmente abertas foram comparados com o valor de iluminância mantida estabelecido na Norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013, para as atividades de “escrever, teclar, ler, processar dados” e “estações de projeto assistido por computador” em ambiente de escritório, igual a 500 lx.

3.5 ENTREVISTAS COM COLABORADORES

A fim de captar a percepção dos colaboradores do escritório quanto às condições de iluminação, foram realizadas entrevistas com os mesmos. As entrevistas foram conduzidas oralmente, de forma livre, durante o horário de trabalho e individualmente com cada colaborador. Buscou-se conhecer as insatisfações e necessidades dos colaboradores no quesito iluminação, bem como coletar sugestões para melhorias.

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO

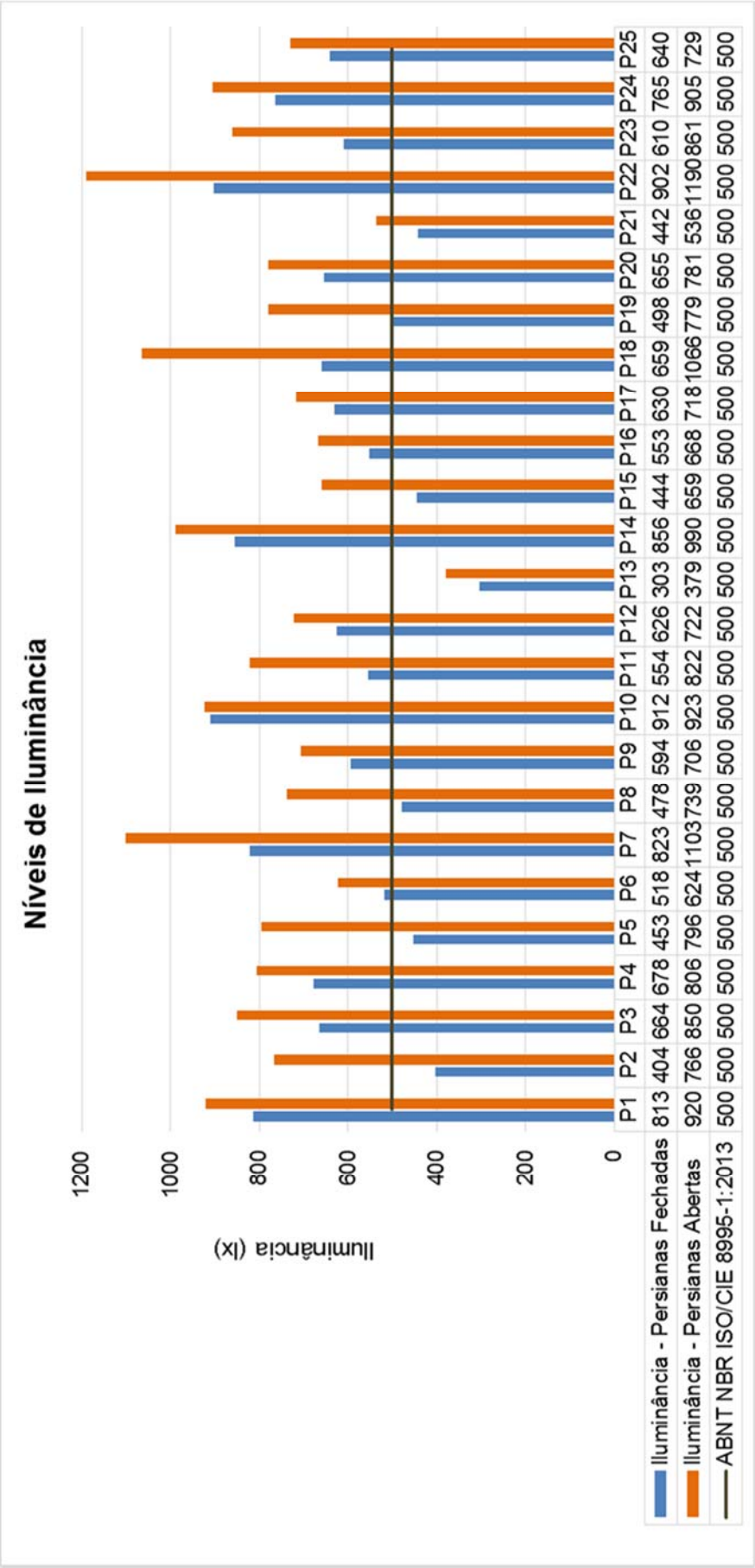
Conforme ilustrado na Figura 22, item 3.2, o escritório de consultoria possui 12 luminárias distribuídas com espaçamento uniforme entre si. As luminárias são de aletas parabólicas em alumínio de alto brilho, cada qual com 4 lâmpadas fluorescentes tubulares marca Taschibra, modelo TF 18W T8 luz do dia. É importante ressaltar que, na ocasião das medições de iluminância para este estudo, as luminárias L1 e L6 encontravam-se, ambas, com 2 das 4 lâmpadas queimadas.

As persianas, que influenciam a iluminação natural do escritório, são do tipo *silhouette*, conforme apresentado na Figura 21, item 3.1. Durante a rotina de trabalho no escritório, as persianas permanecem fechadas durante a maior parte do expediente, sendo ocasionalmente abertas de forma parcial, com base em consenso entre os colaboradores.

4.2 MEDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA

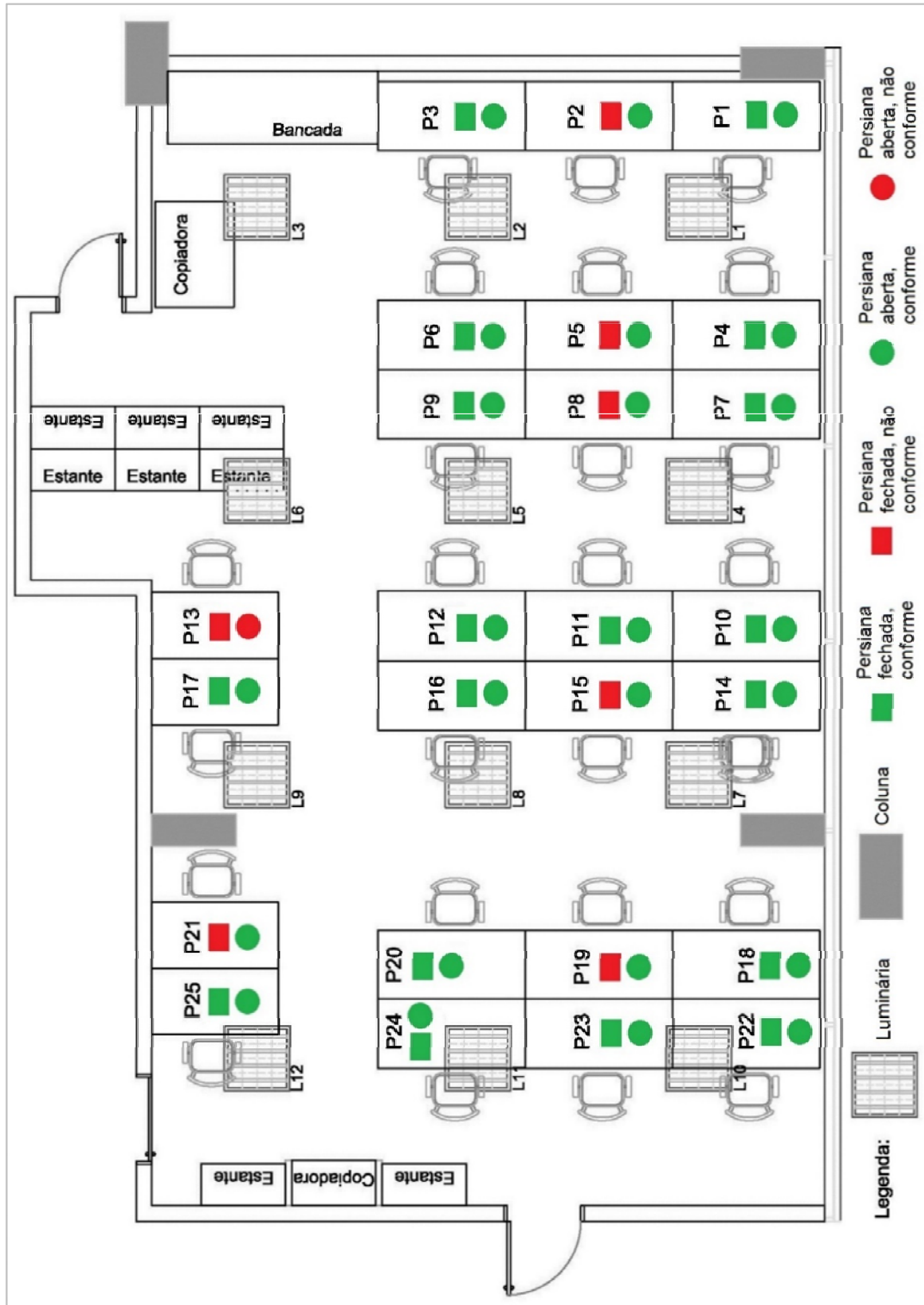
O Gráfico 1 apresenta os resultados de iluminância obtidos com persianas fechadas e parcialmente abertas, bem como o valor de iluminância mantida estabelecido na Norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013 para as atividades de “escrever, teclar, ler, processar dados” e “estações de projeto assistido por computador” em ambiente de escritório. A Figura 25 apresenta, de forma ilustrativa, os resultados em conformidade ou não com a Norma supracitada, em cada posto de trabalho.

Gráfico 1 – Níveis de iluminância medidos durante o estudo e comparação com a Norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 25 – Conformidade dos resultados de iluminação com a Norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013.



Fonte: Arquivo pessoal.

5 DISCUSSÃO

A partir da análise do Gráfico 1 e da Figura 25, item 4.2, é possível tecer as seguintes considerações descritas abaixo, a respeito dos resultados de iluminância obtidos neste estudo.

Ao manter as persianas fechadas, situação encontrada na maior parte do expediente de trabalho no escritório, 18 dos 25 pontos da malha amostral apresentaram resultados de iluminância considerados conformes, acima do valor de 500 lx estabelecido pela Norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013 para o ambiente em questão. Observa-se que os postos de trabalho centrais do leiaute, identificados por P2, P5, P8, P15 e P19, estão incluídos no grupo de pontos não conformes com persianas fechadas, o que pode ser explicado pela posição destes pontos em relação às luminárias. Para os pontos P2 e P5, esses resultados também podem ser explicados, possivelmente, pela existência de duas lâmpadas queimadas na luminária L1.

□ Os pontos P13 e P21 também apresentaram valores de iluminância inferiores a 500 lx. Os pontos P13 e P21 também apresentaram valores de iluminância inferiores a 500 lx, com persianas fechadas. Para o ponto P13, esse resultado pode ter sofrido influência das lâmpadas queimadas na luminária L6 e também pela posição do posto de trabalho, entre as luminárias L6 e L9. Já para o ponto P21, o nível de iluminância medido pode ter sido influenciado pela existência de uma coluna atrás da posição do colaborador, que pode ter bloqueado a passagem de parcela dos raios luminosos emitidos pela luminária L9.

Com persianas parcialmente abertas, os valores de iluminância medidos foram superiores a 500 lx em 24 dos 25 pontos. Entretanto, ainda que os valores tenham superado o valor mínimo estabelecido pela Norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013, os colaboradores que ocupam os postos de trabalho P7, P10, P14, P18 e P22 manifestaram desconforto ao manter as persianas parcialmente abertas, alegando ofuscamento nas telas dos computadores. As colocações desses colaboradores podem ser compreendidas a partir da observação do leiaute e dos valores medidos: os cinco postos de trabalho supracitados são localizados rente às janelas e os níveis

de iluminância medidos com persianas parcialmente abertas, nestes postos, variaram de 923 lx (P10) a 1.190 lx (P22). Além disso, essas manifestações corroboram a ideia defendida por alguns autores, como Grandjean (1998) e Lida (2005), de que intensidades de iluminação acima de 1.000 lx aumentam o risco de reflexos perturbadores, sombras pronunciadas ou outros contrastes exagerados, favorecendo o aparecimento de fadiga visual.

De forma geral, após entrevistas com os colaboradores, a maioria alegou que, durante a rotina de trabalho, sente bem-estar com persianas abertas ocasionalmente, devido ao contato com o meio externo, principalmente em dias nublados ou chuvosos. Esse fator pode ser levado em consideração na melhoria dos níveis de iluminância do escritório como um todo, principalmente nos postos de trabalho que apresentaram iluminâncias abaixo de 500 lx. Entretanto, é necessário que haja um consenso entre os colaboradores, a fim de não prejudicar determinadas pessoas em função de reflexos e contrastes excessivos.

A fim de proporcionar um aumento nos níveis de iluminância dos postos de trabalho P2, P5 e P13, sugere-se a substituição das lâmpadas queimadas nas luminárias L1 e L6, ação simples e de baixo custo. Em relação aos demais postos de trabalho que apresentaram níveis de iluminância em discordância com o valor estabelecido na Norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013 (P8, P15, P19, P21), observa-se que os valores variaram de 442 lx (P21) a 498 lx (P19), representando, respectivamente, 88,4% e 99,6% do valor mínimo de 500 lx definido na Norma. Além de os valores serem relativamente próximos ao valor mínimo, os colaboradores destes 4 postos de trabalho alegaram satisfação quanto aos níveis de iluminação, não manifestando qualquer tipo de reclamação quanto a este fator.

Caso algum dos colaboradores que ocupem os postos de trabalho desfavorecidos em termos de iluminância, com base nos resultados obtidos neste trabalho, manifeste, futuramente, algum tipo de desconforto devido à insuficiência de luz e caso o mesmo não consiga se beneficiar da iluminação natural das janelas, sugere-se que seja estudada a possibilidade de disponibilização, para esse colaborador, de luminária individual adequada à tarefa, que não cause ofuscamento e desconforto para o colaborador em questão e para os demais ocupantes do recinto.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização de medições dos níveis de iluminância nos 25 postos de trabalho de um escritório de consultoria e comparação dos mesmos com os valores preconizados pela Norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013 para as atividades de “escrever, teclar, ler, processar dados” e “estações de projeto assistido por computador” em ambiente de escritório, pôde-se chegar às considerações finais a seguir descritas.

Com persianas fechadas, 7 dos 25 postos de trabalho apresentaram níveis de iluminância abaixo de 500 lx, valor mínimo estabelecido pela Norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Ao manter as persianas parcialmente abertas, esse número caiu para 1. Porém, verificou-se que esta situação causou desconforto a alguns colaboradores, por ofuscamento, em especial àqueles posicionados próximos às janelas.

Verificou-se a necessidade de substituição de lâmpadas queimadas nas luminárias L1 e L6, que podem ter influenciado os valores de iluminância medidos nos postos P2, P5 e P13. A maioria dos colaboradores alegou estar satisfeita com os níveis de iluminação do escritório e apresentou interesse em manter as persianas parcialmente abertas ocasionalmente.

Por fim, sugere-se, para os colaboradores que apresentarem, futuramente, queixas pontuais quanto à iluminação em seu posto de trabalho, a realização de estudo para implementação de iluminação localizada, que não cause desconforto para os ocupantes do escritório.

6 CONCLUSÕES

As atividades e resultados descritos no presente trabalho permitem concluir que o objetivo proposto, avaliar os níveis de iluminância em postos de trabalho de uma empresa de consultoria, foi atendido.

Sugere-se que as lâmpadas queimadas de algumas luminárias do escritório estudado sejam substituídas e que as medições de iluminância sejam realizadas novamente. Ainda, é sugerida a implementação de programa de monitoramento dos níveis de iluminância no escritório, com medições periódicas, a fim de garantir que as condições previstas na Norma vigente sejam mantidas e que os colaboradores possam desenvolver suas atividades com conforto visual, segurança e bem-estar.

REFERÊNCIAS

AGOSTINI JUNIOR, E. **Estudo e Implementação de uma Estrutura para a Alimentação de LEDs de Potência com o Controle da Cor e da Intensidade Luminosa**. 2008. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/91933/258003.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 set. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO – ABILUX. Quem somos. Disponível em: <<http://www.abilux.com.br/portal/institucional/1/quem-somos>>. Acesso em: 26 ago. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA – ABERGO. Quem somos. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=quem_somos>. Acesso em: 08 set. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5461**: Iluminação. Rio de Janeiro, 1991. 68 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013. 54 p.

BASTOS, F. C. **Análise da Política de Banimento de Lâmpadas Incandescentes do Mercado Brasileiro**. 2011. 130 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/felipe_bastos.pdf>. Acesso em: 15 set. 2015.

BRASIL. Consolidação das Leis do Trabalho. Decreto-lei n. 5452, de 1 de maio de 1943. Aprova a consolidação das leis do trabalho. **Lex**: coletânea de legislação. Edição Federal, São Paulo, v. 7, 1943.

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 18 out. 2001. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Portaria Interministerial n. 1.007, 31 de dezembro de 2010. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 06 jan. 2011. Seção 1, p. 44.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 17. Ergonomia. **Diário Oficial [da] União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 06 jul. 1978.

CASTRO, I. S.; RHEINGANTZ, P. A.; GONÇALVES, A. M. Cognição e Percepção Visual: a influência da iluminação artificial sobre uma atividade de trabalho realizada em um ambiente informatizado confinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 14., 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2006.

COMITÊ BRASILEIRO DE ELETRICIDADE, ELETRÔNICA, ILUMINAÇÃO E TELECOMUNICAÇÕES – COBEI. Quem somos. Disponível em: <http://www.cobei.org.br/cobei_quem_somos.htm>. Acesso em: 26 ago. 2015.

COSTA, G. J. C. **Iluminação Econômica – Cálculo e Avaliação**. 4. Ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006. 591 f.

DRIGGERS, R. G. **Encyclopedia of Optical Engineering**. Volume 3: Pho-Z, pages 2049-3050. New York: Marcel Dekker, 2003. 3104 p.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. 3. Ed. São Paulo: E. Blucher, 2012. 163 f.

FIEDLER, N. C.; GUIMARÃES, P. P.; ALVES, R. T.; WANDERLEY, F. B. Avaliação Ergonômica do Ambiente de Trabalho em Marcenarias no Sul do Espírito Santo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 5, p. 907-915, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622010000500016>. Acesso em: 20 ago. 2015.

FIORINI, T. M. S. **Projeto de Iluminação de Ambientes Internos Especiais**. 2006. 128 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/interiores/projeto_de_iluminacao_de_ambientes_internos_especiais.pdf>. Acesso em: 15 set. 2015.

FRANZINI, D. C. **Análise dos Níveis de Iluminância da Área Técnica de um Escritório de Consultoria Ambiental**. 2012. 51 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GARROCHO, J. S. **Luz Natural e Projeto de Arquitetura: Estratégias para Iluminação Zenital em Centros de Compras**. 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Pesquisa/luz%20natural%20e%20projeto.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2015.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. 4. Ed. Porto Alegre: Bookman, 1998. 338 p.

GRONDZIK, W. T.; KWOK, A. G. **Mechanical and Electrical Equipment for Buildings**. 12. Ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2014. 1856 f.

GUIMARÃES, L. **A cor como informação: a construção biofísica, linguística e cultural da simbologia das cores**. 3. Ed. São Paulo: Annablume, 2000. 143 f.
IIDA, I. **Ergonomia - Projeto e Produção**. 1. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1990. 465 f.

_____. _____. 2. Ed rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 630 f.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **CIE Brasil – Origem.** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/ciebrasil/origem.asp>>. Acesso em: 15 set. 2015.

LÂMPADA incandescente de 60 watts deixa de ser vendida; Inmetro fiscaliza. **Portal G1**, São Paulo, 01 jul. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/seu-dinheiro/noticia/2015/07/lampada-incandescente-de-60-watts-deixa-de-ser-vendida-inmetro-fiscaliza.html>>. Acesso em: 15 set. 2015.

MARTELETO, D. C. **Avaliação do Diodo Emissor de Luz (LED) para Iluminação de Interiores.** 2011. 96 f. Projeto de Graduação (Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufjr.br/monografias/monopoli10003763.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2015.

MARTINS, C. O.; JESUS, J. F. Estresse, Exercício Físico, Ergonomia e Computador. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, Florianópolis, v. 21, n. 1, p. 807-813, 1999. Disponível em: <<http://artigosedfísica.br.tripod.com/stress%20ergonomia%20computador%20exercício%20físico.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2015.

MINIPA. MLM-1020 Luxímetros. Disponível em: <<http://www.minipa.com.br/5/20/157-Minipa-Luxímetros-MLM-1020>>. Acesso em: 17 ago. 2015.

MIQUELIN, J. Z. **Análise de Desempenho de Lâmpadas LEDs e LFCs como Alternativas em Iluminação Residencial em Função da Implementação da Portaria Ministerial Nº 1007 que Limita o Uso de Lâmpadas Incandescentes no Brasil.** 2011. 77 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/tcc/beg/3174/2011/miquelin_jz_tcc_guara.pdf>. Acesso em: 15 set. 2015.

MUNSELL COLOR. Disponível em: <munsell.com>. Acesso em: 30 set. 2015.

PAIS, A. M. G. **Condições de Iluminação em Ambiente de Escritório:** Influência no Conforto Visual. 2011. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ergonomia na Segurança no Trabalho) - Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Técnica de Lisboa, [Lisboa], 2011. Disponível em: <<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/3048/1/Microsoft%20Word%20-%20Tese%20dEFINITIVA2.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015.

PILOTTO NETO, E. **Cor e Iluminação nos Ambientes de Trabalho.** São Paulo: Liv. Ciência e Tecnologia, 1980. 131 f.

TREGENZA, P; LOE, D. **Projeto de Iluminação.** 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 216 f.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Curso de Especialização de Segurança do Trabalho. **Disciplina Higiene do Trabalho**, Capítulo 4 – Iluminação. Páginas 122 e 123. Ano 2014.

ANEXO A – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO LUXÍMETRO.

RBC - Rede Brasileira de Calibração

Certificado de Calibração

Certificate of Calibration

Certificado Nº : 55.935

Página 1 de 2

Laboratório de Óptica

Dados do Cliente:

Nome:
Endereço:
Cidade:
Estado:
CEP:

Dados do Instrumento Calibrado:

Nome: Luxímetro Digital
Marca: Minipa
Modelo: MLM-1020
Nº de Série: ID04100000477
Nº de Identificação: Não Consta
Nº de Processo: 22026
Data da Calibração: 29-nov-13

Procedimento Utilizado:

O procedimento operacional de calibração PRO - LUX 1800 - Rev. 07

Padrões Utilizados:

Nome	Nº Identificação	Marca	Modelo	Nº Certificado	Data de Calibração
Cabeça Fotométrica	TAG 034	Tektronix	J 1811	125144-101	26-Jun-2013
Barômetro Digital	TAG 273	Lufft	Opus 20	LV30295-13-R0	02-ago-2013
Termohigrômetro	TAG 273	Lufft	Opus 20	LV30685-13-R0	07-ago-2013
Gerador	TAG 093	Agilent	E 3633A	RBC 13/0354	28-Mai-2013
Unidade Leitora	TAG 030	Tektronix	J 17	125144-101	26-Jun-2013

Condições Ambientais:

Temperatura:
21°C

Umidade Relativa:
52%

Pressão Atmosférica:
926 mbar

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO ACREDITADO PELA COCIRE DE ACORDO COM A ABNT NBR ISO/IEC 17025 SOB O NÚMERO 256

A Cocre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC - Cooperação Internacional da Acreditação de Laboratórios. A Cocre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC - Cooperação Internacional da Acreditação. O acordo ou registro grande realizado pelo laboratório de calibração. Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela COCIRE que avalia a competência do laboratório e comprova sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (no do Sistema Internacional de Unidades - SI). O certificado de calibração poderá ser reproduzido desde que seja legível, na forma integral e sem nenhuma alteração. Os resultados apresentados neste certificado aplicam-se somente ao item calibrado e não se estendem aos instrumentos de medida, medido ou lote de calibração. A incerteza expandida da medição declarada (U95,45) foi estimada para um nível de confiança de 95,45%. Este cálculo da incerteza é baseado no fator de abrangência (k) obtido através dos graus de liberdade efetivo (n) e t-tabela t-student.

Cocre is Signatory of the ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation Mutual Recognition Arrangement. Cocre is signatory of the ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation Mutual Recognition Arrangement. The agreement or register large realized by the laboratory. This certificate meeting the COCIRE requirements who evaluated the laboratory capacity and verified the traceability to national standards of measure (or to International System of Units SI). The certificate of calibration can be reproduced since be legible, in integral form and without changes. The results presented in this certificate are applied just to item calibrated and not extend to instruments of measurement, measured or lot of calibration. The reported expanded uncertainty of measurement (U95,45) was estimated for a confidence level of 95,45%. This uncertainty calculation is based on the coverage factor (k) obtained through the effective degrees of freedom (n) and t-student table.

DOCUMENTO ORIGINAL

SÉRIE

102008857

Certificado de Calibração

Certificate of Calibration

Certificado Nº : 55.935

Página 2 de 2

Resultados Obtidos:

Os resultados foram obtidos pelo método comparativo após o alinhamento a laser das fotocélulas do padrão rastreado e do instrumento em teste ao longo do banco fotométrico iluminado por um feixe de luz halógena de alta estabilidade.

Dados Obtidos:

Padrão IM (lx)	Mensurando		
	IL (lx)	k	$U_{95,45}$
330	313	2,00	6,1%
661	625	2,00	6,1%
878	840	2,00	6,1%
1101	1046	2,00	6,1%
1318	1235	2,00	6,1%
1539	1448	2,00	6,1%
1759	1660	2,00	6,1%

AJUSTE E REPARO NÃO FAZEM PARTE DO ESCOPO DE ACREDITAÇÃO DESTE LABORATÓRIO

Legenda:				
Lx: Lux	k: Fator de Abrangência	$U_{95,45}$: Incerteza da Medição	IM: Iluminância Medida	IL: Iluminância Lida

Observações:

- ☒ Temperatura de Cor do iluminante A durante a calibração foi 2857K.
- ☒ Este equipamento não apresentou ajuste
- ☒ Certificado assinado Eletronicamente.

Calibrado por:	Responsável Técnico pela calibração: