

DIANA MAYUMI TAKEUCHI

Análise dos níveis de iluminância: estudo de caso na área de leitura de
uma biblioteca pública

São Paulo

2019

DIANA MAYUMI TAKEUCHI

Análise dos níveis de iluminância: estudo de caso na área de leitura de
uma biblioteca pública

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

2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus por me conceder a oportunidade de aprender e me desenvolver como ser humano e profissional.

Aos meus pais e padrasto, os quais são meu porto seguro, por sempre acreditarem em mim, por serem a base de todos os ensinamentos os quais sem eles eu não chegaria até aqui.

Ao meu irmão Henrique e ao meu amigo Gabriel, pelas contribuições com edições de imagens e gráficos.

À minha amiga Patrícia Angel, com sua afabilidade, por compartilhar seus conhecimentos, por sanar minhas dúvidas, pela paciência e incentivo durante esse período.

Aos meus amigos João Gabriel e Luiz Henrique pela motivação e apoio demonstrados a cada momento, por ter tornado meus dias mais alegres.

Aos meus amigos Rafael e Solange por toda assistência prestada, nas palavras de conforto e nas revisões de texto.

Aos meus colegas de curso Cibele e Diogo que compartilharam comigo não só conhecimento e experiência, mas também compreensão e companheirismo durante o período do curso.

À professora doutora Maria Renata Machado Stelin pela paciência e por estar sempre disposta a ajudar e orientar os estudos desta monografia.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a conclusão deste trabalho.

É dito que conhecimento é luz e força. Onde há luz é possível discernir entre certo ou errado, escuro ou luminoso, inútil ou poderoso. Aqueles que entendem o que está errado, não se deixam influenciar por ações e pensamentos negativos. Aqueles que possuem conhecimento são sensíveis em relação aos atos e sentimentos dos outros. Pessoas assim têm o poder de transformar o errado em certo.

(Albert Einstein)

RESUMO

A análise apresentada neste estudo aborda a importância da iluminação adequada em um ambiente de leitura, utilizando a nova norma NHO 11 como referência para procedimentos de medição e valores para critérios de avaliação. As medições foram realizadas com o auxílio de um luxímetro, em três horários distintos: 8h30min, 12h e 16h30min. Esse procedimento foi dividido em duas etapas. Na primeira, foram medidas as iluminâncias médias em 18 pontos pré-determinados de acordo com o modelo de malha amostral selecionado na norma. Na segunda etapa, verificou-se a iluminância em 22 pontos nas áreas das tarefas, ou seja, nos planos horizontais onde determinadas tarefas visuais são realizadas. Diante das aferições, alguns critérios foram avaliados, onde a maioria apresentou inconformidade com a norma NHO 11, necessitando de adequações tanto para iluminação artificial quanto para iluminação natural. Tornou-se notável a grande incidência de luz natural presente no ambiente que teve influência significativa na iluminância interna, visto que houve representativa variação de iluminância entre um ponto e outro, causando desconforto luminoso aos usuários, devido ao contraste excessivo ou ofuscamentos. Aliado ao replanejamento da distribuição das lâmpadas, com a substituição por lâmpadas de LED, recomenda-se a instalação de cortinas ou persianas para controle da incidência da luz externa.

Palavras-chave: Iluminância. Iluminação Natural. Iluminação Artificial. NHO 11.

ABSTRACT

The analysis presented in this Study focuses on importance of adequate lighting in an environment to read, using the new standard NHO 11 as a reference for measurement procedures and values for evaluation criteria. The measurements were helped by a light meter, in three different times: 8:30 a.m., 12 a.m. and 4:30 p.m. This procedure was divided into two steps. In the first one, the average illuminances were measured at 18 predetermined points according to the sample mesh model selected in the standard. In the second stage, the illuminance was verified in 22 points in the areas of the tasks, that is, in the horizontal planes where certain visual tasks are performed. Amid these measurements, they were sometimes evaluated, where the majority presented nonconformity with the NHO 11 standard, necessitating adjustments for both artificial lighting and natural lighting. The high incidence of natural light present in the environment was significant, so had a significant influence on the internal illuminance, as there was a significant variation of illuminance between one point and another, causing luminous discomfort to the users due to the excessive contrast or obfuscation. In addition to replanning the distribution of lamps, with replacement by LED lamps, it is recommended to install curtains or blinds to control the incidence of external light.

Keywords: Illuminance. Natural Lighting. Artificial Lighting. NHO11.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Espectro eletromagnético	17
Figura 2 - Conceito de iluminância.....	19
Figura 3 - Exitância e densidade de fluxo luminoso	20
Figura 4 - Conceito de luminância de uma superfície	21
Figura 5 - Ofuscamento direto e refletido	23
Figura 6 - Conceito de fluxo luminoso	25
Figura 7 - Conceito de ângulo sólido.....	26
Figura 8 - Transformação de potência elétrica em fluxo luminoso.....	28
Figura 9 - Luxímetro TM-201 Tenmars.....	32
Figura 10 - <i>Layout</i> da biblioteca e ambiente de estudo de caso.....	34
Figura 11 - Detalhes da biblioteca: (a) janela sem cortina; (b) iluminação natural das janelas	35
Figura 12 - Luminárias com lâmpadas queimadas	35
Figura 13 - Vista externa da biblioteca	37
Figura 14 - Malha amostral adotada de acordo com a norma NHO11	37
Figura 15 - Malha amostral com pontos de medição adaptados	38
Figura 16 - Exemplo de demarcação do ponto de medição.....	39
Figura 17 - Uso de tripé para apoio do luxímetro.....	39
Figura 18 - Distribuição dos pontos de medição nas áreas da tarefa	40
Figura 19 - Pontos localizados próximos às janelas são os que apresentaram maior valor de iluminância.....	45
Gráfico 1 - Distribuição da iluminância conforme pontos de medição da malha amostral	44
Gráfico 2 - Comparação dos níveis de iluminância medidos nas áreas das tarefas às 08h30min com o limiar de 70% da iluminância média calculada	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da luz e grandezas fotométricas	18
Tabela 2 - Índice de reprodução de cor (IRC)	27
Tabela 3 - Descrição de cor e temperatura de cor correlata	28
Tabela 4 - Dados técnicos do luxímetro TM-201, Tenmars	32
Tabela 5 - Resultados obtidos nos pontos indicados na Figura 19.....	41
Tabela 6 - Iluminância média nos diferentes turnos.....	42
Tabela 7 - Iluminância obtida nas áreas das tarefas.....	42
Tabela 8 - Níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente ..	43
Tabela 9 - Valores de medições em ordem decrescente de iluminância de cada ponto na área da tarefa	46
Tabela 10 - A razão entre o maior valor de iluminância medido na área da tarefa e a iluminância média não supera a proporção 5:1	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ELETROBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S. A.
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho
IRC	Índice de Reprodução de Cor
LED	<i>Light Emitter Diode</i>
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Técnica Brasileira
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NR	Norma Regulamentadora
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
TCC	Temperatura de Cor Correlata
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVO	14
1.2. JUSTIFICATIVA	14
2. REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1. BIBLIOTECAS PÚBLICAS	15
2.2 TERMOS TÉCNICOS DE ILUMINAÇÃO	16
2.2.1. Luz	17
2.3. ILUMINAÇÃO NATURAL	18
2.3.1. Iluminância	19
2.3.2. Exitância luminosa	20
2.3.3. Luminância	21
2.3.4. Contraste	22
2.3.5. Ofuscamento	22
2.4. ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	24
2.4.1. Fluxo luminoso	24
2.4.2. Intensidade luminosa	26
2.4.3. Ângulo sólido	26
2.4.4. Índice de reprodução de cor	27
2.4.5. Eficiência luminosa	27
2.4.6. Temperatura de cor correlata	28
2.4.7. Normas relacionadas	28
3. MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	31
3.2. EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO	32
3.3. CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE DE ESTUDO	33
3.4. DETERMINAÇÃO DA ILUMINÂNCIA MÉDIA	36
3.5. VERIFICAÇÃO DA ILUMINÂNCIA NA ÁREA DA TAREFA	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1. RESULTADOS	41
4.1.1. Determinação da iluminância média	41
4.1.2. Verificação da iluminância na área da tarefa	42
4.2. DISCUSSÕES	43

4.2.1. Determinação da iluminância média	43
4.2.2. Verificação da iluminância na área da tarefa	45
4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS	51
ANEXO A	54

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, com o uso crescente da internet e a facilidade em encontrar qualquer tipo de informação, pressupõe-se que as bibliotecas tradicionais poderiam ser extintas, já que demandam espaços físicos para abrigar acervos e visitantes. No entanto, ao longo do tempo, a biblioteca pública assumiu, além de sua função cultural, uma função social, pois proporciona desenvolvimento intelectual, dissemina o conhecimento, oferece interação social e preserva a cultura local. Além de ser um espaço de aprendizagem, tornou-se um espaço físico de fundamental importância para o desenvolvimento da comunidade e região (SOUSA, 2012).

Assim, a função que uma biblioteca tem em criar relações interpessoais e desenvolver processos, transforma-a em um espaço de sabedoria e cultura, essencial na sociedade. Para isso, é necessário que ofereça um bom condicionamento ambiental, tanto para a preservação de seu acervo, quanto para a comunidade de usuários e colaboradores que dele fará uso, propiciando cuidados para o bem-estar.

Nesse sentido, é necessário planejar com muito esmero, todas as instalações do edifício, levando em consideração as necessidades humanas fisiológicas e psicológicas, assim como as características dos materiais do acervo em geral.

Dessa forma, a ergonomia ambiental busca propor um ambiente bem planejado, que apresente harmonia nas cores e contrastes e com mobiliário confortável. São condições que inspiram positividade, seja para as pessoas que permaneçam no local ou para aquelas que estejam apenas de passagem (PRADO, 1992).

Quanto à iluminação, um ambiente bem iluminado interfere diretamente nas condições de trabalho e conforto. Deve-se levar em consideração o equilíbrio das intensidades de luz, o posicionamento das luminárias, as cores das lâmpadas e o controle de reflexos e brilhos de superfícies.

A Norma Regulamentadora nº 17 – Ergonomia, ou simplesmente NR-17 estabelece parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, onde a iluminação destaca-se como um fator que merece atenção. Entre as exigências determinadas, enfatizam-se alguns aspectos (BRASIL, 2007):

- Em todos os locais de trabalho deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, geral ou suplementar, apropriada à natureza da atividade;
- A iluminação geral deve ser uniformemente distribuída e difusa;
- A iluminação geral ou suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos.

Tavares (2006) acredita que uma iluminação inadequada interfere nos níveis de desempenho do indivíduo, visto que afeta ritmo de trabalho. Um ambiente mal iluminado pode causar menor percepção de detalhes, aumentando a possibilidade de erros ao executar determinadas tarefas e, conseqüentemente, influenciando os índices de acidentes do trabalho.

Em ambientes com iluminação insuficiente, com sombras ou ofuscamentos, é exigido um esforço maior da visão do indivíduo, que pode causar sintomas como estresse psicológico, fadiga, problemas de postura, desequilíbrio emocional e até dores de cabeça.

Em contrapartida, um local com excesso de iluminação também é prejudicial à saúde dos olhos, pois pode provocar uma maior evaporação da película lacrimal e redução na lubrificação dos olhos, causando sintomas como lacrimejamento, irritação ocular e vermelhidão (REGIS FILHO; SELL, 2000).

Já um ambiente com iluminação adequada, proporciona diversos benefícios como o aumento da acuidade visual, melhora a velocidade da leitura e concentração, reduz a fadiga ocular e não causa sonolência.

Além disso, a iluminação natural também desempenha importante papel. Em ambientes como bibliotecas, a luz natural contribui para a conservação energética e beneficia a manutenção de uma luz variável que satisfaz a natureza psíquica do homem (SANTOS, 2012).

Dada a relevada importância da iluminação, ressalta-se que, conceitualmente, ela envolve diversos conceitos e grandezas relacionadas ao entendimento e comportamento da luz. Entre eles, destaca-se o nível de iluminância, o qual será tratado a diante.

1.1.OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar os níveis de iluminância no ambiente de leitura de uma biblioteca pública municipal.

1.2.JUSTIFICATIVA

A seleção de uma biblioteca pública municipal como ambiente para o estudo de caso, foi em razão da importância funcional deste espaço para o desenvolvimento acadêmico dos estudantes, por ser fonte de conhecimento aos munícipes da região, além de ser acessível ao público em geral.

Este ambiente de estudo, especificamente, foi escolhido por já ter sido frequentado pela autora há alguns anos. Mesmo após ter passado por diversas reformas, o sistema de iluminação desta biblioteca não aparenta ser confortável do ponto de vista de um usuário local.

Em ambientes como esse, os usuários podem permanecer por períodos prolongados, exercendo atividades que dependem diretamente da visão, como leitura, escrita e uso de computadores.

A análise das condições de iluminação permite que sejam identificados e corrigidos fatores que influenciam nos níveis de iluminância, como lâmpadas queimadas, janelas sujas, cortinas e luminárias inapropriadas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. BIBLIOTECAS PÚBLICAS

A biblioteca como espaço físico existe desde o desenvolvimento da escrita e do registro de conhecimentos ao longo de episódios da história. Consideradas como centros disseminadores de informação, as bibliotecas públicas são instituições designadas a toda comunidade, com igualdade de acesso, atendendo às necessidades informacionais dos usuários.

A biblioteca pública deve estar disponível a todas as pessoas que, por qualquer razão, queiram frequentá-la, independente da faixa etária, profissão ou condição social (ANTUNES; CAVALCANTE; ANTUNES, 2000).

Além de exercerem um papel significativo no campo do ensino, estas instituições desempenham uma importante função social ao estimularem a percepção dos cidadãos diante as possibilidades que se abrem a partir da leitura e ao uso da informação como instrumento de crescimento pessoal e de mudanças sociais. Assim como as bibliotecas escolares, as bibliotecas públicas também contribuem para a educação e por isso, devem estar preparadas para atender a todos os usuários reais e potenciais.

Segundo a Fundação Biblioteca Nacional (2000), a biblioteca pública deve proporcionar aos usuários um espaço de encontro com seus valores, cultura e tradições, onde possam buscar e assimilar informações. É um ambiente essencial para a inserção das pessoas na sociedade da informação.

O novo conceito de biblioteca pública deve ser implementado, promovendo amplamente as facilidades oferecidas pelas novas tecnologias da informação (registros eletrônicos, comunicação e transferência de arquivos) e disponibilizando esses modernos meios de comunicação e informação, através do treinamento e orientação dos usuários para o seu uso cotidiano. A biblioteca pública deve, ainda, atuar como centro de informação de cultura popular promovendo a melhor integração comunidade/biblioteca, visando à coleta, preservação e disseminação da documentação representativa dos valores culturais que expressam as raízes, jeito de ser e identidade de nosso povo (FUNDAÇÃO BIBLIOTECA NACIONAL, 2000)

Dessa forma, a importância da função que uma biblioteca exerce, implica no planejamento de uma boa infraestrutura, com instalações equipadas para a área de estudos e acervo, considerando fatores como dimensão, limpeza, iluminação, acústica, ventilação, segurança, conservação, conforto, horários de atendimento e espaços para estudos individuais e em grupo.

Segundo Neufert (2013), o *layout* de uma biblioteca deve ter pelo menos três subdivisões: área do usuário (área de estudo, consulta do acervo e convivência), das estantes (acervo em si) e da administração (Recursos Humanos, Processamento Técnico, Tecnologia da Informação, Administração). Assim, as questões relacionadas ao conforto ambiental devem ser analisadas de forma diferenciada para cada uma das zonas, em virtude das suas especificidades.

As atividades laborais e acadêmicas, em espaços de aprendizagem, costumam ser desenvolvidas durante períodos prolongados e exigem níveis de iluminação que favoreçam o conforto visual e a sensação de bem-estar.

A seguir são apresentados alguns conceitos e grandezas relacionados à iluminação.

2.2. TERMOS TÉCNICOS DE ILUMINAÇÃO

Para melhor compreensão deste trabalho, é necessário definir alguns conceitos relacionados à avaliação do iluminamento.

Campo de trabalho pode ser entendido como a região do espaço onde, para qualquer superfície aí situada, existem exigências das condições de iluminação que sejam adequadas à tarefa visual desempenhada.

Dessa forma, os pontos que realmente devem ser avaliados em um estudo de iluminação são aqueles onde são realizadas as tarefas visuais principais ou habituais.

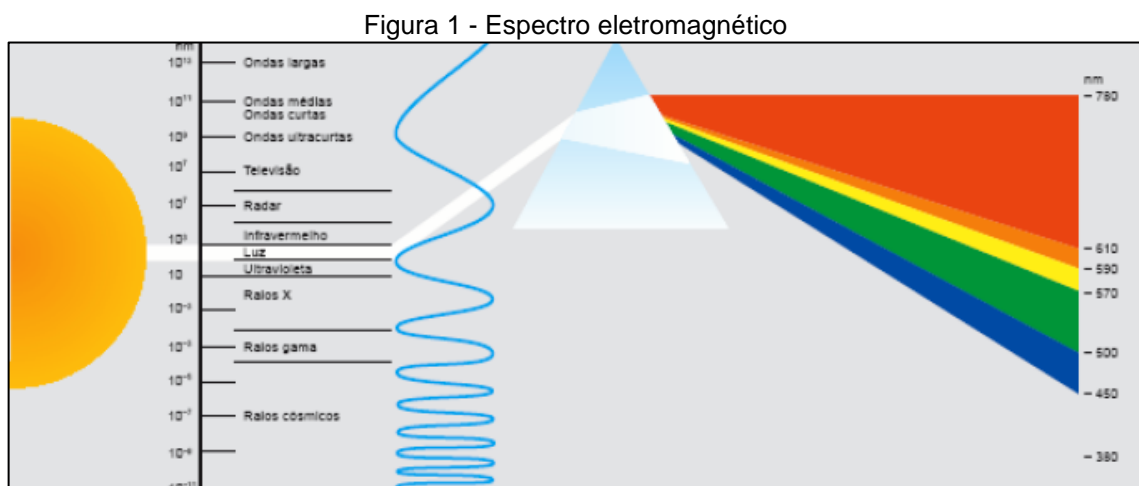
Vale mencionar outros termos importantes definidos e empregados na norma NHO 11 que são fundamentais para uma adequada avaliação de iluminação de locais de trabalho internos, como:

- Área da tarefa: área parcial em um local de trabalho no qual determinada tarefa visual é realizada, podendo estar contida em um plano horizontal, vertical ou inclinado.

- Área adjacente: área próxima à de trabalho, a partir da região definida como entorno imediato.
- Área de trabalho: corresponde à combinação das diversas áreas das tarefas realizadas em um mesmo ambiente, que pode envolver tarefas visuais diferentes, implicando ou não em diferentes níveis de iluminação.
- Ângulo de corte: medido a partir do plano horizontal, abaixo do qual a lâmpada, ou mais de uma lâmpada, é protegida pela luminária da visão direta do observador.
- Entorno imediato: uma zona de no mínimo 0,5m de largura ao redor da área da tarefa dentro do campo de visão.

2.2.1. Luz

A luz é definida como aquela parte do espectro eletromagnético, com comprimentos de onda compreendidos entre 380 e 780nm, sendo a faixa do espectro que o olho humano consegue perceber, e é uma necessidade básica para o ser humano, pois é capaz de afetar os comportamentos físicos, fisiológicos e psicológicos, estando em sintonia com o que é um ciclo natural de luz e escuridão (ROBBINS, 1986). A Figura 1 ilustra o espectro eletromagnético.



Fonte: Procel (2011)

Dependendo da fonte propulsora dessa energia, a luz pode ser classificada em luz natural e artificial. A Tabela 1 apresenta as duas categorias e as respectivas grandezas, que serão discutidas ao longo deste trabalho.

Tabela 1- Classificação da luz e grandezas fotométricas

Categoria	Conceito
Iluminação Natural	Iluminância
	Exitância luminosa
	Luminância
	Contraste
	Ofuscamento
Iluminação Artificial	Fluxo luminoso
	Intensidade luminosa
	Eficiência luminosa
	Índice de reprodução de cor
	Temperatura de cor correlata

Fonte: adaptado de Blanco (2007)

Ao contrário da luz solar (luz natural) que proporciona a noção de tempo, a luz elétrica (luz artificial) proporciona independência, pois oferece autonomia para realizações de tarefas a qualquer momento.

2.3. ILUMINAÇÃO NATURAL

A luz natural pode ser definida como a luz diurna proveniente do sol, proporcionada por aberturas nas paredes (iluminação lateral) ou no teto (iluminação zenital) de uma edificação. A quantidade de luz natural percebida no interior de um ambiente é alterada simultaneamente com a variação da luminosidade no céu.

A iluminação natural, ao proporcionar melhores condições de iluminação interna, oferece ambientes mais saudáveis e agradáveis para a permanência humana, além de reduzir o consumo de energia elétrica com os sistemas de iluminação artificial. Entretanto, é preciso garantir que a iluminação natural não cause ofuscamentos e desconfortos visuais aos ocupantes do recinto, por meio da disponibilização de cortinas ou persianas e posicionamento adequado das janelas.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a luz solar direta ilumina uma superfície com 60.000 a 100.000 lux, ou seja, esse valor é muito elevado para incidir sobre planos de trabalhos, por isso deve haver um controle dessa incidência.

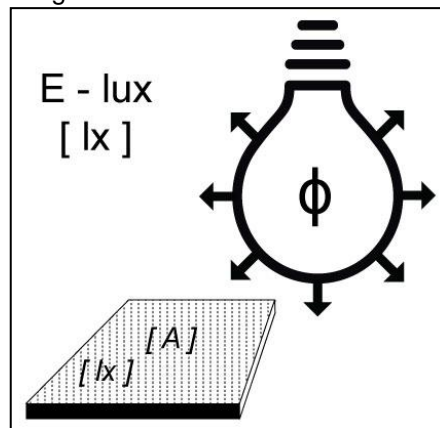
2.3.1. Iluminância

De acordo com Tregenza e Loe (2014), a iluminância pode ser entendida como a quantidade de luz, ou fluxo luminoso, que incide sobre a área de uma determinada superfície, é medida como o número de lúmens em uma unidade de área de superfície, como mostra a eq. (1). No Sistema Internacional, a unidade de medida é o lúmen por metro quadrado (lm/m²), também conhecido por Lux (lx).

$$lux = \frac{lumen}{m^2} \quad (1)$$

A Figura 2 ilustra um fluxo luminoso atingindo uma superfície, onde não há nada que distinga os raios luminosos quanto à origem ou direção. Observa-se que o fluxo total pode ser de mais de uma fonte, valendo o princípio da superposição (USP, 2017).

Figura 2 - Conceito de iluminância



Fonte: adaptado de Costa (2006)

A iluminância média de um recinto é determinada pela eq. (2):

$$E = \frac{\Delta\phi_l}{\Delta S} \quad (2)$$

Onde:

E = iluminância média na superfície [lx];

$\Delta\phi_l$ = fluxo luminoso total incidindo na superfície [lm];

ΔS = área da superfície [m²].

A iluminância média é uma grandeza de fácil medição, pois ela pode ser convertida para outras grandezas mais difíceis de serem medidas diretamente, como, por exemplo as intensidades luminosas. Além disso, muitas normas são especificadas em termos de níveis de iluminância, permitindo uma boa descrição da distribuição da luz, o que facilita os cálculos de projeto e permite fácil checagem no local.

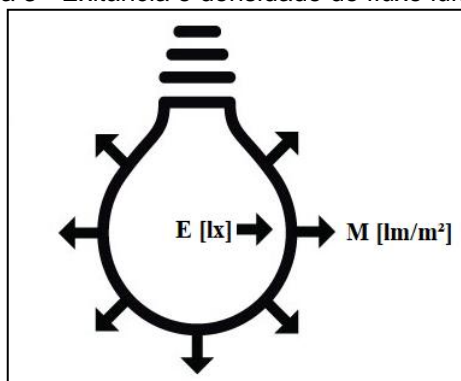
A medida da iluminância é feita por aparelhos chamados luxímetros que possuem células fotoelétricas, as quais contêm materiais sensíveis à luz e que transformam a energia luminosa incidente em energia elétrica. Quando o fluxo radiante incide na superfície da célula, é produzida uma corrente, porém a relação entre correntes produzidas por fluxos radiantes de diversos comprimentos de onda não é, infelizmente, a mesma que a relação das sensações subjetivas de brilho causadas no olho humano (USP, 2017).

2.3.2. Exitância luminosa

A exitância luminosa consiste na densidade de fluxo luminoso emitida por uma superfície, é muitas vezes confundida com a iluminância, por ser também uma densidade de fluxo. É empregada para avaliar a densidade de um fluxo luminoso de uma dada fonte e está ligada com a superfície emissora da fonte luminosa.

Pode-se observar na Figura 3 a representação da exitância e a densidade de fluxo luminoso que deixa uma determinada fonte. A radiação, em forma de luz ou não, apresenta vários comportamentos ao deparar-se com um obstáculo. O fluxo luminoso pode ser refletido, absorvido ou transmitido (COSTA, 2006).

Figura 3 - Exitância e densidade de fluxo luminoso

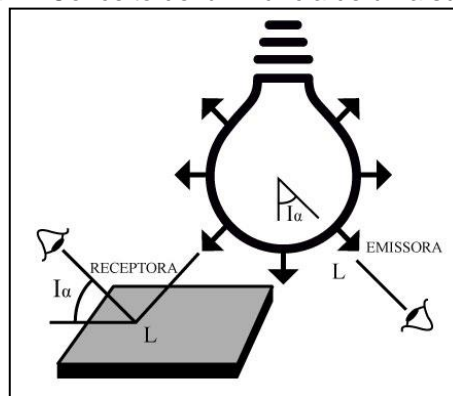


Fonte: adaptado de Costa (2006)

2.3.3. Luminância

De acordo com Grandjean (1998), a luminância é uma medida da claridade de superfícies, correspondendo à radiação luminosa de uma superfície. Em outras palavras, a luminância corresponde ao brilho que uma superfície emite ou reflete uma intensidade luminosa de uma candela por metro quadrado. Superfícies com luminâncias elevadas aparentam brilhar mais do que superfícies com baixas luminâncias. De acordo com Costa (2006), a luminância é uma excitação visual e o brilho é a resposta visual. Ainda, a luminância é quantitativa e o brilho sensitivo. Por isso, este conceito é importante em projetos de iluminação, já que é uma grandeza física que se correlaciona com a percepção subjetiva de "brilho". No sistema internacional de unidades a luminância é expressa em candelas por metro quadrado (cd/m^2) ou nit (nt). A Figura 4 ilustra este conceito.

Figura 4 - Conceito de luminância de uma superfície



Fonte: adaptado de Costa (2006)

A luminância média de uma superfície, apresentada na eq. (3), é definida como o quociente entre a intensidade luminosa e a área projetada da superfície de onde vem a luz. Observa-se que a definição de luminância independe se a superfície é emissora (exitância) ou receptora (iluminância), visto que ambos os casos são contemplados.

$$L = \frac{I_{\alpha}}{A_{proj}} = \frac{I_{\alpha}}{A \cdot \cos \alpha} \quad (3)$$

Onde:

L = luminância média [cd/m^2];

I_{α} = intensidade luminosa da superfície A na direção do observador [cd];

A = área da superfície [m²];

α = ângulo de direção da observação.

2.3.4. Contraste

O contraste é definido como a diferença relativa entre as luminâncias de um determinado objeto e seu entorno, é uma grandeza adimensional. Para obtenção dos valores de contraste, adota-se a eq. (4).

$$C = \frac{L_{Objeto} - L_{Fundo}}{L_{Fundo}} \quad (4)$$

Onde:

C = contraste;

L_{objeto} = luminância do objeto [cd/m²];

L_{fundo} = luminância de fundo [cd/m²];

De acordo com Blanco (2007) o contraste de cores resulta de diferentes níveis de luminâncias. Para Costa (2006), quando há baixos níveis de contraste, existe a necessidade do aumento da iluminação. Nessas situações, pode ser necessário um tempo maior para visualização. Cita-se um exemplo de situação onde existe baixo contraste, em casos com máquinas de costura, onde a linha e o tecido possuem praticamente a mesma cor. Por isso, a maioria desses equipamentos possui uma lâmpada para iluminar o campo de trabalho, diminuindo, desta forma, o desconforto visual.

2.3.5. Ofuscamento

O ofuscamento pode ser definido como a sensação visual causada por áreas brilhantes dentro do campo de visão. É ocasionado por luminâncias excessivas ou contrastes no campo de visão, podendo prejudicar a visualização dos objetos, causar perda de concentração, erros mais frequentes, fadiga visual e até mesmo acidentes (USP, 2017).

Segundo Grandjean (1998), o ofuscamento é entendido como uma grande perturbação do poder de adaptação, devido a uma superexposição de luz da retina.

O ofuscamento pode ser classificado como direto ou refletido. O ofuscamento direto é causado por objetos auto luminosos situados no campo visual e pode ser qualificado como desconfortável ou inabilitador, podendo ser evitado através da proteção contra visão direta das lâmpadas ou por um escurecimento nas janelas por anteparos, como brises e persianas. O ofuscamento desconfortável é, geralmente, oriundo diretamente de luminárias brilhantes ou janelas no interior de locais de trabalho. O ofuscamento inabilitador, por sua vez, é mais comum na iluminação externa, mas também pode decorrer de iluminação pontual ou fontes brilhantes intensas, como por exemplo, uma janela em um espaço relativamente pouco iluminado.

Já o ofuscamento refletido é aquele causado por reflexões em superfícies especulares, também sendo conhecido como reflexão veladora. Isto é, reflexões especulares que aparecem sobre o objeto observado e que o mascaram total ou parcialmente pela diminuição do contraste. Pode ser evitado ou reduzido utilizando-se acabamento superficial com materiais pouco reflexivos; com adequação do posicionamento das luminárias; limitando a luminância das luminárias e ampliando a área luminosa; evitando pontos brilhantes no teto e nas paredes (USP, 2017).

A Figura 5 ilustra os conceitos de ofuscamento direto e por reflexão.



Blanco (2007) cita dois fatores que causam o ofuscamento:

- Contraste: quando a proporção das luminâncias do campo visual é maior que 10:1;

- Saturação: quando os níveis de luminância média excedem 25.000 cd/m², a partir dos quais a retina pode ser danificada.

2.4. ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Iluminação artificial é entendida como a iluminação que provém de uma fonte de energia que não o sol, normalmente proveniente de lâmpada elétrica. Segundo Spinelli, Breviglieri e Possebon (2006), a iluminação artificial pode ser classificada como geral e suplementar. A iluminação geral proporciona o aclaramento de todo um ambiente, geralmente colocada no teto. A iluminação suplementar serve para se reforçar o aclaramento de determinada superfície ou tarefa.

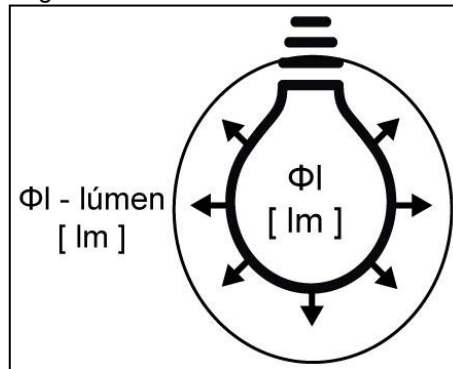
Pereira e Mueller (2007) acreditam que a iluminação natural não é suficiente para iluminar de maneira eficiente os ambientes, para isso é necessário à complementação com a iluminação artificial. Um bom projeto de iluminação considera a luz artificial como um sistema complementar à luz natural.

Segundo Rodrigues (2002), a iluminação artificial não é tão simples de ser aplicada, pois alguns aspectos relevantes como a quantidade de luz, uniformidade de iluminação e o ofuscamento devem ser levados em conta. A eficiência destes sistemas está associada às características técnicas, à eficiência e ao rendimento de elementos como lâmpadas, luminárias, cores das superfícies internas e mobiliários.

2.4.1. Fluxo luminoso

O fluxo luminoso é definido como a potência transportada medida conforme a sensação visual que pode produzir. Costa (2006) define 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. A Figura 6 ilustra este conceito.

Figura 6 - Conceito de fluxo luminoso



Fonte: adaptado de Costa (2006)

A unidade no Sistema Internacional é o lúmen (lm), que representa a energia na unidade de tempo tanto quanto outras unidades como o watt, o cavalo-vapor, a caloria por segundo etc. Definido o lúmen e utilizando-se considerações geométricas é possível se definir as demais unidades que quantificam a distribuição da luz no espaço e sobre objetos.

Se o olho fosse igualmente sensível a todo o espectro eletromagnético, então o fluxo luminoso seria igual ao fluxo radiante e ambos seriam medidos em watts. Mas o olho só é sensível a uma pequena faixa de radiações (entre 380 e 780 nm), e mesmo dentro desta faixa a sensibilidade varia como indicado pela curva espectral de eficiência luminosa. No pico da curva espectral (luz verde com $\lambda = 555$ nm) obtém-se que 1 watt de fluxo radiante monocromático corresponde a 685 lúmens de fluxo luminoso. Para fluxos radiantes monocromáticos de outras cores (portanto não mais no pico da curva espectral), 1 watt de fluxo radiante corresponde a menos que 685 lúmens de fluxo luminoso (USP, 2017).

Matematicamente, o fluxo luminoso é calculado por meio da eq. (5), onde os limites inferior e superior correspondem à limitação da visão do olho humano (380 nm – 780 nm).

$$\Phi_v = K_m \int_{380}^{780} \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda \quad (5)$$

Onde:

$\frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda}$ = distribuição espectral do fluxo radiante [W];

$V(\lambda)$ = eficácia luminosa espectral;

K_m = valor do watt-luminoso = 683 lm/W;

ϕ : fluxo luminoso [lm].

2.4.2. Intensidade luminosa

A intensidade luminosa é definida como a quantidade de fluxo luminoso que uma fonte pontual irradia por unidade de ângulo sólido na direção considerada. É uma grandeza utilizada para se descrever como o fluxo luminoso, emitido por uma fonte pontual, se distribui no espaço que a rodeia (USP, 2017).

Matematicamente a intensidade luminosa de uma fonte pontual é dada pela eq. (8):

$$I = \frac{d\Phi_l}{d\Omega} \quad (8)$$

Onde:

$d\phi$ = fluxo luminoso, em lumens [lm];

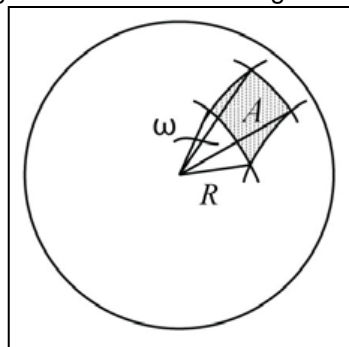
$d\Omega$ = ângulo sólido [sr];

I = intensidade luminosa na direção do ângulo sólido considerado [cd].

2.4.3. Ângulo sólido

Ângulo sólido está relacionado à tridimensionalidade de uma esfera de raio R e uma área A qualquer em sua superfície, como ilustra a Figura 7. É o ângulo cuja área na superfície da esfera é igual ao raio ao quadrado. Como a superfície da esfera é de 4π vezes o raio ao quadrado, o espaço todo ao redor do centro contém um ângulo sólido de 4π esterorradianos.

Figura 7 - Conceito de ângulo sólido



Fonte: adaptado de Costa (2006)

A eq. (9) expressa o cálculo do ângulo sólido, em esterradianos:

$$\omega = \frac{A}{R^2} \quad (9)$$

Onde:

ω = ângulo sólido [sr];

A = área da superfície da esfera [m²];

R = raio da esfera [m].

2.4.4. Índice de reprodução de cor

Costa (2006) descreve que o índice de reprodução de cor consiste no valor percentual médio relativo à sensação de reprodução de cor. Termo também conhecido como IRC, no Brasil, e CRI, internacionalmente.

O IRC resulta de uma tentativa de mensuração da cor avaliada pelo cérebro e essa percepção varia de acordo com o indivíduo e as experiências vivenciadas. O IRC é inversamente proporcional ao valor do desvio, ou seja, para valores elevados do índice tem-se valores pequenos de desvio. A Tabela 2 apresenta a relação de IRC e a percepção da iluminação.

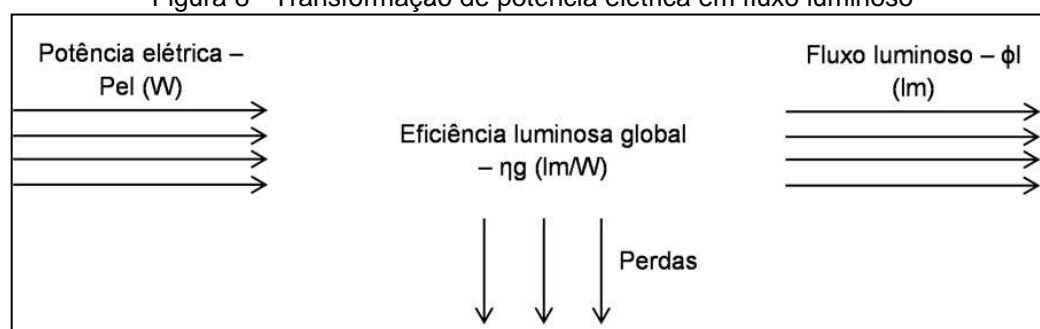
Tabela 2 - Índice de reprodução de cor (IRC)	
Intervalo do desvio	Descrição
50-80	Reprodução de cor razoável
80-90	Reprodução de cor boa
90-100	Reprodução de cor muito boa

Fonte: Blanco (2007)

2.4.5. Eficiência luminosa

Eficiência luminosa global (η_g) 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 8 ilustra a transformação de potência elétrica em fluxo luminoso, envolvendo a eficiência luminosa global.

Figura 8 - Transformação de potência elétrica em fluxo luminoso



Fonte: USP (2014)

2.4.6. Temperatura de cor correlata

A temperatura de cor correlata (TCC) está relacionada com a temperatura física, expressa em Kelvin, de um filamento de uma lâmpada incandescente. Considerando as lâmpadas que não possuem filamento, considera-se a temperatura da cor, para expressar que luz se comporta como se estivesse funcionando a uma determinada temperatura de cor.

A “aparência da cor” de uma lâmpada refere-se à cor aparente (cromaticidade da lâmpada) da luz que ela emite. As lâmpadas normalmente são divididas em três grupos, de acordo com suas temperaturas de cor correlata (ABNT 2013).

Tabela 3 - Descrição de cor e temperatura de cor correlata

Aparência da cor	Temperatura de cor correlata (K)
Quente	Abaixo de 3.300
Intermediária	De 3.300 a 5.300
Fria	Acima de 5.300

Fonte: adaptada de ABNT (2013)

2.4.7. Normas relacionadas

Para a realização de qualquer tipo de avaliação de risco é extremamente importante ter como embasamento, critérios e princípios a serem seguidos. Com o intuito de minimizar o descaso com as condições de trabalho e melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) criou em 08 de Junho de 1978, através da Portaria Nº 3.214 (BRASIL, 1978), a Norma Regulamentadora nº 17 (BRASIL, 2007), que estabelece parâmetros para a adequação dos postos às características psicofísicas dos trabalhadores.

Dentre vários fatores que, necessariamente, devem ser levados em consideração para garantir que o trabalhador terá conforto e segurança para desempenhar satisfatoriamente suas funções está a medição do nível de iluminamento no posto de trabalho ou local onde esse posto está inserido.

Assim, por meio da redação trazida pela Portaria nº 3.751 (BRASIL, 1990) em seu item 17.5.3.3, o MTE determinou que os níveis mínimos de iluminamento a serem observados nos locais de trabalho seriam aqueles valores de iluminâncias estabelecidos na NBR 5413 (ABNT, 1992).

Então, para determinação da adequação da iluminação nos ambientes e postos de trabalho, utilizou-se por anos, as normas Brasileiras NBR 5413 (ABNT, 1992), que determina os níveis mínimos de iluminamento para cada atividade/ambiente laboral, e a norma NBR 5382:1985, que estabelece os procedimentos para verificação da iluminância.

Entretanto, em 21 de março de 2013, a ABNT publicou a norma NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), que veio para cancelar e substituir as NBR 5413 (ABNT, 1992) e NBR 5382 (ABNT, 1985). Desde então, junto com essa nova norma, surgiu também uma série de conflitos entre os conceitos técnicos que seriam aplicados para uma correta interpretação dos resultados de exposição.

Ao contrário da antecessora, essa nova norma era muito mais complexa, trazendo novos requisitos de qualidade para sistemas de iluminação, tais como o índice de ofuscamento unificado e o índice de reprodução de cor, além de manter o nível de iluminamento padrão.

De acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), a aferição desses novos índices não seria feita *in loco* e iria demandar a análise das especificações dos equipamentos utilizados no ambiente e das referências dos fabricantes, além do uso de equipamentos de medição (*chroma meters*), que não são usuais no mercado.

Com isso, ficou evidente que a nova norma era destinada a novos projetos de iluminação, não deixando claro como ela poderia atender os mesmos requisitos da NBR 5413 (ABNT, 1992) para avaliação de iluminamento de ambientes internos levando em consideração a faixa de lux quantificada nos locais de trabalho.

Esse impasse só foi resolvido quando, em 22 de outubro de 2014, o Ministério do Trabalho e Emprego manifestou-se através da Nota Técnica 224 (BRASIL, 2014) esclarecendo que, diante das dificuldades de aplicação da nova norma, deveria-se,

então, manter o atendimento ao disposto na antiga norma NBR 5413 (ABNT, 1992), utilizando-se a NBR 5382 (ABNT, 1985) como referência para a avaliação.

Em paralelo a isso, o MTE solicitou à Fundacentro a elaboração de uma Norma de Higiene Ocupacional – NHO sobre o tema, de modo que, ao ser publicada esta passaria a ser a referência para a iluminação nos ambientes de trabalho.

Diante desta demanda, a Fundacentro publicou em 22 de outubro de 2018, a NHO 11 (FUNDACENTRO, 2018) que traz especificações e níveis de iluminamento para diversos ramos de atividade que vão desde áreas de edificação até locais para celebração de cultos religiosos, bem como auxilia os usuários na análise preliminar dos ambientes de trabalho e verificação de inconsistências no sistema de iluminação, por meio de um exemplo prático de aplicação da norma (RINALDI, 2018b).

Assim, o MTE, com data de 24 de outubro de 2018, divulgou a Portaria nº876 (BRASIL, 2018), que altera a redação do item 17.5.3.3 da Norma Regulamentadora 17 (NR-17) Ergonomia. O texto atual passou a vigorar da seguinte forma: “Os métodos de medição e os níveis mínimos de iluminamento a serem observados nos locais de trabalho são os estabelecidos NHO 11 da Fundacentro – Avaliação dos Níveis de Iluminamento em Ambientes de Trabalho Internos”. Além desta alteração na NR17 (BRASIL, 2007), a Portaria revogou os itens 17.5.3.4 e 17.5.3.

Desde então, com a nova redação da NR-17 (BRASIL, 2007), os métodos de medição e os níveis mínimos de iluminamento a serem observados nos locais de trabalho são os estabelecidos na NHO 11 da Fundacentro (RINALDI, 2018a).

Acredita-se que a presente norma possa efetivamente contribuir como ferramenta de identificação e melhoria dos aspectos qualitativos e quantitativos relacionados à iluminação interna dos ambientes de trabalho.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Inicialmente, realizou-se um levantamento bibliográfico através da *internet*, tanto em *sites* governamentais como Fundacentro e Ministério do Trabalho, como também foram utilizadas publicações de profissionais da área de higiene ocupacional e de segurança do trabalho. Para a coleta de dados, foram estudadas as recomendações metodológicas e valores referenciais contidos nas seguintes normas:

- ABNT NBR 5382 - Verificação de iluminância de interiores;
- ABNT NBR 5413 - Iluminância de interiores;
- ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 - Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: interior;
- NR-17 Ergonomia;
- Norma de Higiene Ocupacional nº11 (NHO 11) - Avaliação dos níveis de iluminamento em ambientes internos de trabalho.

Diante da publicação da Portaria MTE nº 876 MTE, no dia 25 de outubro de 2018, optou-se por seguir os critérios de avaliação e procedimentos recomendados pela NHO 11. Como mencionado anteriormente, essa Portaria altera a redação do item 17.5.3.3 da Norma Regulamentadora nº 17 – Ergonomia, que agora determina que os métodos de medição e os níveis mínimos de iluminamento são os estabelecidos na NHO 11 da Fundacentro – Avaliação dos Níveis de Iluminamento em Ambientes de Trabalho Internos.

Para maior compreensão do local estudado, foram realizados alguns levantamentos documentais com as bibliotecárias e uma reunião com o secretário de cultura no município onde a biblioteca está localizada.

No decorrer das medições *in loco*, alguns usuários e funcionários foram abordados e questionados, oralmente e de forma livre, sobre a sensação de conforto em relação à iluminação do ambiente.

Destaca-se que, apesar do estudo da iluminação envolver diversas grandezas, neste trabalho optou-se por realizar a medição e análise dos níveis de iluminância devido à disponibilidade do equipamento necessário, à facilidade em efetuar as

medições durante o período de funcionamento sem causar contratempos aos funcionários e usuários do espaço e, também, pelos resultados permitirem realizar um diagnóstico da iluminação.

A princípio, a finalidade deste trabalho seria realizar uma análise comparativa dos níveis de iluminância estudando separadamente a luz natural, a combinação da luz natural e artificial, e somente a luz artificial. Porém, durante visita ao local, verificou-se que não seria possível a análise apenas da luz artificial, já que não há controle da iluminação natural proporcionada pelas janelas laterais, que não possuem nenhum tipo de bloqueio como cortinas ou persianas. Assim, o estudo de caso irá compreender a iluminação geral, utilizando como fonte a combinação de luz artificial e luz natural.

3.2. EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO

As medições de iluminância foram realizadas com o luxímetro digital modelo TM-201, da Tenmars, cuja unidade de medição é em Lux (lúmen/m) (Figura 9). A Tabela 4 apresenta os dados técnicos do aparelho utilizado, cujo certificado de calibração é apresentado no ANEXO A.

Figura 9 - Luxímetro TM-201 Tenmars



Fonte: Tenmars (2018)

Tabela 4 - Dados técnicos do luxímetro TM-201, Tenmars

Parâmetro	Descrição
Marca	Tenmars
Modelo	TM-201
Display	LCD 3 ½ dígitos com leitura máxima de 2000
Tipo de sensor	Fotodiodo de silício com filtro

Faixa de medição	200, 2000, 20000, 200000 Lux 20, 200, 2000, 20000 FC
Precisão	+/- 3% (Calibrado para lâmpada incandescente padrão 2856°) +/- 8 % (outra fonte de luz visível TM-201) +/- 6% (outra fonte de luz visível TM-202)
Dimensões	38 (P) x 55 (L) x 130 (A) mm
Peso	250 g (incluindo bateria)

Fonte: adaptado de Tenmars (2018)

3.3. CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE DE ESTUDO

A biblioteca pública municipal está localizada em uma praça central de um município situado no Estado de São Paulo, conta com mais de 1 mil usuários ativos, e tem em seu acervo mais de 50 mil obras didáticas e de ficção. Foi construída em 1970 e já passou por algumas reformas, sendo a mais recente em 2012. O horário de funcionamento é de segunda a sexta-feira das 8h às 17h.

Essa biblioteca possui seis funcionários e cinco computadores, sendo dois disponíveis para uso público. De acordo com levantamento documental, no mês de outubro de 2018, foram 945 visitantes, destes 47,2% são estudantes do Ensino Médio e a faixa etária predominante está entre 18 e 59 anos, ocupando 58,6% do total de usuários.

No *hall* de entrada há um balcão de recepção, onde os visitantes são cadastrados, e um armário guarda-volumes. Aos fundos existe uma copa e banheiros feminino e masculino, os quais não foram acessados. O espaço da biblioteca está dividido em duas áreas. A primeira área engloba o espaço com os acervos de livros, enciclopédias, jornais e revistas, acessíveis apenas para funcionários e pessoas autorizadas. A segunda área corresponde à sala de leitura, onde são encontrados os seguintes elementos estruturais:

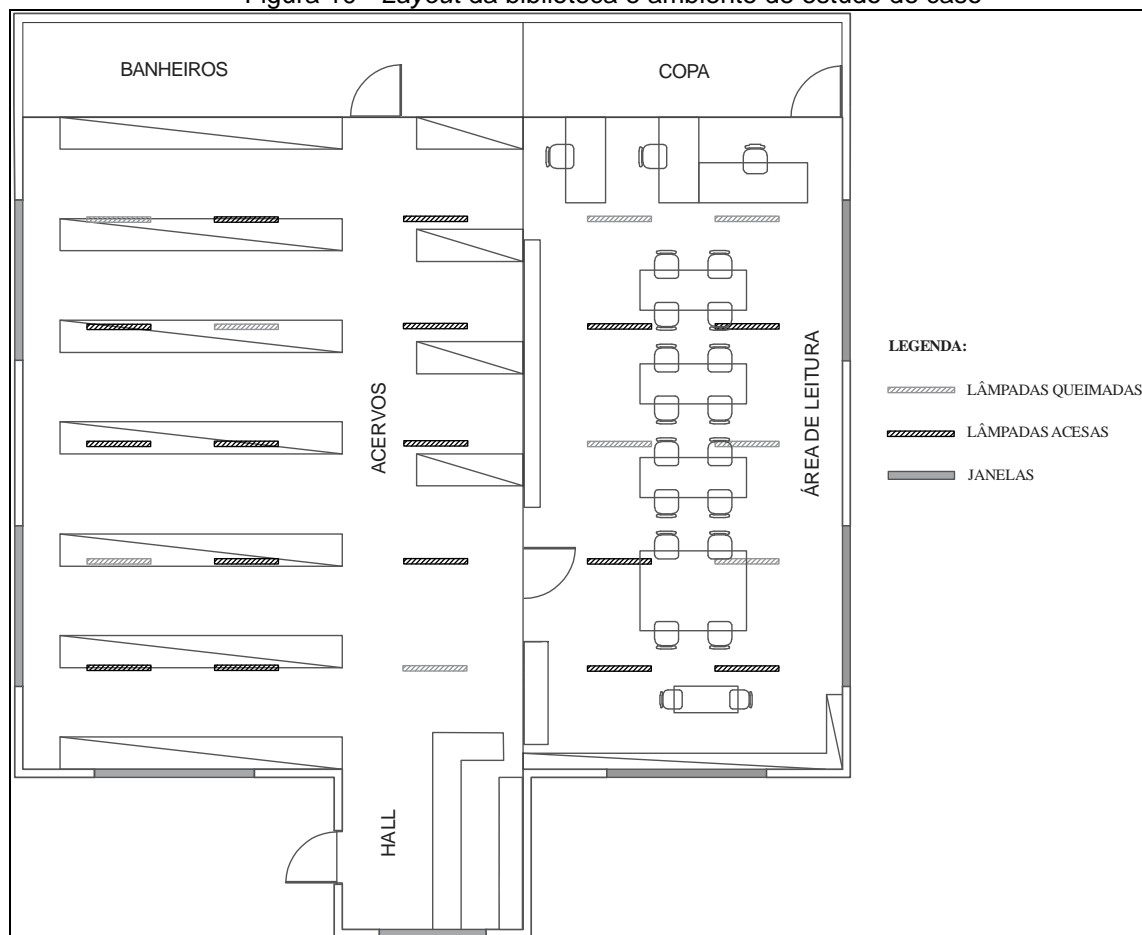
- Balcão com computador para consultas bibliográficas;
- Prateleira de revistas;
- Mesa 1: mesa com computador de uso restrito aos funcionários;
- Mesa 2: mesa com computador para estudo individual;
- Mesa 3: mesa sem computador para estudo individual;
- Mesas 4 ,5,6 e 7 para estudos em grupo;

- Mesa 8: mesa infantil com duas cadeiras;
- Estante de livros infantis e quadrinhos.

Vale ressaltar que a altura das mesas 1 a 7 equivale a 0,75m, enquanto a mesa 8, possui 0,50m de altura.

A análise dos níveis de iluminância foi realizada apenas na área de estudos, onde há maior permanência de usuários, os quais necessitam de conforto luminoso para realizar suas tarefas e estudos. A Figura 10 ilustra um *layout* representativo da biblioteca estudada.

Figura 10 - *Layout* da biblioteca e ambiente de estudo de caso



Fonte: arquivo pessoal

Observa-se que, na sala de leitura, há três janelas com dimensões 3m(L)x2m(A), todas sem disponibilidade de cortinas ou persianas, que permitem a entrada de iluminação natural no ambiente. Na Figura 11 é possível notar a influência da iluminação externa.

A área possui dez luminárias distribuídas com espaçamento uniforme entre si. As luminárias são tubulares de sobrepor, cada qual com duas lâmpadas fluorescentes luz do dia. É importante ressaltar que, na ocasião das medições de iluminância, algumas luminárias encontravam-se com as lâmpadas queimadas, o que pode ser visto na Figura 12.

Figura 11 - Detalhes da biblioteca: (a) janela sem cortina; (b) iluminação natural das janelas



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 12 - Luminárias com lâmpadas queimadas



Fonte: Arquivo pessoal

3.4.DETERMINAÇÃO DA ILUMINÂNCIA MÉDIA

Para a coleta de dados seguiram-se as recomendações metodológicas contidas no Anexo 1 da norma NHO 11, que estabelece procedimentos para a verificação da iluminância de interiores de áreas retangulares, por meio da iluminância média sobre um plano horizontal, proveniente da iluminação geral. Assim, a região de pontos de medição de iluminância horizontal foi determinada de acordo com a distribuição das luminárias, de modo que a superfície da fotocélula ficasse posicionada em um plano horizontal, a uma distância de 0,75 m do piso (FUNDACENTRO, 2018).

Os locais de cada medição de iluminância foram determinados de acordo com os pontos definidos na malha de cálculo adotada. Alguns cuidados foram tomados para que as medições fossem fielmente transcritas:

- Durante a medição, o processo de leitura do luxímetro foi realizado de forma a não causar sombras e reflexões sobre a fotocélula;
- Todas as medições foram realizadas em dia nublado, de modo que a interferência da luz externa fosse mínima possível;
- Para garantir o fluxo luminoso pleno das lâmpadas fluorescentes que estavam funcionando e certificar-se das lâmpadas queimadas, as medições iniciaram-se cerca de 30 minutos após as luminárias terem sido acesas.

O processo de medição foi executado no dia 08 de novembro de 2018, no período de funcionamento da biblioteca, em três horários diferentes: 08h30min, 12h, 16h30min. Nesse intervalo de tempo, circularam em média, 16 pessoas pelo ambiente, entre usuários e funcionários.

A Figura 13 apresenta a vista externa da biblioteca e as condições meteorológicas no dia das medições. A manhã estava nublada, com céu encoberto por nuvens e durante a tarde ocorreram pancadas de chuva.

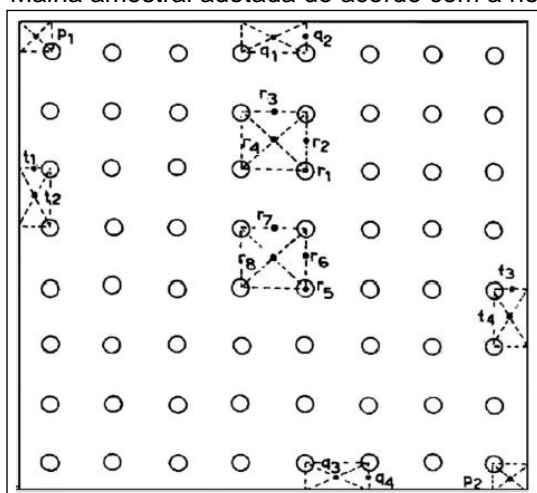
Figura 13 - Vista externa da biblioteca



Fonte: Arquivo pessoal

Analisando-se os modelos para determinação da iluminância média apresentados no Anexo 1 da NHO 11, escolheu-se a malha que melhor se enquadra para a configuração do ambiente de leitura. Embora a norma traga o modelo para fontes extensas, ambiente de trabalho de área retangular com duas ou mais linhas contínuas de luminárias, optou-se por utilizar a configuração do item 1 – ambiente de trabalho de área retangular, iluminado com fontes de iluminação com padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileira (Figura 14).

Figura 14 - Malha amostral adotada de acordo com a norma NHO11

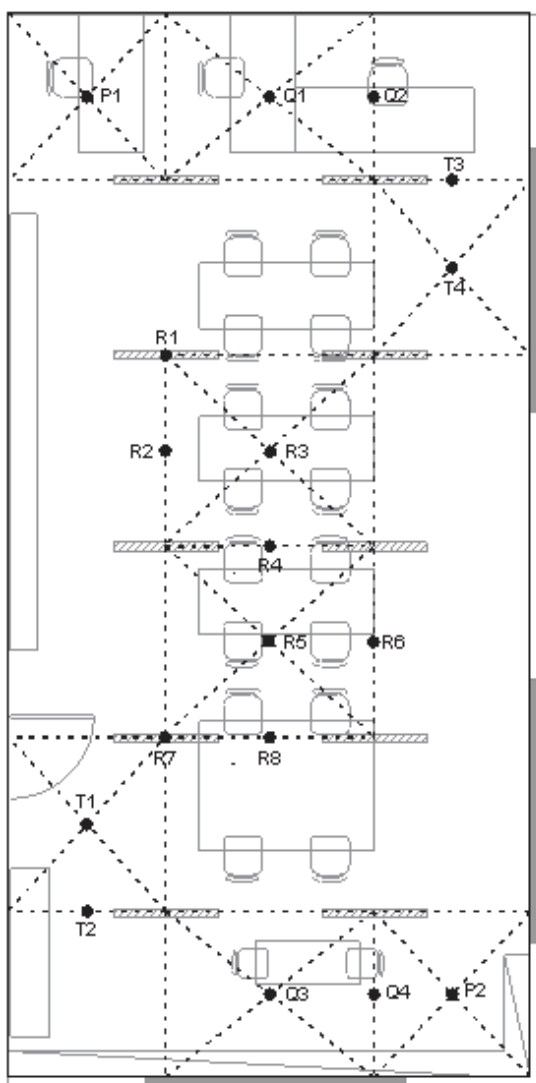


Fonte: Fundacentro (2018)

Porém, como neste estudo a quantidade de luminárias é inferior ao do modelo utilizado, foi realizada uma adaptação em que os pontos de medição ficaram mais próximos um do outro, Figura 15.

Dessa forma, a iluminância média foi calculada baseando-se nas medições realizadas em cada ponto e a partir disso, buscou-se verificar se a iluminação disponível se encontra dentro dos limites definidos pela norma.

Figura 15 - Malha amostral com pontos de medição adaptados



Fonte: Arquivo pessoal

Para garantir que todas as medições, nos diferentes horários, fossem medidas exatamente nos mesmos lugares, demarcou-se previamente os pontos no chão. Para isso, utilizou-se uma trena de fibra de vidro de 100 metros de comprimento e fita adesiva marrom. A Figura 16 apresenta a demarcação de um ponto de medição.

Figura 16 - Exemplo de demarcação do ponto de medição



Fonte: Arquivo pessoal

A fim de evitar sombras e reflexões e, ao mesmo tempo, garantir a mesma altura de medição para todos os pontos, adotou-se o uso de um tripé de câmera fotográfica como suporte para o luxímetro. O sensor do equipamento foi fixado no plano horizontal com fita adesiva na parte superior e o corpo, fixado verticalmente em uma das pernas para facilitar a visualização da leitura. Como o tripé possui regulagem de altura, foi ajustado a 0,75 metros do piso. O esquema montado pode ser observado na Figura 17.

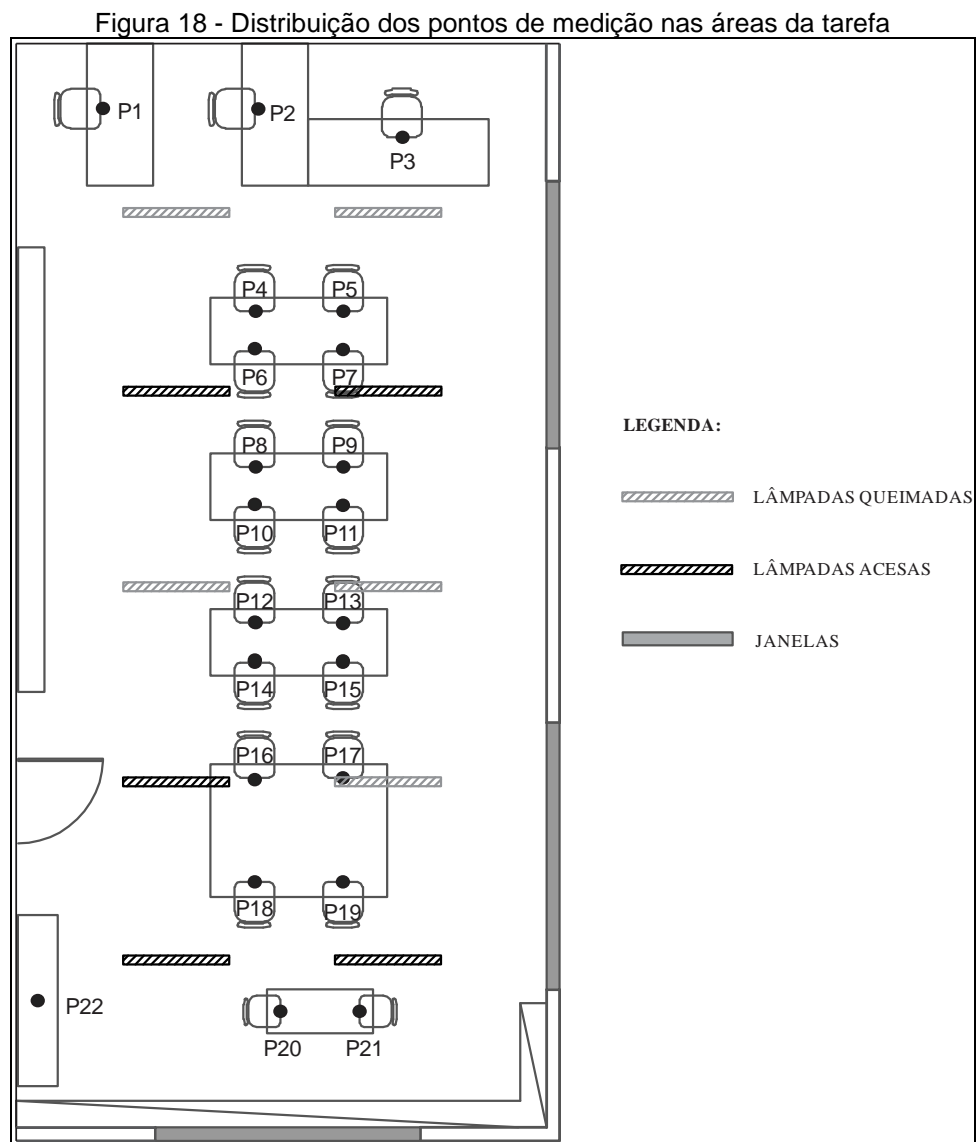
Figura 17 - Uso de tripé para apoio do luxímetro



Fonte: Arquivo pessoal

3.5. VERIFICAÇÃO DA ILUMINÂNCIA NA ÁREA DA TAREFA

Para a verificação da iluminância nas áreas da tarefa, foram realizadas medições em 22 pontos distintos, sendo cada ponto localizado em frente a uma cadeira, local correspondente à área da tarefa, onde, na maioria das vezes, se faz o uso de computador, leitura e escrita. O outro ponto foi medido no balcão de consulta bibliográfica (P22), onde também é usado computador. Todas as medições foram executadas nos horários correspondentes às medições da iluminância média, ou seja, às 8h30min, 12h e 16h30min. (Figura 18).



Fonte: Arquivo pessoal

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Determinação da iluminância média

A Tabela 5 apresenta os valores de iluminância obtidos em cada ponto, considerando a malha amostral da Figura 15, distribuídos nos três horários do dia. Para cada região de pontos (p, t, q e r) foi calculada a média aritmética.

Tabela 5 - Resultados obtidos nos pontos indicados na Figura 19

Pontos	Horário de Medição					
	8h30min		12h		16h30min	
	Resultado (lux)	Média (lux)	Resultado (lux)	Média (lux)	Resultado (lux)	Média (lux)
p1	125	167,5	196	221,5	122	168,5
p2	210		247		215	
q1	298	921	481	1168,7	303	1046,5
q2	366		404		380	
q3	2300		2320		2313	
q4	720		1470		1190	
t1	112	265,5	226	364,2	181	305
t2	168		306		213	
t3	141		275		188	
t4	641		650		638	
r1	195	252,6	223	340,5	198	299,7
r2	230		310		292	
r3	222		312		299	
r4	219		265		245	
r5	290		386		362	
r6	191		244		223	
r7	271		430		325	
r8	403		554		454	

Fonte: Arquivo pessoal

De acordo com o modelo de malhas selecionado no Anexo 1 da norma NHO11, o cálculo da iluminância média se dá pela eq. (10):

$$\text{Iluminância média} = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{NM} \quad (10)$$

Onde:

N = quantidade de luminárias por fila;

M = número de fila;

R = média aritmética dos pontos r1 a r8;

Q = média aritmética dos pontos q1 a q4;

T = média aritmética dos pontos t1 a t4;

P = média aritmética dos pontos p1 a p4.

Assim, a partir dos resultados obtidos na Tabela 5, aplicando-se a eq. **(10)**, foi possível calcular o valor de iluminância média para cada horário medido. A Tabela 6 apresenta os valores obtidos para a iluminância média.

Tabela 6 - Iluminância média nos diferentes turnos	
Horário de Medição	Iluminância Média (lux)
8h30min	512,7
12h	662,3
16h30min	585,8

Fonte: Arquivo pessoal

4.1.2. Verificação da iluminância na área da tarefa

As medições dos pontos nas áreas das tarefas foram executadas nos mesmo horários que as medições da malha amostral, ambas realizadas no dia 08 de novembro de 2018, cujos resultados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Iluminância obtida nas áreas das tarefas			
Pontos	Horário de Medição		
	8h30min	12h	16h30min
	Resultado (lux)	Resultado (lux)	Resultado (lux)
P1	132	144	118
P2	276	301	250
P3	395	481	362
P4	606	632	587
P5	627	788	568
P6	180	214	146
P7	613	676	641

P8	234	288	203
P9	284	312	270
P10	218	238	223
P11	221	246	206
P12	190	203	188
P13	210	202	188
P14	320	314	299
P15	198	215	191
P16	414	439	424
P17	463	531	470
P18	512	577	546
P19	590	746	547
P20	2008	2318	1900
P21	697	865	581
P22	144	176	126

Fonte: Arquivo pessoal

4.2. DISCUSSÕES

A análise dos níveis de iluminância neste ambiente de estudo também foi baseada nos critérios de avaliação contidos na norma NHO 11.

Para a atividade e o ambiente considerados, foi considerado biblioteca – área de leitura, onde o valor recomendado é de 500 lux e o índice de reprodução de cor é 80. A Tabela 8 apresenta os valores recomendados para cada área da tarefa em uma biblioteca.

Tabela 8 - Níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	E (lux)	IRC/Ra*
Estante	200	80
Área de leitura	500	80
Bibliotecárias	500	80

Fonte: adaptado de Fundacentro (2018)

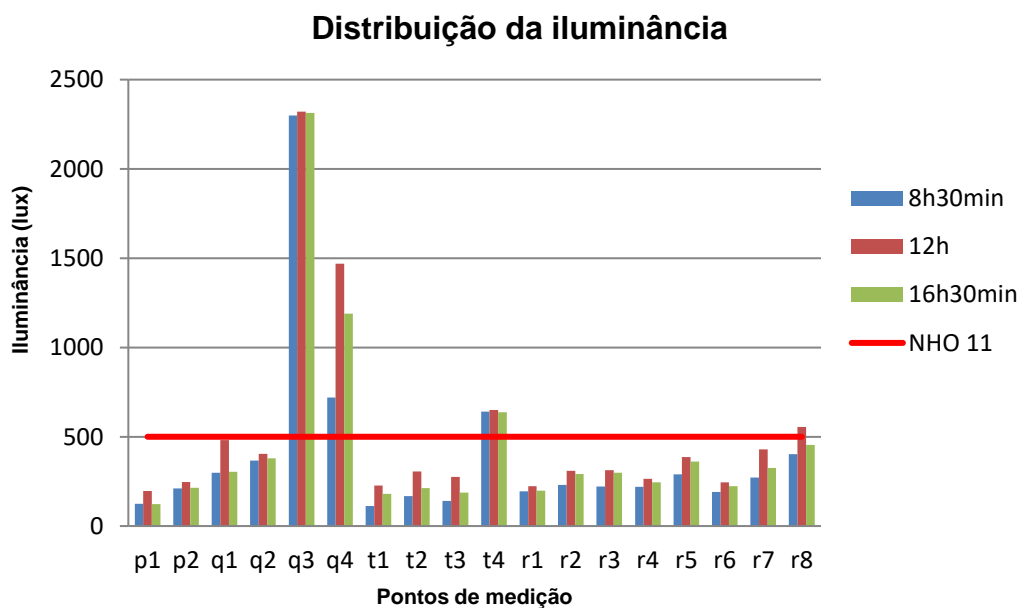
4.2.1. Determinação da iluminância média

Analisando-se a média das iluminâncias para as medições realizadas para cada horário, observou-se que às 8h30min, o valor de 512,7 lux corresponde a 2,54% acima do valor recomendado, de 500 lux. No período das 12h, a iluminância média foi

662,3 lux, ou seja, 32,5% acima do referencial. Para a medição feita no último horário, às 16h30min, verificou-se o valor 585,8 lux, o que significa que a iluminância média está, aproximadamente, 17,1% acima do valor limiar.

Entretanto, é importante observar que as iluminâncias médias ficaram acima do limiar, 500 lux, devido aos altos índices provenientes dos pontos próximos às aberturas laterais. Ou seja, a maior contribuição para que a iluminância média estivesse dentro do valor de referência se dá pelo fato das janelas não possuírem bloqueios para a luz, sendo a iluminação natural predominante no ambiente. O Gráfico 1 apresenta essa distribuição de iluminância nos diferentes pontos, onde nota-se que os maiores valores aferidos são referentes às medições realizadas às 12h, horário em que há maior incidência solar.

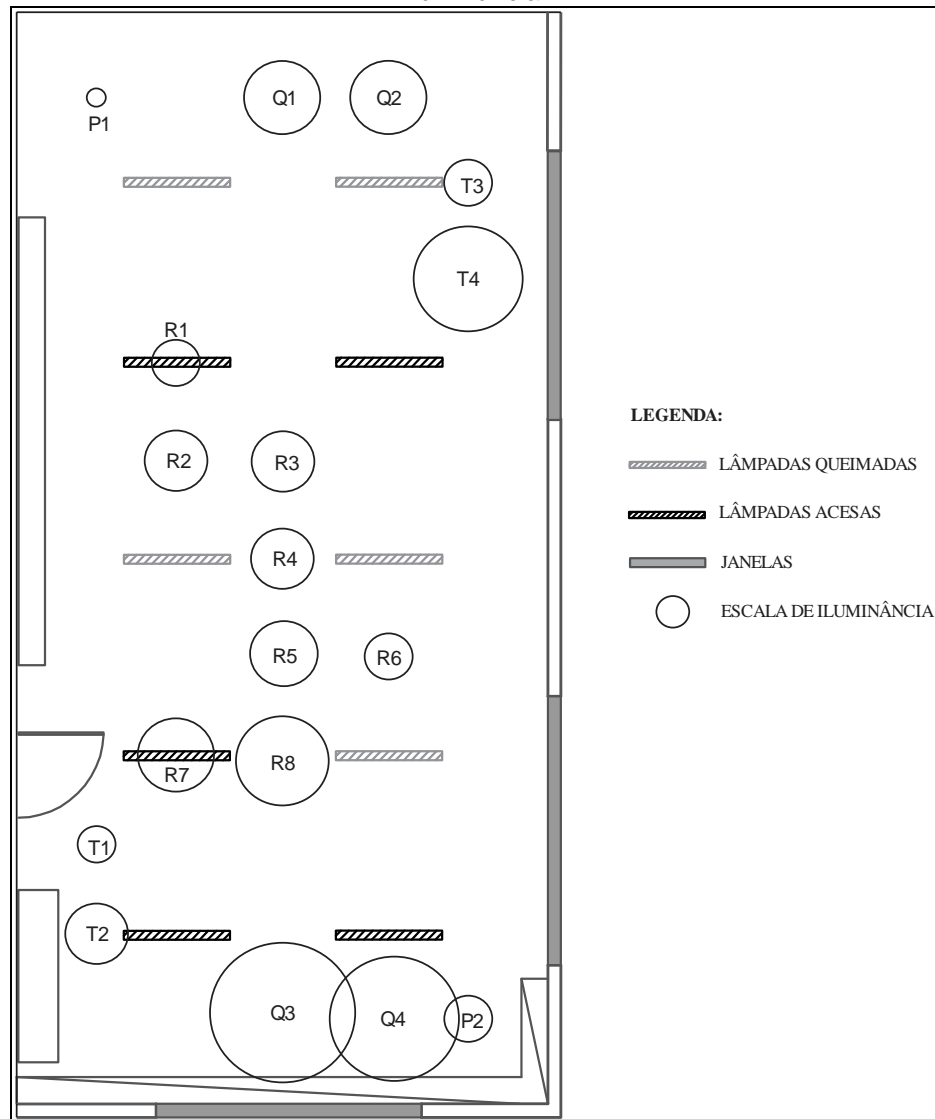
Gráfico 1 - Distribuição da iluminância conforme pontos de medição da malha amostral



Fonte: Arquivo pessoal

Pode-se observar que os pontos q3, q4, t4 e r8, que sofrem maior interferência da iluminação natural externa, durante o dia, apresentam uma medição muito acima do mínimo estabelecido em norma. Na Figura 19 é possível verificar a localização destes pontos, onde os círculos expressam proporcionalmente o valor medido de iluminância. Os menores valores foram apontados em p1, t1 e r1, pontos que não são tão atingidos pela iluminação natural.

Figura 19 - Pontos localizados próximos às janelas são os que apresentaram maior valor de iluminância



Fonte: Arquivo pessoal

4.2.2. Verificação da iluminância na área da tarefa

Quanto às medições nas áreas das tarefas, um dos critérios adotados nesta norma é a comparação das medições ponto a ponto com os valores mínimos exigidos correspondentes ao valor da iluminância mínima para a tarefa apresentada, isto é, 500 lux. É permitida uma tolerância de 10% abaixo desse valor. Analisando a Tabela 7, observa-se que, em média nos três horários, 36% dos pontos cumprem esse requisito.

O critério de avaliação referente à uniformidade declara que o ambiente de trabalho deve ser iluminado o mais uniformemente possível, sendo que a iluminância medida ponto a ponto na área da tarefa não deve ser inferior a 70% da iluminância média determinada pela malha amostral. Mais uma vez, são poucos os pontos que

atendem a essa especificação. A Tabela 9 apresenta as medições de cada ponto nos diferentes horários em ordem decrescente. No geral, aproximadamente 42% dos pontos satisfazem esse critério, pois são superiores a 70% da iluminância média.

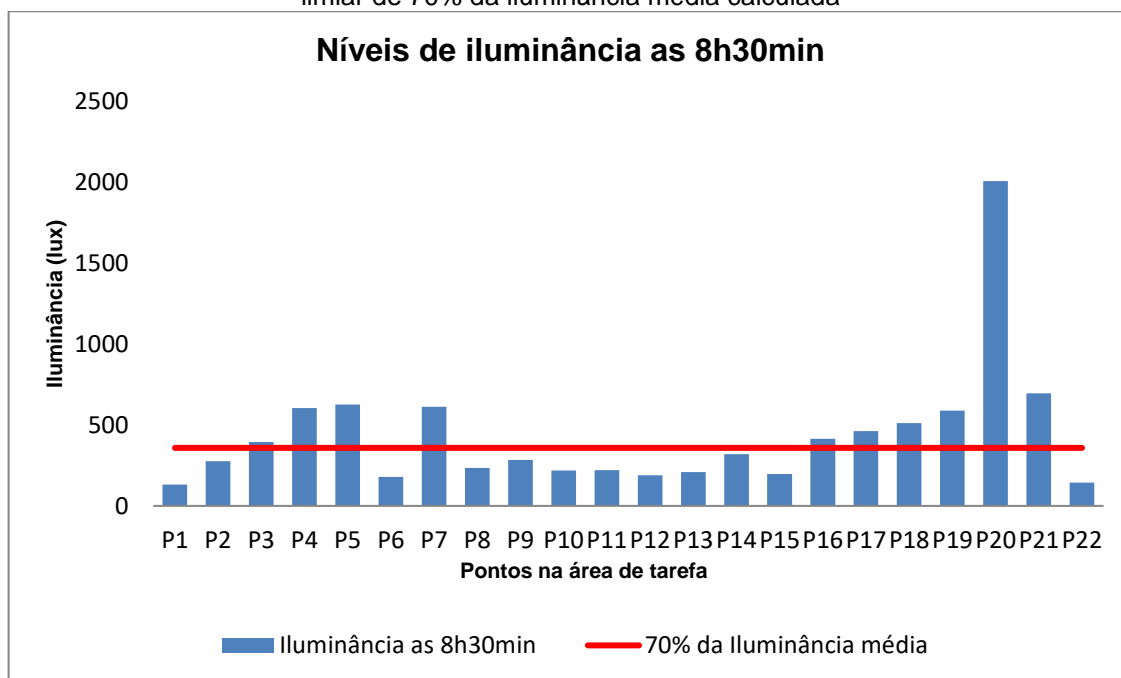
Tabela 9 - Valores de medições em ordem decrescente de iluminância de cada ponto na área da tarefa

Horários de medição	8h30min	12h	16h30min
Medição em cada ponto	2008	2318	1900
	697	865	641
	627	788	587
	613	746	581
	606	676	568
	590	632	547
	512	577	546
	463	531	470
	414	481	424
	395	439	362
	320	314	299
	284	312	270
	276	301	250
	234	288	223
	221	246	206
	218	238	203
	210	215	191
	198	214	188
	190	203	188
	180	202	146
	144	176	126
	132	144	118
Iluminância média (IM)	512,7	662,3	585,8
70% da IM	358,9	463,6	410,1

Fonte: Arquivo pessoal

Para simplificar o entendimento dessa comparação, o Gráfico 2 exhibe os pontos medidos nas áreas das tarefas às 08h30min, onde o valor de 358,9 lux é tomado como referência para representar 70% do valor da iluminância média do ambiente. Para a conformidade deste critério as medições pontuais deveriam estar acima desse limiar, o que não é verificado em pouco mais da metade desses pontos.

Gráfico 2 - Comparação dos níveis de iluminância medidos nas áreas das tarefas às 08h30min com o limiar de 70% da iluminância média calculada



Outro critério de avaliação, estabelece que a razão entre o maior valor de iluminância medido na área da tarefa e a iluminância média daquele ambiente, não deve ser superior a 5:1. Então, interpreta-se que os maiores valores medidos pontualmente não devem exceder a cinco vezes o valor da iluminância média. Dessa forma, a iluminância média para cada horário não deve ser inferior a 401,6 lux, 463,6 lux e 380 lux, respectivamente nessa ordem de horários. Na Tabela 10 é possível realizar essa comparação e constatar que, para este critério de avaliação, os valores medidos estão em conformidade com a norma, pois não superam a proporção 5:1.

Tabela 10 - A razão entre o maior valor de iluminância medido na área da tarefa e a iluminância média não supera a proporção 5:1

Horários de medição	8h30min	12h	16h30min
Maiores valores medidos (lux)	2008	2318	1900
Iluminância média (lux)	512,7	662,3	585,8
Razão entre maior medição e Iluminância média	3,9	3,5	3,2

Fonte: Arquivo pessoal

Em relação à abordagem realizada com os usuários e bibliotecários, de forma geral, foi informado que o sistema de iluminação poderia melhorar, sendo relatado

desconforto visual ocasionado por um contraste muito grande entre um ambiente e outro.

4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma revisão bibliográfica dos principais conceitos de iluminação, discorreu um breve histórico sobre as normas envolvidas e se fundamentou na norma mais recente para a realização da análise de um sistema de iluminação na área de leitura de uma biblioteca pública municipal.

A partir dos dados avaliados, foi possível concluir que os níveis medidos, considerando as medições de iluminância média e as medições pontuais nas áreas das tarefas, apresentaram em sua grande maioria, inconformidade com a norma NHO 11, necessitando de adequações tanto para iluminação artificial quanto para iluminação natural.

Embora as iluminâncias médias calculadas correspondessem ao valor mínimo recomendado pela norma, não foi possível julgar que o sistema de iluminação do ambiente é adequado, em virtude de a iluminação artificial não estar em plena operação e da interferência da iluminação natural.

Apesar das luminárias estarem simetricamente distribuídas, não há uniformidade na distribuição da luz, sendo que mais da metade dos pontos aferidos são inferiores ao valor de 70% da iluminância média, nos três horários estudados. Mostrando que apesar de bem distribuídas, as lâmpadas não são suficientes. Foi levado em consideração que das dez luminárias existentes, cinco estavam com lâmpadas queimadas, ou seja, 50% não estavam funcionando corretamente.

Tornou-se notável a grande incidência de luz natural presente no ambiente que teve influência significativa na iluminância interna, visto que houve representativa variação de iluminância entre um ponto e outro.

Assim, pode-se considerar que a área de estudo apresenta significativo desconforto luminoso aos usuários. Evidencia-se que no local, os visitantes costumam permanecer por longos períodos e torna-se complicado encontrar uma posição em que o conforto luminoso ou nível de iluminância, seja mais favorável à atividade desempenhada, sendo que algumas áreas das tarefas apresentaram valores aquém do recomendado pela norma, enquanto outras apresentam valores muito altos de

iluminância, o que pode causar desconforto devido ao contraste excessivo ou ofuscamentos.

Quanto à iluminação natural proveniente das janelas, é importante citar a sua importância quanto à redução de custos com energia elétrica para iluminação, ao conforto visual e o bem-estar que ela proporciona. Assim, para o uso adequado, sugere-se o controle por meio do uso de bloqueios parcial ou total (cortinas, persianas). Aliado a isso, recomenda-se o replanejamento da distribuição das lâmpadas. Mas, para que os níveis mínimos de iluminância sejam atingidos, será necessário o uso de lâmpadas de maior potência, podendo ser substituídas pelas lâmpadas de LED que possuem vida útil longa e superam a eficiência de outras lâmpadas.

Além disso, vale ressaltar a importância da manutenção do sistema de iluminação. Devem ser observados aspectos como limpeza, substituição de lâmpadas e de outros componentes.

CONCLUSÕES

Com o presente trabalho pretendeu-se avaliar os níveis de iluminância no ambiente de leitura de uma biblioteca pública municipal.

Num primeiro momento, foram apresentados alguns conceitos e grandezas que englobam a iluminação de ambientes. Baseado na metodologia de avaliação da iluminância, disposta na norma NHO 11, foi possível aplicá-la realizando medições *in loco*, com o auxílio de um luxímetro.

A princípio, cogitou-se a possibilidade de realizar medições em diferentes condições de iluminação, considerando separadamente a iluminação artificial da iluminação natural. Porém, durante a primeira visita realizada no ambiente de estudo, verificou-se a inviabilidade de realizar este tipo de análise, devido à falta de cortinas nas janelas para bloqueio da iluminação natural. Diante disso, optou-se por avaliar a iluminância do ambiente, considerando a iluminação habitualmente utilizada, ou seja, a combinação da luz natural com a luz artificial.

Durante a elaboração deste estudo, verificou-se que foi possível a adaptação da metodologia de acordo com o ambiente e a disposição das luminárias. Após a análise e discussão dos resultados, foi possível concluir que o ambiente de estudo não atende aos critérios requeridos pela norma. Dessa forma, é possível concluir que o trabalho apresentou resultados pertinentes, alcançando com sucesso o objetivo proposto.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, W. de A.; CAVALCANTE, G. de A.; ANTUNES, M. C. **Curso de capacitação para dinamização e uso da biblioteca pública: manual**. São Paulo: Global, 2000.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5382**:Verificação de iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1985. 4 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5413**:Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992. 13 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013. 54 p.

BLANCO, M. A. **O conforto luminoso como fator de inclusão escolar para portadores de baixa visão nas escolas públicas regulares do Distrito Federal**. 2007. 255 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2007.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17): Ergonomia**. Brasil: MTE, 2007.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Nota Técnica nº 224/2014/CGNOR/DSST/SIT, 22 de outubro de 2014**. Item 17.5.3.3 da NR17 - Ergonomia. Níveis mínimos de iluminamento. Cancelamento da NBR 5413. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria GM nº 3214, 8 de junho de 1978**. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativos à Segurança e Medicina do Trabalho. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 1978.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria MTB nº 876, 24 de outubro de 2018**. Altera a Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17) - Ergonomia. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria MTPS n.º 3.751, 23 de novembro de 1990**. Altera a Norma Regulamentadora nº 17 - Ergonomia. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 1990.

COSTA, G. J. C. **Iluminação Econômica - Cálculo e Avaliação**. 4ª ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006. 591 p.

FUNDAÇÃO BIBLIOTECA NACIONAL. **Biblioteca pública: princípios e diretrizes**. Rio de Janeiro: Fundação Biblioteca Nacional, 2000. 160p.

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho. **Normas de Higiene Ocupacional NHO11: Procedimento técnico -**

Avaliação dos níveis de iluminação em ambientes internos de trabalho. São Paulo, 2018. 63 p.

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

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 2014. 366p.

MEDEIROS, R. Z. Luminotécnica aplicada ao Visual Merchandising. **IPOG - Revista Especialize Online**, Goiânia, v.1, dezembro 2017. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n14-2017/?setarParametros=true&pagingPage=23>> Acesso em: 20 jan. 2018.

NEUFERT, E. **Arte de projetar em arquitetura**. 18ª ed. renov. e atual. São Paulo: G. Gilli do Brasil, 2013. 567p.

PEREIRA, D. C. L.; MUELLER, C. M. **Iluminação e Sustentabilidade: a integração entre luz natural e artificial**. Lume arquitetura, São Paulo, v.26, p. 28-35, jul. 2007. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed26/ed_26_Especial.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018

PRADO, H. de A. **Organização e administração de bibliotecas**. 2ª ed. rev. São Paulo: T.A. Queiroz, 1992. 209p.

PROCEL. **Manual de Iluminação**. Rio de Janeiro: Eletrobras/ Procel/ Procel Edifica, 2011. 54p.

REGIS FILHO, G. I; SELL, I. **Síndrome da má-adaptação ao trabalho em turnos - uma abordagem ergonômica**. Itajaí: Editora da UNIVALI. 2000, 132p.

RINALDI, A. Ministério do Trabalho altera item da NR-17 sobre iluminação com base em NHO da Fundacentro. **Fundacentro**, 25 out 2018a. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/noticias/detalhe-da-noticia/2018/10/ministerio-do-trabalho-altera-item-da-nr-17-sobre-iluminacao-com-base-em-nho-da-fundacentro>> Acesso em: 18 fev. 2019.

RINALDI, A. Norma NHO 11 de 2018 reforça a importância de iluminação adequada nos ambientes de trabalho. **Fundacentro**, 22 out 2018b. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/noticias/detalhe-da-noticia/2018/10/norma-nho-11-de-201-reforca-a-importancia-de-iluminacao-adequada-nos-ambientes-de-trabalho>>. Acesso em 18 fev. 2019.

ROBBINS, C. L. **Daylighting, design and analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1986. 325 p.

RODRIGUES, P. **Manual de iluminação eficiente**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2002. 36p.

SANTOS, J. P. **Gestão ambiental em bibliotecas: aspectos interdisciplinares sobre ergonomia, segurança, condicionantes ambientais e estética nos espaços de informação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2012. 126p.

SOUSA, M. N. P. de O. **Padrões em projetos arquitetônicos de bibliotecas públicas**. 2012. 237 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2012.

SPINELLI, R.; BREVIGLIERO, E.; POSSEBON, J. **Higiene ocupacional: agentes biológicos, químicos e físicos**. 1ª ed. São Paulo: Senac São Paulo, 2006. 448p.

TAVARES, J. da C. **Tópicos de administração aplicada à segurança do trabalho**. 5ª ed.rev. e ampl. São Paulo: SENAC, 2006. 164 p.

TENMARS. **TM-201 Digital Light Meter**. Disponível em: <<http://www.tenmars.com/webbs-en-us/TM-201.html>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

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

USP - Universidade de São Paulo. Escola Politécnica Programa de Educação Continuada. **Higiene do Trabalho- Parte B**. Epusp- EAD/ PECE, 2014. 429 p.

USP - Universidade de São Paulo. Escola Politécnica Programa de Educação Continuada. **Higiene do Trabalho- Parte B**. Epusp- EAD/ PECE, 2017. 413p.

ANEXO A

	<i>Certificado de Calibração</i>	OS: 8780
		Emissão : 09/10/2018
	Nº. 21528/2018	

IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE:

Empresa: D C ANDUTA INSTRUMENTOS - ME
 Endereço: RUA HORÁCIO VERGUEIRO RUDGE, 366
 CEP: CASA VERDE - 02512-060 - SÃO PAULO - SP

IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO:

Descrição:	LUXÍMETRO	Nº Série:	161202664
Fabricante:	TENMARS	Patrimônio:	
Modelo:	TM-201	TAG:	

CALIBRAÇÃO:

Data da Calibração: 09/10/2018

Data Próxima Calibração: Definida pelo cliente

PADRÕES UTILIZADOS: Padrão (ões) Rastreável (eis) a REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO (RBC) do INMETRO.

Descrição	N. Cert.	Val.	Rastreabilidade
LUXÍMETRO	092.590	29/01/2019	RBC/INMETRO

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO:

A calibração foi realizada conforme o procedimento interno PC-009 LUXÍMETRO

DESCRIÇÃO DA CALIBRAÇÃO: Os resultados dos ensaios foram obtidos através de processo de comparação do objeto em calibração e um padrão certificado via laboratório acreditado a RBC-INMETRO.

Instrumento de Trabalho (Apoio): Para a realização dos ensaios foram utilizados bancada de testes (banco fotométrico) exclusivamente desenvolvida para a aplicação de calibração de luxímetros, onde se é possível obter a variação de fonte luminosa, e variação desta através de distância calculada.

CONDIÇÕES AMBIENTAIS:

Temperatura: 20 ± 2 °C	Umidade: 60 ± 20%ur	Pressão: 929± 5mbar
------------------------	---------------------	---------------------

- ✓ A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência (k), o qual para uma distribuição t com Veff graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
- ✓ O presente certificado de calibração é válido apenas para o instrumento de medição acima caracterizado, não sendo extensivo a quaisquer outros instrumentos de medição, ainda que similares
- ✓ Não esta autorizada a reprodução parcial deste certificado sem prévia autorização da Unimetro.
- ✓ O Laboratório de calibração Unimetro tem como referência para suas atividades a Norma NBR ISO/IEC 17025.
- ✓ Os resultados dos ensaios foram obtidos através de processo de comparação do objeto em calibração e um padrão certificado via laboratório com rastreabilidade à RBC-INMETRO.



Unimetro – WSS dos Santos Instrumentos de Medição
 Rua Senador Carlos Teixeira de Carvalho, 661 Cambuci São Paulo 01535-010
 Home Page www.unimetro.com.br email contato@unimetro.com.br
 Tel (11) 3275-0444 / 2822-4571



Papel Reciclado
 "Preservando o Meio Ambiente"

	<h1 style="text-align: center;">Certificado de Calibração</h1>	OS: 8780
		Emissão : 09/10/2018
	Nº. 21528/2018	

RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO:

INSTRUMENTO EM CALIBRAÇÃO: FAIXA DE MEDIÇÃO: 0..20000 lx

Valor Verdadeiro Convencional Indicado no Padrão (média) lx	Valor Indicado no Instrumento em Calibração (média) lx	Erro lx	Incerteza Expandida (±) lx	Fator de Abrangência k	Graus de liberdade efetivos
177,5	178,0	0,5	8,7	2,00	(infinito)
444,0	450,7	6,7	19	2,00	(infinito)
724,4	725,0	0,6	31	2,00	(infinito)






Calibrado por: Wellington Souza
Auxiliar Técnico

Responsável Técnico pela Calibração: Wilson Santos
Técnico em Eletrônica
Registro no CREA sob. No. 5063947373



Unimetro – WSS dos Santos Instrumentos de Medição
 Rua Senador Carlos Teixeira de Carvalho, 661 Cambuci São Paulo 01535-010
 Home Page www.unimetro.com.br email contato@unimetro.com.br
 Tel (11) 3275-0444 / 2922-4571

