

## ESTUDO DE CASO: COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO EM SALA DE AULA.

LUCAS LINDE DE MELO<sup>1</sup>; TAINA RHODEN SCHNEIDER<sup>2</sup>;  
IRIS BETINA MOREIRA VITÓRIA<sup>3</sup> ; YURI MARTINS PEREIRA<sup>4</sup> ; LIADER DA  
SILVA OLIVEIRA<sup>5</sup>; ANTONIO CESAR SILVEIRA BAPTISTA DA SILVA<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas – [lucas.linde.melo@gmail.com](mailto:lucas.linde.melo@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas – [irisbetina@gmail.com](mailto:irisbetina@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas – [tain.schneider48@gmail.com](mailto:tain.schneider48@gmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Pelotas – [ar.yurimartins@gmail.com](mailto:ar.yurimartins@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Pelotas – [liader@globo.com](mailto:liader@globo.com)

<sup>6</sup> Universidade Federal de Pelotas – [antoniocesar.sbs@gmail.com](mailto:antoniocesar.sbs@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

Este estudo tem por objetivo evidenciar as condições de conforto lumínico em uma sala de aula da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), no campus da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. A sala é utilizada por alunos de graduação, Pós Graduação, Mestrado e especialização, nos períodos da manhã, tarde e noite. Considera-se o fato que, dentro do programa de manutenção na universidade, as lâmpadas fluorescentes estão sendo substituídas por lâmpadas LED, tendo em vista a atualização do sistema de iluminação, assim como a economia de energia. Entretanto, comprehende-se que este processo deve ser realizado visando, também, manter os níveis de conforto que possibilitem o uso adequado do local (BLEY, 2012). Pode-se dizer que este sistema deve ter a sua eficiência melhorada, mas jamais reduzir o conforto do usuário (FERREIRA, 2014), que tem caráter obrigatório de acordo com a NR 17, a qual dá condições mínimas de ergonomia em ambientes de trabalho. Utilizaram-se métodos de levantamento para então comparar os índices luminotécnicos levantados com os obrigatórios, de acordo com a NHO 11 e NBR 8995. Portanto, pretende-se quantificar e qualificar as alterações em relação ao conforto lumínico e a eficiência energética.

### 2. METODOLOGIA

Primeiramente, foi realizada a identificação do ambiente a ser estudado e suas características. As atividades exercidas e suas respectivas áreas de trabalho, a identificação do sistema de iluminação, do tipo de luminárias e lâmpadas e a verificação de possíveis interferências externas que poderiam acarretar em ofuscamentos ou reflexos foram algumas das características observadas.

A sala possui carteiras com área de trabalho muito pequena, portanto foi considerado um plano de trabalho total para a sala horizontal e situado a 70 centímetros do piso acabado.

Não possui janelas para o exterior, possuindo como aberturas apenas janelas axiais de peitoril 2,42 metros, e uma porta de 0,90 metros, ambas voltadas para um corredor interno. Contudo nenhuma delas representa impacto significativo para a medição, pois não causam efeitos luminosos na sala (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 1).

O sistema de iluminação da sala é composto de duas colunas de três luminárias, onde cada luminária possui duas lâmpadas tubulares. O sistema de ativação consiste no acionamento de duas luminárias, uma de cada coluna. As luminárias presentes são da marca Intral.

As lâmpadas instaladas estão variadas em relação a marca e tecnologia, sendo as lâmpadas mais antigas fluorescentes. As lâmpadas presentes na sala são:

		Tubulares	Marca	Potência	Lux	Temperatura de cor
6x	Fluorescentes	T8	Empalux	32W	2115	6400K
4x	LED	T8	Elgin	18W	1850	6500K
2x	Fluorescentes	T8	Sylvania	32W	2350	4000K

Para a realização da medição a NHO 11 dispõe que, deve-se promover a pior situação possível de forma que as condições de iluminamento dependam somente das fontes instaladas no local. Os avaliadores devem evitar usar roupas claras e se postarem de modo a não gerar sombras ou reflexões nos dispositivos de medição.

Outros fatores importantes a se atentar são que as medições devem acontecer quando o sistema de iluminação estiver dentro das suas características típicas de operação, segundo informações do fabricante. Do mesmo modo, o medidor também deve estar estabilizado. A leitura deve ocorrer no plano de trabalho ou a 75 cm do piso quando não houver plano de trabalho estipulado. É necessária uma avaliação preliminar do ambiente considerando aspectos de ofuscamento, cintilação, efeito estroboscópico, direcionalidade, sombras excessivas, aparência da cor e contraste (NHO 11, 2018).

O critério estipulado segundo norma para a avaliação de iluminamento é através da medição de ponto a ponto nas áreas de tarefas e a comparação com os valores mínimos de iluminância E (lux) mínima exigidos, de acordo com cada tarefa, com uma tolerância de 10% para baixo. A iluminância medida em cada ponto não deve ser inferior a 70% da iluminância média (NHO 11, 2018).

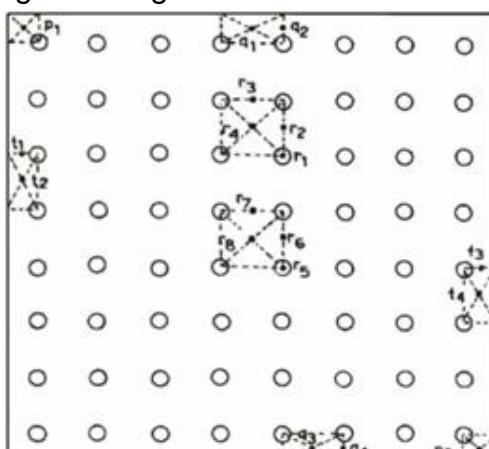
Em virtude de a sala abordada na pesquisa atender à diferentes públicos e horários, estipulamos a pior instância segundo a norma NHO 11 que é uma aula à noite com educação de adultos.

Figura 1: Quadro 1 - Fonte - NHO11

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	E (lux)	IRC/Ra*
Sala de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	80

A norma estabelece diferentes modelos de cálculo de acordo com o modelo de layout do ambiente a ser verificado. Para a sala abordada no estudo o modelo que melhor se enquadra é o modelo 1 do anexo 1 da norma NHO 11- Ambiente de trabalho de área retangular, iluminado com fontes de iluminação com padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras - conforme imagem abaixo:

Figura 2: Figura A1 – Fonte - NHO11



Devem-se realizar medições na área central, nos pontos r1 a r8 e calcular a média aritmética das oito medições (R). Medições dos pontos q1 a q4 localizados em lados opostos do ambiente de trabalho e calcular a média aritmética das quatro leituras (Q). Medições dos pontos t1 a t4 localizados em lados opostos ao ambiente de trabalho e aos pontos previamente medidos, calcular a média aritmética das quatro leituras (T). Por fim, medição de cantos extremos e opostos no ambiente de trabalho, pontos p1 e p2, calcular a média aritmética das duas leituras (P).

Para calcular a iluminância média (I) deste ambiente utiliza-se a equação da NHO 11 abaixo:

$$I = \frac{(R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P)}{NM}$$

Sendo: N = quantidade de luminárias por fila

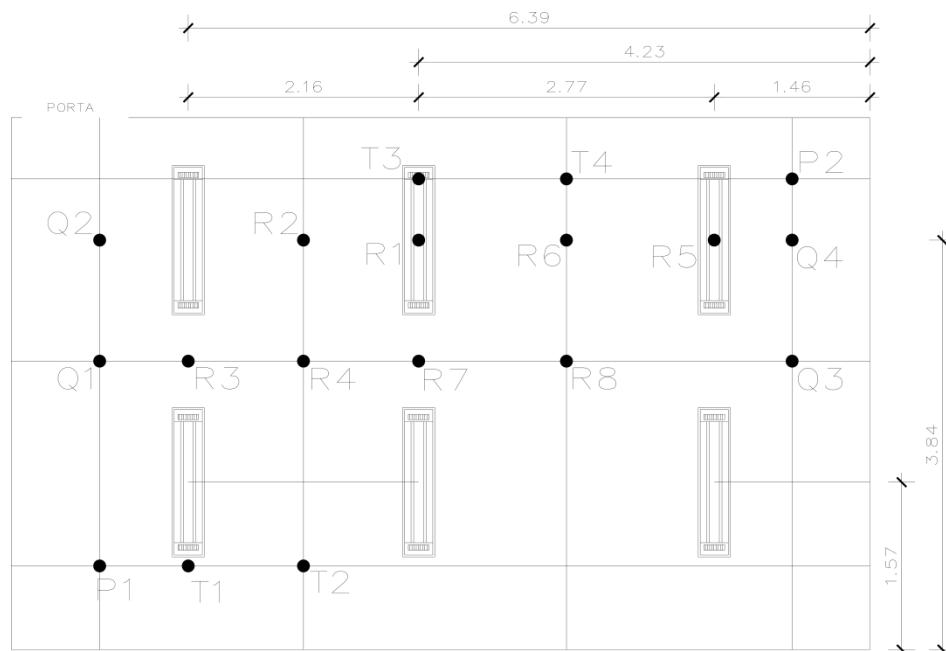
M = número de filas

O maior valor de iluminância medido não pode ser maior que 5 vezes o valor da iluminância média, salvo quando a iluminação da área da tarefa for superior a 2.500 lux, neste caso deve ser avaliada caso a caso.

A razão da iluminância média entre áreas de trabalho adjacentes de ambientes internos não deve ser superior a 5:1.

Os resultados podem ser influenciados por diversos fatores, como refletâncias, tipo de lâmpada e sua vida útil, tensão de operação e instrumentação utilizada. Portanto, os resultados são válidos para as condições em que foram realizadas as medições.

Figura 3: Planta esquemática – fonte: Autores



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A medição foi realizada no período noturno, a partir de uma medição ponto a ponto em ambiente de trabalho de área retangular, iluminado com fontes de iluminação regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras. Utilizando-se do luxímetro digital LD-209 da Instrutherm, ajustado na leitura de lâmpadas fluorescentes para realizar o levantamento lumínico e a trena eletrônica BDSM100 da Black&Decker para a medição das distâncias.

Com os dados levantados foi realizado o cálculo de iluminância média, resultando no valor 240,25 Lux. Comparando o valor encontrado em relação aos

valores mínimos estipulados por norma para o ambiente estudado, temos que o ambiente encontra-se 51,95% abaixo da iluminância média mínima.

Após, para uma abordagem mais condizente foi realizada a troca das lâmpadas para o estado original, retirando lâmpadas remanescentes do período de implantação e as realocando na sala do estudo em questão. Contando agora apenas com lâmpadas tubulares T8 Philips 32W 4100K 2350lux fluorescentes que tem mais de 10 anos de utilização. Foram utilizadas as mesmas condições de medição da anterior e realizado novamente o cálculo de iluminância média, obtendo agora um resultando no valor 310,75 Lux

Comparando o valor encontrado em relação aos valores mínimos estipulados por norma para o ambiente estudado, temos que o ambiente encontrasse 37,86% abaixo da iluminância média mínima, contudo 29,34% maior em relação à medição com lâmpadas mistas.

#### 4. CONCLUSÕES

Levando em consideração que as lâmpadas Philips estudadas estarem sendo usadas há dez anos e mesmo assim possuírem maior desempenho que o sistema misto, já pode ser previsto que a futura medição com apenas lâmpadas leds terá desempenho inferior. Logo, é demonstrado através deste estudo que a simples troca de lâmpadas sem considerar o seu fluxo luminoso pode gerar ambientes com iluminação precária, causando desconforto aos seus ocupantes.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLEY, F.B. LED versus lâmpadas convencionais: viabilizando a troca. **Especialize**: revista online do instituto de pós-graduação e graduação (IPOG). 2012. 54f. Goiânia - GO, 2012

FERREIRA, Juliana Zandona. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e tubulares de LED**. 2014. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8995. **Iluminação de Ambientes de trabalho**. Parte 1: interior. Rio de Janeiro, 2013. 46p.

FUNDACENTRO. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. NHO 11. **Procedimento Técnico**: Avaliação dos níveis de iluminamento em ambientes internos de trabalho. São Paulo - SP, 2018. 66 p.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. NR 17. **Ergonomia**. Publicação: 1978. Revisão: 2007. Brasília.