Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO LUMÍNICO DE SALA DE AULA ATRAVÉS DA PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS E MEDIÇÃO *IN LOCO*[1]

GOLINHAKI, Sabrine (1); PERARDT, Mariana (2); TRENTIN, Priscila Ongaratto (3); PEREIRA FILHO, José Ilo (4)

(1) UTFPR - Pato Branco, eng.sabrinegolinhaki@gmail.com
(2) UTFPR - Pato Branco, marianaperardt@alunos.utfpr.edu.br
(3) UFPR, priscila-trentin@hotmail.com
(4) UTFPR - Pato Branco, ilofilho@yahoo.com.br

RESUMO

A iluminação natural é um recurso renovável e gratuito e, quando priorizada, propicia maiores produtividade e bem-estar do usuário. Dessa forma, uma correta avaliação do desempenho lumínico de um ambiente deve ser feita não somente por métodos quantitativos, mas também pela resposta sensorial do indivíduo que o utiliza. Como estudos indicam que a falta ou o excesso de iluminação pode interferir no aprendizado, o presente estudo procura avaliar o desempenho lumínico de uma sala de aula da UTFPR campus *Pato Branco e buscar propostas de intervenção para oferecer um ambiente com conforto lumínico adequado. A avaliação foi feita utilizando as normas ABNT NBR 8995-1:2013 e 15215-4:2005 e através de entrevista aos usuários. Os resultados obtidos através do questionário se mostraram coerentes com os provenientes de medições* in loco*, o que torna o questionário uma ferramenta satisfatória para avaliação da qualidade da iluminação natural. Propostas de intervenção foram desenvolvidas a partir dos resultados obtidos.*

***Palavras-chave**: Conforto lumínico. Medidas* in loco*. Iluminação.*

ABSTRACT

Artificial lighting is a renewable and free resource and, when prioritized, can lead to greater productivity and well-being of the user. Thus, a correct evaluation of the light performance of an environment should be done not only by quantitative methods, but also by the sensory response of the individual using it. Due to studies that indicate that the lack or the excess of illumination can interfere in the learning, the present study aims to evaluate the lighting performance of a classroom at UTFPR campus Pato Branco and propose an intervention to provide an environment with lighting comfort appropriate. The evaluation was made using standard methods and through an interview to the users. The results of lighting performance obtained through the questionnaire were quite consistent with those obtained from in situ measurements, which makes the questionnaire a satisfactory tool for evaluating the quality of natural light. Intervention proposals were developed from the results obtained.

***Keywords**: Visual comfort. On-site measurements. Lighting.*

---

[1] GOLINHAKI, Sabrine; PERARDT, Mariana; TRENTIN, Priscila Ongaratto; PEREIRA FILHO, José Ilo. Avaliação do desempenho lumínico de sala de aula através da percepção dos usuários e medição *in loco*. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

1 INTRODUÇÃO

A iluminação natural é um recurso renovável, gratuito e abundante. Priorizá-la no ambiente pode conduzir a uma grande economia de energia elétrica. Além disso, a luz natural influencia diretamente na produtividade e no bem-estar do usuário, podendo melhorar a qualidade de vida e gerar benefícios físicos e fisiológicos (LEDER; QUIRINO; PEREIRA, 2016). Não se trata de descartar o uso da iluminação artificial, mas de priorizar a iluminação natural e complementá-la quando necessário.

No ambiente escolar, a falta ou o excesso de iluminação pode interferir no aprendizado, prejudicando o rendimento dos alunos (GIUSTINA; CASTRO, 2013). Atividades como leitura e escrita exigem boas condições lumínicas para o bom desempenho intelectual. Níveis de iluminância inadequados causam cansaço do aparelho visual e repercutem negativamente no aprendizado (SILVA; VILAS BOAS; NIEMEYER, 2019).

A correta disposição dos cômodos em relação à orientação geográfica da edificação, o dimensionamento e a posição das aberturas, os tipos de janelas, a rugosidade e cores dos elementos de vedação, piso e teto, bem como poços de ventilação e iluminação são itens que influenciam na iluminação natural, conforme a NBR 15575 (ABNT, 2013).

Em condições de desconforto físico, tais como ofuscamentos, reflexões e contrastes exagerados, os usuários comumente optam por utilizar cortinas e outros dispositivos de proteção, reduzindo ou eliminando completamente a contribuição da luz natural (LEDER; QUIRINO; PEREIRA, 2016).

A luminosidade insuficiente também é um problema recorrente no que diz respeito ao aproveitamento da luz natural. Isso é comum quando o ambiente possui janela unilateral, que proporciona altos níveis de iluminação na sua proximidade e níveis insuficientes no fundo do ambiente (LEDER; QUIRINO; PEREIRA, 2016).

Frente ao exposto, o desempenho lumínico de um ambiente deve ser avaliado não somente por métodos quantitativos por grandezas físicas, mas também pela resposta sensorial do indivíduo que o utiliza.

Ritter (2014), fez um estudo de caso no campus Pelotas Visconde da Graça em relação às condições de conforto lumínico no período de inverno e concluiu que os dispositivos de proteção interna contra a incidência solar diminuem o nível de iluminação natural, mas são importantes para a redução dos reflexos; e que cores claras aplicadas no piso, paredes e teto proporcionam melhores condições de conforto lumínico. Santos (2015) investigou o desempenho luminoso de uma sala de aula na Universidade Estadual de Maringá e simulou a implementação de marquises e brises de concreto para amenizar os problemas de iluminação excessiva, concluindo que uma geometria pode ser eficaz para céu claro, mas ineficaz em casos de céu encoberto.

A fim de contribuir com os estudos já realizados sobre a temática do desempenho lumínico e para melhorar as estratégias adotadas em edificações dedicadas ao ensino e aprendizagem, o presente estudo procurou avaliar o desempenho lumínico de uma sala de aula de uma instituição de ensino superior e buscar uma proposta de intervenção para oferecer um ambiente com conforto lumínico adequado aos estudantes. A avaliação foi realizada quantitativamente, utilizando as normas ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 e ABNT NBR 15215-4 (2005), e também qualitativamente, através de entrevista com os usuários.

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido de acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 e ABNT NBR 15215-4 (2005). A eficiência da iluminação natural foi determinada por medições com a utilização de um luxímetro da marca Extech Instruments, modelo 407026, que mede a intensidade da luz por meio de sensor e utilizando um questionário de satisfação dos usuários do ambiente. O estudo foi realizado às 10 horas do dia 14 do mês de novembro para o dia ensolarado e às 10 horas do dia 21 do mês de novembro para o dia chuvoso. Os questionários e medições in loco foram realizados concomitantemente.

A sala de aula avaliada faz parte das instalações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Pato Branco. A edificação está situada no sudoeste do Paraná, com clima subtropical. A planta da sala de aula pode ser visualizada nas figuras 2 e 3. As janelas laterais com brises são voltadas para a direção nordeste.

2.1 Questionário

O questionário foi aplicado para buscar informações sobre as percepções visuais dos usuários em relação à iluminação do local, por meio de afirmações a respeito do conforto lumínico do ambiente. A idade média dos alunos participantes foi de 21 anos. No dia ensolarado, 29 alunos participaram da pesquisa, sendo 18 do sexo feminino e 11 do sexo masculino. No dia chuvoso, 24 alunos responderam ao questionário, sendo 15 do sexo feminino e 9 do sexo masculino.

As afirmações expostas aos usuários foram as seguintes: As condições de iluminação são sempre confortáveis; A luz natural neste ambiente é sempre suficiente; Consigo realizar meus trabalhos sem problemas de ofuscamento ou reflexões incômodas; Quanto à iluminação, eu me sinto motivado neste ambiente para realizar o meu trabalho. As opções de respostas foram: discordo, neutro ou concordo. As frases foram baseadas no trabalho de Heschong (2011), que avaliou a iluminação natural em edifícios.

Após a aplicação do questionário, foi disponibilizada para cada aluno participante a planta baixa do espaço com a mesma divisão de pontos utilizada na medição *in loco*, conforme figuras 2 e 3. Os estudantes foram convidados a desenhar na planta as áreas que consideravam bem iluminadas, insuficientemente iluminadas ou excessivamente iluminadas naturalmente.

2.2 Medição da Iluminância

A iluminância foi medida a 0,75m do nível do piso na condição de iluminação natural. O número mínimo de pontos para verificação do nível de iluminação natural com erro inferior a 10% foi determinado pelo índice do local K, determinado pela Equação:

$$K = \frac{C.L}{H_m.(C+L)}$$

Onde:

L - largura do ambiente, em metros;

C - comprimento do ambiente, em metros;

Hm - distância vertical, em metros, entre a superfície de trabalho e o topo da janela, em metros.

A partir do índice K, situado entre 2 e 3, verificou-se que o número de pontos de iluminação natural a serem aferidos no local é de 25, conforme a ABNT NBR 15215-4 (2005). Como os pontos divididos devem ter área próxima de um quadrado, optou-se pela realização de medições de iluminação em 24 pontos, no centro de cada área. A iluminância média foi obtida a partir da média aritmética de todos os pontos aferidos.

A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 determina a iluminância mantida necessária na superfície de referência, a qual é de 500 lux para salas de aula de educação de adultos. A norma estabelece ainda que em áreas onde um trabalho contínuo é realizado, a iluminância não pode ser inferior a 200 lux. Neste trabalho foram considerados até 200 lux como área pouco iluminada, acima de 200 lux até 500 lux como área bem iluminada e, acima de 500 lux, área excessivamente iluminada. As medições da iluminação natural e a aplicação do questionário foram realizadas em duas oportunidades, sendo um dia chuvoso e outro ensolarado, visando analisar as duas situações que podem ocorrer no local.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, é possível observar a percepção dos usuários quanto ao conforto lumínico na sala de aula em dia chuvoso e em dia ensolarado. Com o questionário, pode-se obter parâmetros qualitativos em relação ao conforto lumínico.

No dia chuvoso, em relação à afirmação 1, nenhum aluno concorda que as condições de iluminação são sempre confortáveis, o que é esperado, visto que a iluminação natural varia conforme a presença de nuvens. Em contrapartida, quando o questionário foi aplicado em dia ensolarado, 24% dos alunos concordaram com essa afirmação.

Na afirmação 2, no dia chuvoso, 13% dos alunos concordaram que a luz natural é sempre suficiente no ambiente, enquanto 28% concordaram com a mesma afirmação no dia ensolarado. As diferenças de resposta podem estar relacionadas ao fato de uma parcela dos alunos não observarem com atenção a iluminação do ambiente no seu dia-a-dia, sendo que quando aplicado o questionário, sua percepção ficou ligada somente ao momento da aplicação do mesmo.

Sobre a afirmação 3, 54% dos alunos discordaram da mesma, ou seja, que conseguem realizar seus trabalhos sem problemas de ofuscamento ou reflexões, contra 72% no dia ensolarado. Nos dias de céu aberto, a incidência direta da luz solar pode ocorrer, o que causa incômodo nos usuários, principalmente para os que sentam próximos às aberturas externas.

Já na afirmação 4, nos dois casos, aproximadamente metade dos estudantes declararam-se neutros sobre sentirem-se motivados a realizar os seus trabalhos em relação ao conforto lumínico. 29% discordaram da afirmação no dia chuvoso e 25% discordaram no dia ensolarado.

Figura 1 – Respostas do questionário aplicado em sala de aula

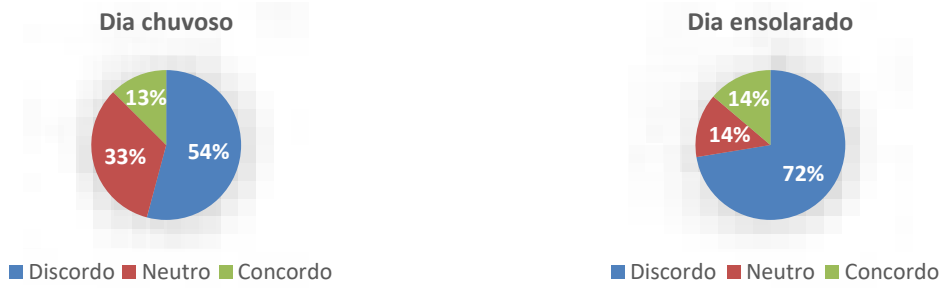
1) As condições de iluminação são sempre confortáveis.



2) A luz natural neste ambiente é sempre suficiente.



3) Consigo realizar meus trabalhos sem problemas de ofuscamento ou reflexões incômodas.



4) Quanto à iluminação, eu me sinto motivado neste ambiente para realizar o meu trabalho.



Fonte: Os Autores

Nas Figuras 2 e 3 a seguir podem ser observados os quadrantes adotados em sala de aula para percepção do usuário e medições. Na primeira são apresentados os resultados do dia chuvoso, e na útlima, do dia ensolarado.

É importante ressaltar que, nos pontos 19, 21, 22 e 24, aglomeram-se as cortinas quando abertas, para permitir a entrada de iluminação natural. Porém, o tecido

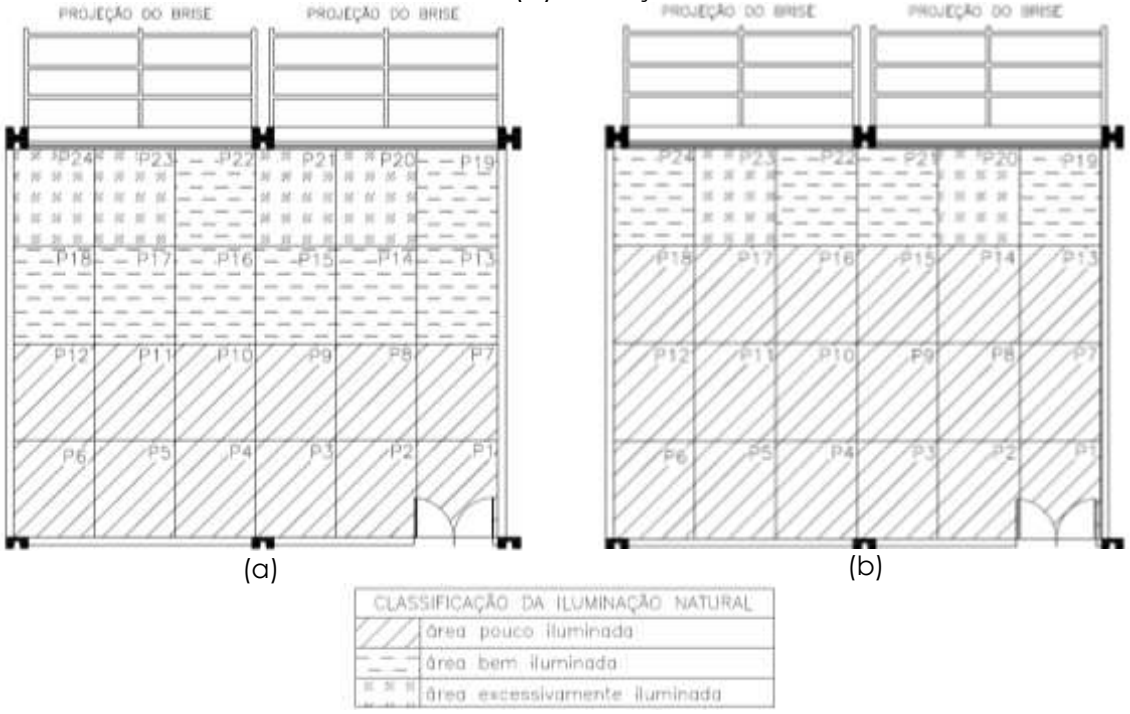
ocupa uma área da janela, o que reduz a incidência direta da luz solar nesses quadrantes.

Comparando as plantas da Figura 1, pode-se perceber que nos dois casos, os pontos de 1 a 12 apresentam-se com iluminação insuficiente. É esperado que as áreas próximas das janelas possuam melhor desempenho lumínico. Quanto mais longe o ponto estiver das aberturas externas, menor será o aproveitamento da iluminação natural. Nos pontos 13 a 18 pela medição in loco a iluminação é insuficiente, já para os usuários, a iluminação foi considerada suficiente. Os pontos 20 e 23 foram considerados, nos dois casos, com iluminação excessiva, e 19 e 22 com iluminação suficiente. Os pontos 21 e 24 foram considerados com iluminação excessiva pelos usuários, mas com iluminação suficiente pela norma. Os brises presentes nas janelas deveriam impedir a ocorrência de iluminação excessiva no ambiente, porém não foi verificada total eficiência dos mesmos.

Quando comparam-se as plantas da Figura 2, os resultados diferem mais do que no dia chuvoso. O ponto 1 situa-se em frente a porta da sala de aula, e é considerado bem iluminado pelos usuários, mas pouco iluminado pela norma. Dos pontos 2 ao 6 há uma convergência de resultados, ambos consideram a área pouco iluminada.

Os pontos 7 ao 13 são considerados pouco iluminados pela norma e bem iluminados pelos alunos. Dos pontos 14 ao 18, para as duas análises os quadrantes são bem iluminados. Quando analisados os pontos 19 ao 24, são considerados excessivamente iluminados, com exceção do quadrante 21, considerado bem iluminado pela norma.

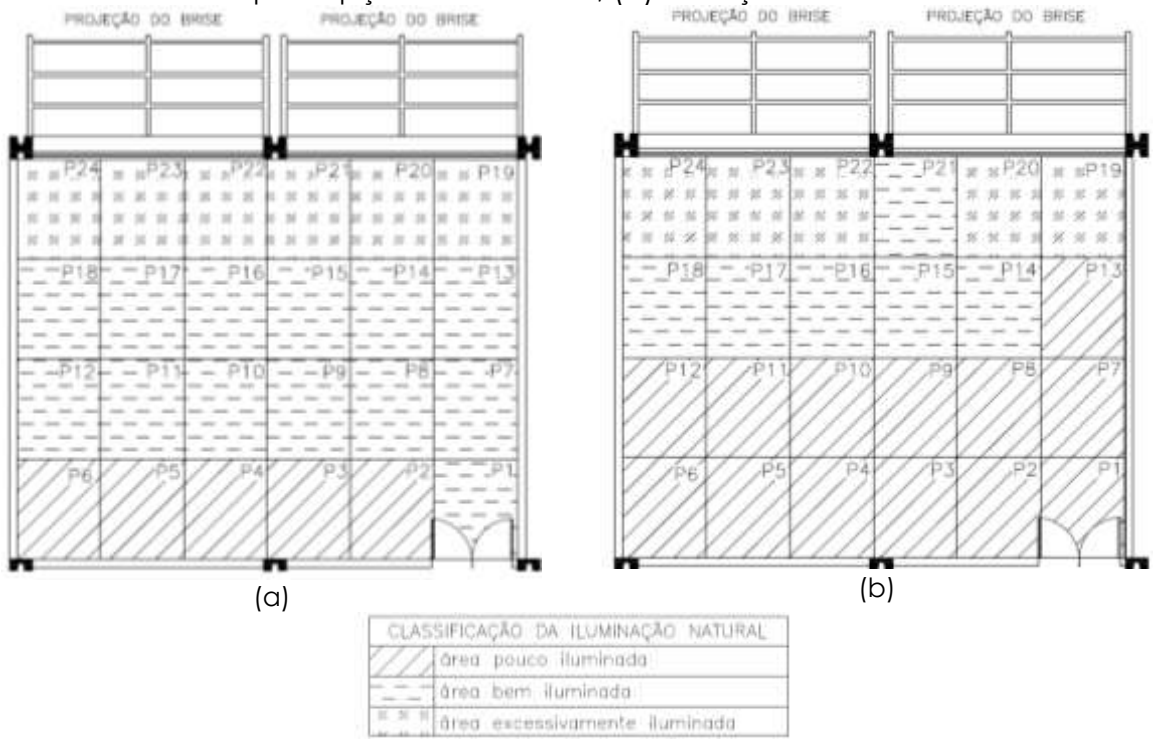
Figura 2 – Classificação da sala de aula em dia chuvoso conforme (a) percepção dos usuários, (b) medições *in loco*



Fonte: Os Autores

Ao confrontar os resultados do dia chuvoso com o dia ensolarado, fica claro que, no segundo caso, a iluminação natural é melhor aproveitada na sala de aula. Nas duas situações, os quadrantes próximos das janelas acabam recebendo iluminação excessiva, enquanto que a fileira de quadrantes mais distante das janelas possui iluminação insuficiente, o que é comum em ambientes com janelas unilaterais.

Figura 3 – Classificação da sala de aula em dia ensolarado de acordo com (a) a percepção dos usuários, (b) medições *in loco*



Fonte: Os Autores

4 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Como a sala de aula possui janelas unilaterais, as quais causam incidência de iluminação insuficiente (abaixo de 200 lux) nas áreas mais afastadas das aberturas, verifica-se a viabilidade de instalação de janelas na parede oposta às existentes, o que também beneficiaria a ventilação. No entanto, tal parede está voltada para área de circulação coberta com laje e com a existência de vegetação em frente ao corredor. A altura de instalação das aberturas deverá, nesse caso, ser analisada considerando a influência desses elementos.

Outra medida que poderia ser adotada, é optar por cores claras no piso, teto e paredes e com superfícies que permitam boa reflexão, resultando em uma melhor distribuição da luz dentro do ambiente. Até mesmo a adoção de cores claras nas carteiras poderiam contribuir para a melhor disseminação lumínica nas áreas de iluminação insuficiente. No entanto, a refletância precisa ser tratada com cautela para não causar ofuscamento nos alunos acomodados próximo às janelas.

O emprego de persianas em substituição às cortinas atualmente utilizadas atuaria como elemento de controle, pois proporciona o uso entreaberto quando da incidência de iluminação excessiva (acima de 500 lux), permitindo que o usuário regule a entrada da iluminação natural sem eliminá-la totalmente. Outra alternativa para reduzir o ofuscamento dos alunos que sentam-se próximos às janelas, seria o emprego de bandejas de luz. Esse dispositivo auxilia também na melhor distribuição da iluminação natural nos pontos mais distantes da janela.

Recalcular as brises existentes, considerando a localização e orientação da edificação, para verificar se as mesmas estão instaladas na posição e angulação corretas, bem como reconsiderar o material e as cores empregadas, poderia ser uma

forma de encontrar melhorias para evitar a iluminação excessiva que ocorre nos quadrantes próximos às janelas.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo avaliou o desempenho lumínico de uma sala de aula de uma instituição de ensino superior por meio de avaliação quantitativa, com medições *in loco*, e de forma qualitativa, por meio de questionário aplicado aos usuários. Os resultados levantados através do questionário se mostraram coerentes com os provenientes de medições *in loco*, o que o torna uma ferramenta satisfatória para avaliação de ambientes quanto à qualidade da iluminação natural. Os dois métodos confirmaram iluminação excessiva próximo às aberturas e iluminação insuficiente na profundidade do ambiente, problema comum em ambientes com aberturas unilaterais. Dentre as propostas de intervenção expostas, estão a criação de aberturas na outra lateral da sala para permitir a entrada de iluminação nos quadrantes próximos à porta; a adoção de cores claras nas paredes, pisos, tetos e demais superfícies para uma melhor distribuição da luminosidade no interior do ambiente; a substituição de cortinas por persianas, para dosar a luminosidade excessiva sem eliminá-la por completo, ou a adoção de bandejas de luz; e a adequação das brises existentes para barrar a luminosidade direta excessiva.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações** – Parte 4: Método de medição. NBR 15215-4. Rio de Janeiro: ABNT, 2005

_____. **Iluminação de ambientes de trabalho** – Parte 1: Interior. NBR ISSO/CIE 8995-1. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____**. Desempenho de edificações habitacionais**. NBR 15575. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

GIUSTINA, Luana Dela; CASTRO, Luiz César de. **Critérios de projeto para conforto ambiental: estudo de caso-salas 17 e 18 do bloco XXIA da UNESC**. 2013.

HESCHONG, Lisa. **DaylightMetrics.** California Energy Comission. HeschongMahoneGroup, 2011.

LEDER, Solange M; QUIRINO, Luana Maria de Medeiros; PEREIRA, Yasmin Vaz Cavalcanti. **Dutos verticais de captação de luz natural e ventilação cruzada em salas de aula.** XVI ENTAC. São Paulo, 2016.

RITTER, Viviane Mülech. **Avaliação das condições de conforto térmico, lumínico e acústico no ambiente escolar, no período de inverno**: O Caso do Câmpus Pelotas Visconde da Graça. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

SANTOS, Caio Vinicius Gonzaga de Brito dos. **Estudo de desempenho luminoso em sala de aula** – Estudo de caso – Maringá, PR. XXIV EAIC, 2015.

SILVA, Luana Furlan; VILAS BOAS, Sofia Schrader; NIEMEYER, Carlos Augusto. **Desempenho lumínico em salas de aula segundo as normas nacionais**: relato de uma experiência. COGITARE, v. 2, n. 1, dez, 2019.