

ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA: CARACTERIZAÇÃO E ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL EM AMBIENTES DE ENSINO

Dayane Cristina Lima Estercio¹, Rafaela Vilas Boas da Silva², José Luiz Miotto³, Paulo Fernando Soares⁴

¹ Arquiteta e Urbanista, Mestre, Pesquisadora do Programa de Engenharia Urbana, PEU/UEM. arqdayanestercio@gmail.com.

² Arquiteta e Urbanista, Mestre, Pesquisadora do Programa de Engenharia Urbana, PEU/UEM. rafaelavbs@hotmail.com

³ Professor, Doutor, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Pesquisador do Programa de Engenharia Urbana, PEU/UEM. jlmiotto@uem.br

⁴ Professor, Doutor, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Pesquisador do Programa de Engenharia Urbana, PEU/UEM. pfsouares@uem.br

RESUMO

A iluminação é uma ferramenta utilizada na arquitetura como estratégia bioclimática, quando usada corretamente possibilita uma melhor eficiência energética. Porém, em certos tipos de ambientes, como os ambientes de ensino, em especial as salas de aula requerem um nível de iluminância adequada para o desenvolvimento de atividades e evitar fadiga e demais problemas que comprometam o rendimento dos estudantes. Este trabalho toma como objetivo a caracterização a avaliação do desempenho da iluminação natural como estratégia Bioclimática, para isso será aferida a iluminância uma sala de aula, na Universidade Estadual de Maringá – PR, a partir da obtenção do nível de iluminância, diversidade e uniformidade e, verificação se encontra de acordo com a normativa vigente NBR 8995-1. Os resultados apresentaram-se fora dos níveis de iluminação exigidos pela norma, em razão disso foram realizadas simulações com diferentes tipos de dispositivos de proteção solar, para analisar qual melhor se adequa a área de estudo.

Palavras-chave: Iluminação; Arquitetura bioclimática; Eficiência energética; Ambientes escolares.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do desenvolvimento das cidades, a paisagem urbana apresentou constantes alterações, devido ao processo de urbanização e o desenvolvimento tecnológico, porém estas modificações trouxeram também impactos negativos como a degradação do meio ambiente. O aumento demográfico trouxe o aumento pela demanda por bens e serviço, aumentando segundo Miotto (2013) a extração dos recursos naturais e gerando impactos ambientais devido a exploração dos recursos naturais, despejo dos materiais e energia não aproveitados. Barbieri (2007) ressalta que os problemas ambientais ocasionados por ações antrópicas estão presentes em escala mundial, como a perda da biodiversidade, a redução da camada de ozônio, a contaminação das águas e as mudanças climáticas.

Neste contexto, convenções como o Protocolo de Quioto (1997), Rio+10 (2002), Rio+20 (2012), foram realizadas para debater e direcionar em ações que visam conservar os recursos naturais e minimizar as emissões dos gases do efeito estufa. As ações tomadas para minimizar os impactos no meio ambiente deve ser realizada pela sociedade como um todo, na construção civil, pode ser obtida por meio da adoção de medidas sustentáveis e o emprego arquitetura bioclimática e a aplicação das estratégias bioclimáticas. As estratégias bioclimáticas são aplicadas desde as etapas iniciais do projeto para novas construções ou na adequação de construções existentes, com o objetivo de aumentar a eficiência energética e possibilitar condições de conforto aos usuários.

O conforto ambiental pode ser entendido segundo Lamberts et. al (2014) como o conjunto de condições ambientais que permitem ao ser humano sentir bem-estar térmico, visual, acústico e antropométrico, além de garantir a qualidade do ar e o conforto olfativo. O desconforto pode comprometer a qualidade e desempenho de atividades, pois, de acordo com Lida (2005) a execução de tarefas mentais sob temperaturas muito baixas pode gerar

distrações e temperaturas muito elevadas que podem afetar a percepção de sinais. Em ambientes de ensino pode comprometer a aprendizagem, por isso Kowaltowski (2011) relata que é pertinente que os elementos arquitetônicos sejam questionados em relação à sua influência sobre os níveis de aprendizagem dos alunos e sobre a produtividade dos professores, uma vez que pelo menos 20% da população permanece, durante grande parcela do tempo diário, em edificações escolares.

Segundo Lanham et. al (2004) a Arquitetura Bioclimática é uma forma de proporcionar conforto às edificações, as técnicas bioclimáticas analisam três aspectos: a melhoria da eficiência energética, diminuição das suas necessidades em iluminação, ventilação e climatização artificiais; a substituição do consumo de energia convencional por energia renovável, não poluente e gratuita; e a utilização de materiais locais, preferencialmente materiais de fontes renováveis ou com possibilidade de reutilização e que minimizem o impacto ambiental. Com base nisso as principais estratégias bioclimáticas utilizada na construção civil são:

- Terreno: A análise do terreno inclui segundo Lamberts (2014) aspectos como a legislação (coeficientes como recuos, altura máxima, afastamentos, taxa de ocupação), a orientação, as dimensões, a topografia e a presença de água, vegetação ou barreiras que obstruam o vento ou sol. Já Venâncio (2010) descreve que a análise do terreno deve se basear em cinco categorias realizadas pelo autor, são elas: ambiental, legislação, topografia, vizinhança, e recursos naturais.
- Materiais construtivos: Cada material possui características próprias, e comportamento diferentes as condicionantes climáticas. Bagnati (2013) descreve que de acordo com os materiais empregados, as trocas térmicas entre os meios externos e o interno interferem no nível de conforto das edificações. Por isso deve se analisar na escolha dos materiais as propriedades como transmitância térmica e a resistência térmica dos materiais.
- Forma e orientação das fachadas: A forma urbana tem forte influência no conforto, Lamberts (2014) descreve que a disposição dos edifícios na malha urbana, pode possibilitar o desvio dos ventos, ou canalizá-los no interior da malha. O autor (2014) descreve ainda que a forma das construções pode influenciar no conforto no interior das construções, pois quanto menor a superfície de contato como é o caso de formas esféricas, menor as perdas de calor para o exterior, sendo recomendado para áreas com climas frios. A orientação das fachadas pode possibilitar segundo Keeler e Burke, (2010) baixos consumo de energia, quando se utiliza de forma eficiente. Para um melhor aproveitamento da iluminação natural Lamberts (2014) a melhor orientação para a iluminação natural é a Norte, pois tem incidência mais frequente de luz solar direta e é a orientação mais fácil de sombrear as aberturas. As piores são Leste e Oeste, pois recebe luz solar direta com maior intensidade no verão e menor no inverno, dificultando o projeto de proteções solares, que devem considerar ângulos muito baixos de altura solar.
- Vegetação: A Vegetação influencia o desempenho de outras estratégias como iluminação natural, ventilação, ganho térmico e evaporação. Na ventilação ela pode direcionar os ventos quando utilizada como barreira no entorno da edificação (LAMBERTS, *et al*, 2014). Como sombreamento, a vegetação pode ser empregada para bloquear a incidência dos raios solares diretos, para isso utiliza-se arvores com folhas caducas (Figura 01), pois sombreia as aberturas no verão, permite a incidência direta no inverno, quando as folhas caem (LAMBERTS, *et al*, 2014). Pode ser utilizada como eco telhado, fachadas verdes.



Figura 1: Uso da Vegetação com folhas caducas como barreira
Fonte: Autora (2021)

- Inércia térmica: Esta estratégia pode ser utilizada tanto em climas quentes quanto em climas frios. A inércia térmica segundo Lamberts *et al.* (2014), acumula o calor recebido pela parede durante o dia, e devolve ao interior no período da noite. Em climas frios, para o aquecimento pode ser obtido se a construção for feita de fechamentos opacos mais espessos e diminuir as áreas de aberturas, já em climas quentes utiliza-se, as aberturas devem ser sombreadas e deve-se evitar a ventilação diurna (LAMBERTS, *et al*, 2014).
- Ventilação natural: A ventilação tem como vantagens a redução da temperatura superficial e umidade excessivas, possibilitando melhores condições de conforto térmico e higiene (FROTA; SCHIFFER, 2003; BAGNATI, 2013). Está associada a orientação e a implantação da edificação no terreno, pois, as aberturas voltadas para as fachadas em que recebe o vento predominante possibilita o resfriamento do ambiente, por isso deve ser evitada quando se quer evitar as perdas de calor da edificação para o exterior (LAMBERTS, *et al*, 2014). Além elementos arquitetônicos, obstáculos, forma da edificação e posicionamento das aberturas podem influenciar na intensidade do fluxo de ar (FROTA; SCHIFFER, 2003; BAGNATI, 2013).
- Iluminação natural: Esta estratégia é adotada segundo Lamberts *et al.* (2014) para reduzir o consumo de energia com a iluminação. Pode ser lateral como, janelas, prateleira de luz e portas de vidros, ou zenitais como, claraboia, atrio, domos, lanternins, poço de luz e sheds. As aberturas devem ser utilizadas com cautela, pois além da receber iluminação, também pode receber ou perder carga térmicas (LAMBERTS *et al* 2014).

Isto posto, a pesquisa tem como objetivo aferir o nível de iluminância dos ambientes de ensino, de forma a avaliar o desempenho da iluminação natural como estratégia bioclimática e, verificar se está de acordo com a Norma NBR ISO/CIE 8995-1. Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1 e, realizar simulações para determinar qual dispositivo de proteção solar mais adequado na área analisada.

2 MATERIAIS E MÉTODO

Para caracterizar o nível de iluminância, foi adotado a metodologia descrita pela NBR 15.215-4: Iluminação natural Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. As medições foram realizadas na sala 110 (Figura 2), do bloco D67, no dia 10/07/2018 com início às 15:20. No dia do monitoramento o céu encontrava-se claro.



Figura 2: Sala 110 – Bloco D67
Fonte: Autora (2018)

Foi utilizado para a avaliação trena, fita adesiva, câmera fotografia e o aparelho Luxímetro, da marca *Instrutherm*, modelo LD 200. Após o levantamento métrico da sala, foi realizado o cálculo do Índice de desempenho de ambiente (K) descrito na norma como mostra a Equação (1).

$$K = \frac{(L \times C)}{[Hm(L + C)]} \quad (1)$$

Onde:

L: Largura da Sala (5,8 metros).

C: Comprimento da Sala (9,76 metros).

Hm: Distância vertical entre o plano de trabalho e o topo da janela (2,05 metros).

O valor de K encontrado foi de 1,77 e, de acordo com a norma valores de $1 \leq K \leq 2$, corresponde a 16 pontos mínimos a serem aferidos. Para a elaboração da malha de medição a Norma (ABNT, 2004) descreve o ambiente interno deve ser dividido em áreas iguais, com formato próximo ou igual a um quadrado, e no centro de cada área deve-se fazer a medida da Iluminância (E). A vista disso, para que se obtenha áreas iguais com forma quadrangular foi adotado 18 pontos de medição, como mostra a figura 3.

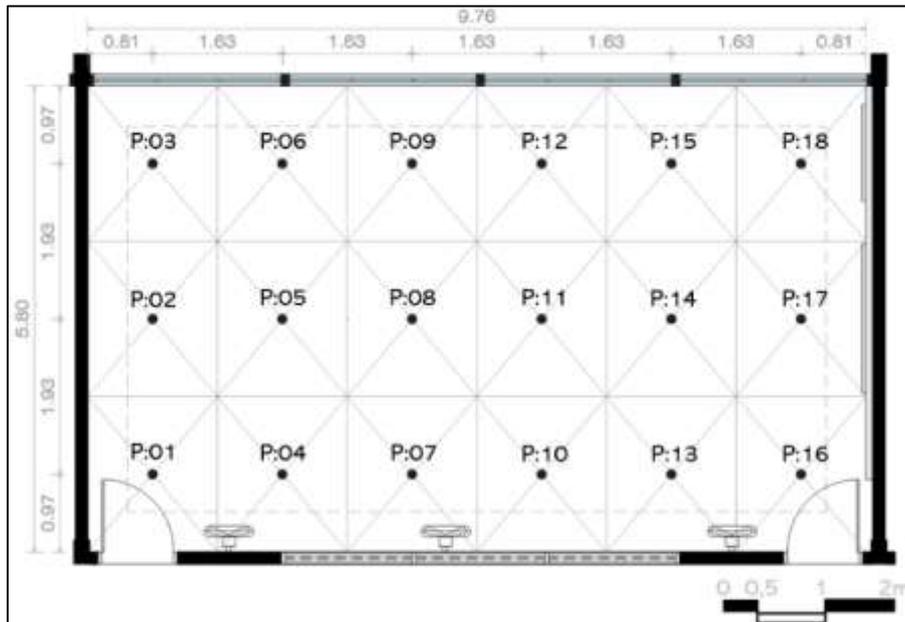


Figura 3: Malha de pontos da sala 110 – Bloco D67
Fonte: Autora (2018)

A norma descreve ainda que os pontos que ficarem a distância de 0,5 m ou menos devem ser descartados (ABNT, 2004). Na malha desenvolvida nenhum ponto ficou a distância de 0,5 m ou menos, por isso, todos os pontos foram mantidos. Cada ponto foi aferido com o aparelho Luxímetro, na altura de 0,75 m, conforme descrito na norma. Foram medidos três cenários: Cenário 01: Cortinas abertas com as luzes apagadas, para avaliar o desempenho da iluminação natural; Cenário 02: Cortinas fechadas com as luzes apagadas, para avaliar o desempenho das cortinas como elementos de proteção solar; Cenário 03: Cortinas fechadas com as luzes acesas, para analisar o desempenho da iluminação artificial.

Os dados obtidos no monitoramento foram tabulados no software Excel, onde obteve-se a iluminância média sobre a superfície de trabalho, obtida a partir da média aritmética dos pontos aferidos, como mostra a Equação (2).

$$E_m = \frac{\sum P}{n} \quad (2)$$

Onde:

$\sum P$: Somatório das iluminâncias de todos os pontos aferido

n : Número de pontos aferidos.

Outros parâmetros analisados foram a diversidade da iluminância, que é obtida pela relação entre a iluminância máxima e mínima, determinada na malha de pontos (Equação 3) e, a uniformidade da iluminância, obtida pela relação entre a Iluminância mínima de uma superfície de trabalho e a média aritmética nesta superfície (Equação 4)

$$Di = \frac{E_{máx}}{E_{mín}} \quad (3)$$

Onde:

$E_{máx}$: Ponto aferido de maior Iluminância

$E_{mín}$: Ponto aferido de menor Iluminância

$$Un = \frac{E_{\min}}{E_m} \quad (4)$$

Onde:

E_{\min} : Ponto aferido de menor Iluminância

E_m : Iluminância média.

A uniformidade de um ambiente varia gradualmente à medida que se distancia da fonte que emite luz. Porém o plano de trabalho deve estar o mais uniforme possível, sua variação deve ocorrer de forma gradual, pois de acordo com a ISO 8995 (ABNT, 2013) a uniformidade da iluminância é a relação entre os valores mínimos e médios de iluminância, não devendo estar inferior a 0,7 na área de tarefa e 0,5 na área da vizinhança. Já a diversidade os resultados devem estar iguais ou inferiores a (MAZZO, 2004).

Após a tabulação de dados foi realizado simulações dos dispositivos de proteção solar com o *software TropLux 7*, de forma a avaliar qual elemento arquitetônico mais eficiente no controle do ofuscamento (Figura 4) e que possibilite uma melhor eficiência como estratégia bioclimática.



Figura 4: Ofuscamento sala 110 – Bloco D67

Fonte: Autora (2018)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A norma NBR 8995 (ABNT, 2013) estabelece os valores de iluminância média em interiores, de acordo com a Norma para salas de aulas a iluminância deve estar na faixa de 200 – 300 – 500 lux, sendo 300 lux o valor recomendado. A análise dos resultados foi categorizada de acordo com os cenários para um melhor entendimento.

3.1 CENÁRIO 01

O cenário 01 aferiu o desempenho da iluminação Natural, com as cortinas abertas e luzes apagadas, como mostra a Figura 5.



Figura 5: Iluminação Natural – Bloco D67
Fonte: Autora (2018)

De acordo com os dados aferidos no monitoramento, a Iluminância Média da iluminação natural com cortinas abertas apresentou um valor médio de 1190 lux, portanto acima do recomendado pela norma. A diversidade da Iluminância apresentou 1,68 lux, estando dentro do recomendado, já a uniformidade apresentou o valor médio de 0,51 lux, muito abaixo do valor recomendado pela norma.

3.2 CENÁRIO 02

O cenário 02 aferiu o desempenho da iluminação Natural, com as cortinas fechadas e luzes apagadas, para analisar o desempenho das cortinas, como mostra a Figura 6.



Figura 6: Iluminação Natural (cortinas fechadas) – Bloco D67
Fonte: Autora (2018)

De acordo com os dados aferidos no monitoramento, a Iluminância Média da iluminação natural com cortinas abertas apresentou um valor médio de 9,11 lux, portanto abaixo do recomendado pela norma. A diversidade da Iluminância apresentou 3,19 lux, estando dentro do recomendado, já a uniformidade apresentou o valor médio de 0,52 lux, muito abaixo do valor recomendado pela norma.

3.3 CENÁRIO 03 - LUZ ARTIFICIAL

O cenário 03 aferiu o desempenho da iluminação Artificial, com as cortinas fechadas e luzes acesas, para analisar o desempenho do sistema de iluminação artificial, como mostra a Figura 7.

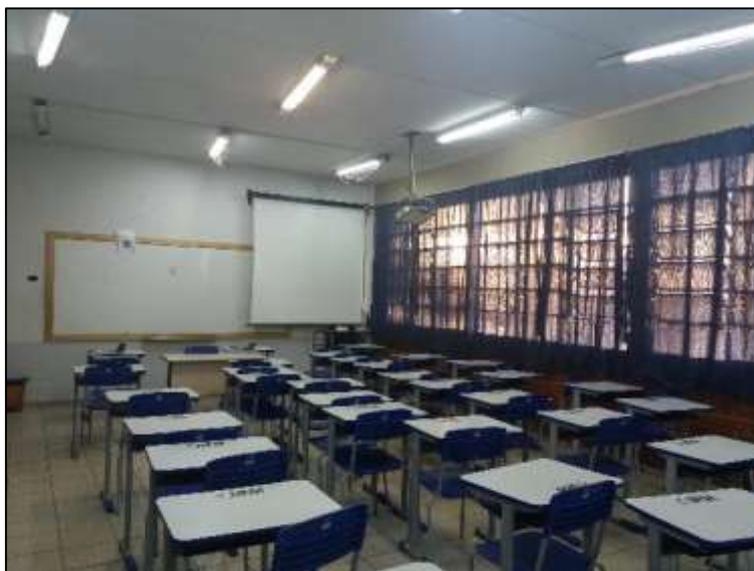


Figura 7: Iluminação Artificial – Bloco D67

Fonte: Autora (2018)

De acordo com os dados aferidos no monitoramento, a Iluminância Média da iluminação natural com cortinas abertas apresentou um valor médio de 1570 lux, portanto acima do recomendado pela norma. A diversidade da Iluminância apresentou 2,1 lux, estando dentro do recomendado, já a uniformidade apresentou o valor médio de 0,65 lux, muito abaixo do valor recomendado pela norma.

3.4 SIMULAÇÕES

Devido a iluminação natural apresentar valores acima do recomendado e zonas de ofuscamento, foi realizado simulações com dispositivos de proteção solares, para analisar qual melhor se adequa ao contexto. Foram analisados os dispositivos: Brise Horizontal com três elementos (Figura 8), Brise Horizontal com seis elementos (Figura 9), Bandeja de Luz com 30 centímetros na parte superior (Figura 10) e Bandeja de Luz com 50 centímetros na parte superior (Figura 11).

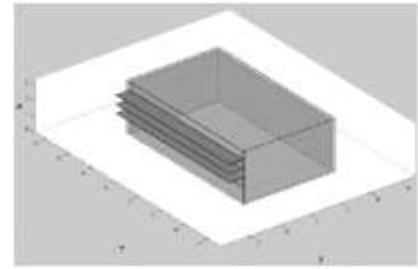
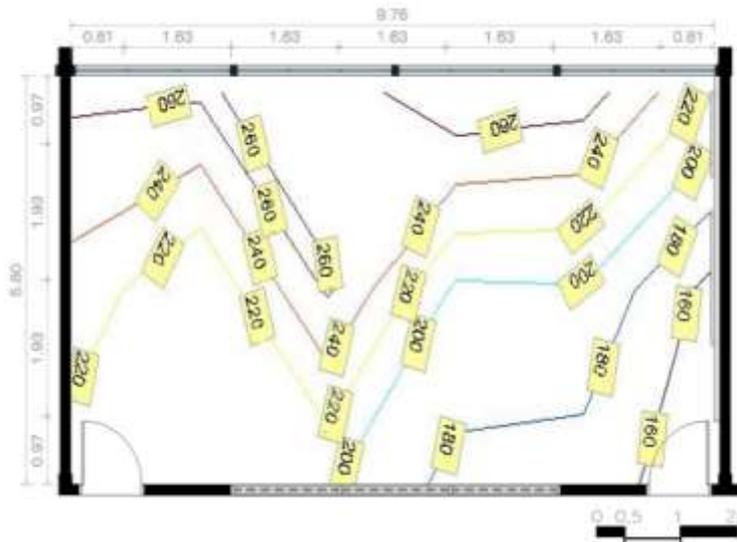


Figura 8: Brise Horizontal com três elementos
Fonte: Autora (2018)

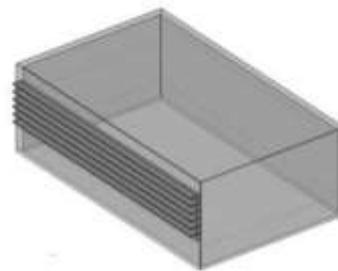
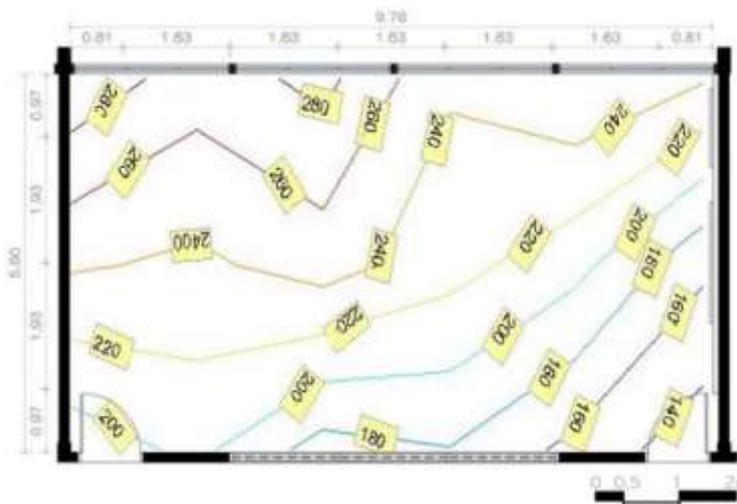


Figura 9: Brise Horizontal com seis elementos
Fonte: Autora (2018)

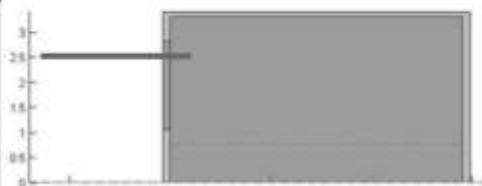
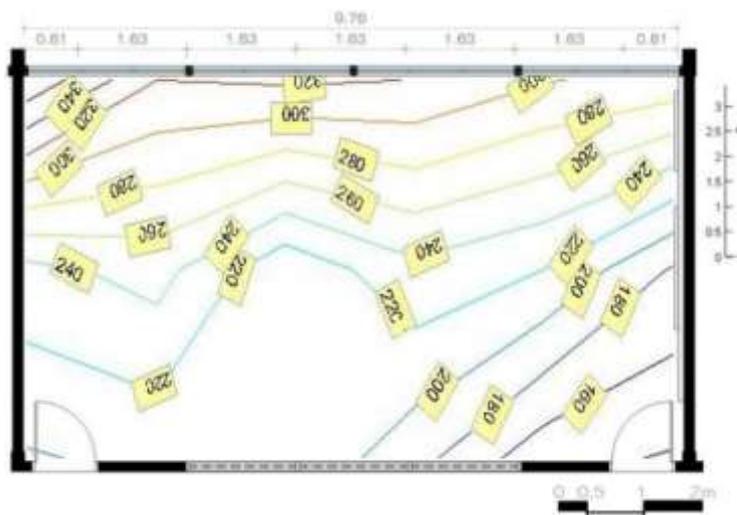


Figura 10: Bandeja de Luz – 30 centímetros
Fonte: Autora (2018)

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**. 6. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 2014.

LANHAM, A.; GAMA, P.; BRAZ, R. **Arquitetura bioclimática: perspectivas de inovação e futuro**. Seminários de Inovação. Instituto superior técnico. Universidade Técnica de Lisboa, 2004.

MAZZO, E. N. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO - natural e artificial - de quatro tipologias de edifício de creche em São Carlos. *In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1., X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., São Paulo. Anais...* São Paulo: USP, 2004. p. 18-21. Disponível em: ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC_2004/trabalhos/PAP1148d.pdf. Acesso em: 20 jul. 2018.

MIOTTO, J. L. **Princípios para o projeto e produção das construções sustentáveis**. Ponta Grossa: UEPG/ NUTEAD, 2013.

VENÂNCIO, H. **Minha casa sustentável: guia para uma construção residencial responsável**. 2. ed. Vila Velha, ES: Edição do autor, 2010.