XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Avaliação da iluminação em escola pública do ensino médio integral em Aracaju/SE: Estudo de caso em salas de aula.

Evaluación de la iluminación en una escuela pública de educación media integral en Aracaju/SE: Estudio de caso en aulas.

Evaluation of lighting in a public integrated high school in Aracaju/SE: A case study in classrooms.

Iluminação natural e artificial / Iluminación natural y artificial/ Natural and artificial lighting

Doria Ribeiro, Angelica
Arquiteta e Urbanista, Universidade Federal de Sergipe, Laranjeiras/SE, Brasil,
ange_doria@hotmail.com

Vitor Sousa Ribeiro, Pedro
Doutor, Universidade Federal de Sergipe, Laranjeiras/SE, Brasil,
pedrovsribeiro@academico.ufs.br

César Montalvao Guedes, Italo
Doutor, Universidade Federal de Sergipe, Laranjeiras/SE, Brasil,
italomontalvao@academico.ufs.br

Resumo

A implementação do Ensino Médio Integral em escolas públicas de Aracaju-SE aconteceu gradualmente. Assim, os alunos passam mais tempo em sala e, por este motivo, a iluminação é um aspecto que os afeta. Logo, com o tempo, condições inadequadas de iluminação podem gerar problemas visuais como a fadiga, prejudicando a percepção e assimilação dos alunos. É nesse contexto e na importância da escola para a sociedade que o trabalho tem como objetivo avaliar as condições da iluminação em salas de aula de um colégio público que adotou a nova modalidade, em Aracaju-SE. A pesquisa foi realizada mediante análise quantitativa da iluminação natural e artificial, com medições *in loco*, seguindo as recomendações das NBR 15215-4(2005) e NBR ISO/CIE 8995-1(2013). Os resultados da pesquisa demonstraram que as salas não atingiram os valores recomendados. A pesquisa contribui para evidenciar a necessidade de estudos sobre iluminação em escolas públicas, destacando a importância do conforto luminoso nas salas de aula.

Palavras-chave: Escolas públicas do ensino médio Integral. Sala de aula. Conforto luminoso; Desempenho luminoso.

Resumen

La implementación de la Educación Media Integral en las escuelas públicas de Aracaju-SE se llevó a cabo de manera gradual. Así, los estudiantes pasan más tiempo en el aula, por lo que la iluminación es un aspecto que les afecta. Con el tiempo, las condiciones inadecuadas de iluminación pueden generar problemas visuales como la fatiga, perjudicando la percepción y asimilación de los alumnos. En este contexto, y considerando la importancia de la escuela para la sociedad, este trabajo tiene como objetivo evaluar las condiciones de iluminación en las aulas de una escuela pública que adoptó esta nueva modalidad en Aracaju-SE. La investigación se realizó mediante un análisis cuantitativo de la iluminación natural y artificial, con mediciones in situ, siguiendo las recomendaciones de las NBR 15215-4 y NBR ISO/CIE 8995-1. Los resultados de la investigación demostraron que las aulas no alcanzaron los valores recomendados. Este estudio contribuye a evidenciar la necesidad de investigaciones sobre iluminación en escuelas públicas, destacando la importancia del confort luminoso en las aulas.

Palabras clave: Escuelas públicas de educación media integral. Aula. Conforto luminoso. Desempeño luminoso.

Abstract

The implementation of Full-Time High School in public schools in Aracaju-SE occurred gradually. As students spend more time in the classroom, lighting becomes a crucial aspect that affects them. Over time, inadequate lighting conditions can lead to visual problems such as fatigue, hindering students' perception and comprehension. In this context, and considering the importance of schools in society, this study aims to evaluate the lighting conditions in classrooms of a public school that adopted this new model in Aracaju-SE. The research was conducted through a quantitative analysis of natural and artificial lighting, with on-site measurements following the recommendations of NBR 15215-4 and NBR ISO/CIE 8995-1. The results showed that the classrooms did not meet the recommended values. This research highlights the need for studies on lighting in public schools, emphasizing the importance of luminous comfort in classrooms.

Keywords: Public schools offering Full-Time High School. Classroom. Luminous comfort. Lighting performance.

Introdução

A iluminação é um aspecto fundamental no ambiente escolar, uma vez que diversas informações são transmitidas pela visão ao sistema circadiano (Bertolotti, 2007). Más condições de iluminação podem gerar problemas como a fadiga visual, dificultando o aprendizado dos alunos. Ademais, uma distribuição não uniforme de luz pode provocar desconforto visual, seja por ofuscamento ou reflexos no campo visual (Cardoso, 2006). O uso da iluminação natural é preferível em edificações, principalmente em escolas, melhorando o desempenho dos alunos. Por ser um país tropical, o Brasil possui grade disponibilidade de luz solar, apesar de sua intensidade variar de acordo com as condições climáticas. Mesmo assim, faz-se necessário complementar com a iluminação artificial, quando a iluminação natural não é suficiente (Lopes, 2006).

No ano de 2017 foi sancionada a lei que propõe modificações no ensino básico no Brasil, alterando a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). Uma das mudanças foi a ampliação da carga horária mínima do ensino médio de 800 para 1000 horas até o ano de 2022 (Brasil, 2017). Por meio da Portaria n° 727 (Brasil, 2017), o Ministério da Educação estabeleceu o Programa de Fomento à implementação de Escolas em Tempo Integral, e a Lei n° 13.415 (Brasil, 2017) e a Política de Fomento à implementação de Escolas em Tempo Integral. Logo após, vários estados, como também em Sergipe, começaram a implementar o Ensino Médio Integral, que está vigente desde 2018. Antes da lei federal, em Sergipe instituiu uma lei que estabelece que 50% das escolas públicas devem oferecer educação em tempo integral até 2024.

Com a nova modalidade de Ensino Médio na rede de ensino pública os alunos têm permanecido mais tempo em sala, fazendo com que a adequação ambiental dos espaços seja uma necessidade ainda maior. Diante da ampliação do Ensino Médio Integral na capital sergipana e o aumento no número de alunos inscritos na nova modalidade, identifica-se a necessidade de avaliar o conforto luminoso das salas de aula. Segundo Lopes (2006), para aproveitar o ambiente construído de modo integral, é necessário utilizar todos os sentidos e a visão é o principal no auxílio da compreensão da arquitetura.

O trabalho tem como objetivo avaliar as condições de iluminação de salas de aulas em uma escola onde foi implantado o Novo Ensino Médio Integral, analisando se o desempenho da iluminação natural e artificial estão adequados para um ambiente escolar. Por meio da análise

do desempenho lumínico através da medição *in loco* nas salas de aula, propõe-se investigar os níveis de iluminação natural e artificial, buscando entender estes se são adequados para o uso e conforto dos alunos e professores. A pesquisa é fruto do trabalho de conclusão de curso da autora.

Metodologia

Para a escolha do objeto de estudo foram adotados os seguintes critérios: ser uma escola da rede pública estadual de Aracaju que adotou o novo ensino médio integral; estar funcionando na edificação original (não em local provisório); e, ter somente a modalidade de ensino médio em sua instituição. A escola escolhida foi o Centro de Excelência Gov. Djenal Tavares Queiroz (Figura 1), localizado no bairro São José na cidade de Aracaju. Esta escola desempenha um papel importante para a sociedade, uma vez que recebe vários alunos de diversas regiões. O colégio implantou a nova modalidade de ensino, mas não passou por adequações para comportar os alunos por mais tempo em sala de aula. Sendo assim, existem déficits relacionados ao conforto luminoso, caracterizando-a como um objeto apropriado para a avaliação.

Figura 1: Fachadas Oeste, Sul e Leste do Centro de Excelência Gov. Djenal Tavares Queiroz.



Fonte: Autora (2023).

No ano de 2022 após reivindicações dos alunos, foram realizadas melhorias no colégio, dentre elas cortinas e *blackouts* nas salas, uma vez que a luz que adentrava dificultava a leitura da lousa branca e atrapalhava o processo de aprendizagem dos alunos (SEDUC, 2022). Durante as visitas *in loco*, realizadas pela autora foi possível perceber que a demanda não foi atendida.

A metodologia do trabalho seguiu as etapas de: 1. Levantamento cadastral (escolha das salas de aula e análise de características do ambiente); 2. Cálculo da malha de pontos 3. medições in loco;

4. Cálculos das métricas em relação a luz natural; 5. Cálculos das métricas em relação a luz artificial; 6. análise em comparação frente as normas e proposições de adequação.

Para o cálculo da malha de pontos, medições e métricas foi utilizado a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1(2013) e da NBR 15215-4 (2005). No caso da avaliação interna da iluminação natural foi utilizado a NBR 15215-4 (2005), pois os cálculos e medições no objeto de estudo ocorreram anteriormente a publicação da revisão desta NBR, a qual foi publicada em julho de 2023.

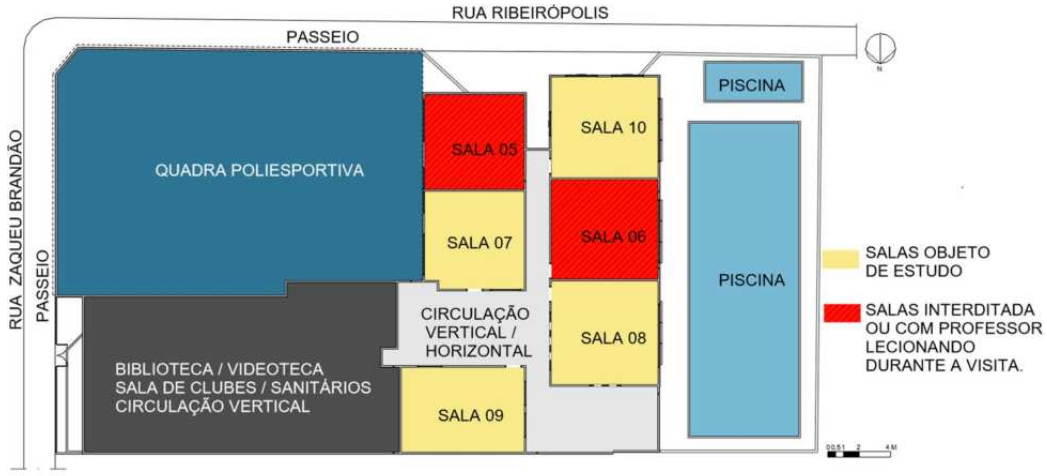
Escolha das salas de aula e análise das características do ambiente

O levantamento cadastral foi realizado tendo como base as plantas técnicas oferecidas pela SEDUC – Secretaria de Estado da Educação e da Cultura. Nela foram feitas as conferências das informações in loco, utilizando uma treina a laser da marca Bosch®. Após a verificação os dados foram inseridos no programa Revit®.

Para determinar as salas que seriam analisadas foram realizadas visitas técnicas para entender a utilização, suas características e a possibilidade de realizar as medições. Após as visitas constatou-se que alguns ambientes não estavam sendo utilizados como salas de aula. Foram escolhidas então quatro salas que possibilitaram 4 cenários diferentes, todas localizadas no segundo pavimento (Figura 2). As salas do primeiro pavimento não foram escolhidas porque nos dias das visitas estavam com professores lecionando. As salas escolhidas foram as salas 7, 8, 9 e 10 (Figura 3).

As quatro salas têm os materiais de piso, parede e teto iguais: piso de granilite cinza natural; paredes metade cerâmica branca e metade pintura branca; e, janelas do tipo *maxim-ar* (vidro e alumínio) semelhantes. As salas 7 e 9 não possuem aberturas voltadas para a face externa da edificação, suas janelas são voltadas para os corredores que não possuem iluminação natural. No caso da sala 7, algumas janelas são voltadas para uma quadra poliesportiva coberta. A sala 7 possui três aberturas, uma delas encontra-se obstruída por cartolinas e as demais por cortinas. A sala 8 possui uma abertura voltada para o exterior da edificação (fachada oeste); no entanto, ela encontra-se obstruída por cartolinas e tecido (TNT), além de ter brises horizontais. A sala 10 tem quatro aberturas, três delas voltadas para o exterior da edificação, as quatro estão obstruídas por cartolina, tecido TNT e a voltada para oeste com brises.

Figura 2: Planta de setorização do segundo pavimento do Centro de Excelência Gov. Djenal Tavares de Queiroz.



Fonte: Base do levantamento da SEDUC, com adaptações da autora (2023).

Figura 3: Salas de aula 07, 08, 09 e 10, respectivamente.



Fonte: Autora (2023).

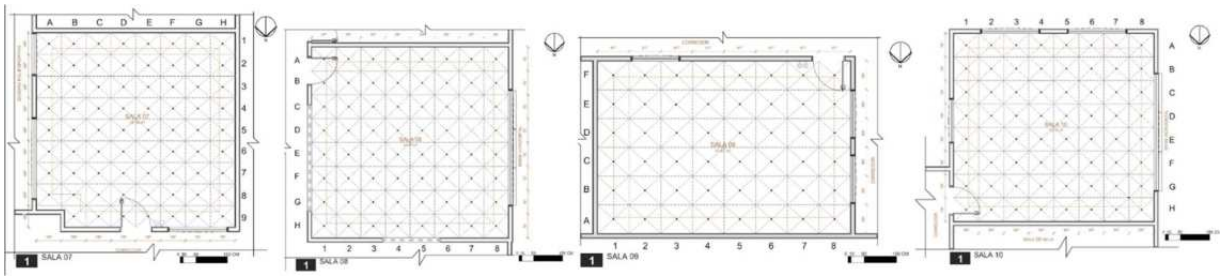
Em relação a iluminação artificial, as luminárias das 4 salas são do tipo tubular Led, sem possibilidade de ajuste na intensidade da iluminação. Nas salas 8, 9 e 10, pelo menos uma das luminárias possui uma de suas lâmpadas queimadas.

Cálculo da malha e medições *in loco*.

Para obter os resultados referentes à iluminação natural e artificial, foi calculada a malha de pontos (Figura 4) para as salas de aula 7, 8, 9 e 10, seguindo as recomendações da ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1 (2013) e da NBR 15215-4 (2005). As medições in loco, foram executadas em cada sala com o auxílio de um luxímetro modelo TM-202. Nas salas 8 e 10 foram medidos 64 pontos,

na 7 e 9 foram medidos respectivamente, 71 pontos e 48 pontos. O plano de trabalho definido foram as carteiras dos alunos que estavam a uma altura de 75 cm.

Figura 4: Malhas de pontos das salas de aula 07, 08, 09 e 10.



Fonte: Autora (2023).

As medições foram realizadas no dia 30 de junho de 2023 – próximo ao solstício de inverno, com a condição de céu nublado. Durante o dia foram aferidos os valores de iluminância referentes a luz natural e artificial integradas. No momento da aferição in loco nas salas encontravam-se somente as pessoas necessárias para as medições. As aferições foram realizadas simultaneamente nos pontos internos e em um ponto fixo externo desobstruído. Com os valores obtidos foi possível calcular o Fator de Luz do Dia (FLD), a iluminância e a uniformidade da iluminância. Nas salas 8 e 9, não foi possível realizar a medição simultânea para o cálculo do FLD, uma vez que no momento da aferição delas começou a chover e o luxímetro não poderia ficar exposto a chuva. Após a coleta os dados foram inseridos em planilha eletrônica para realizar a análise e a comparação com os parâmetros estabelecidos pelas normas para a avaliação da iluminação natural e artificial.

Para o cálculo da iluminação natural foi adotada a NBR 15215-4 (ABNT, 2005). Como parâmetro de análise da iluminação natural das salas foi utilizada a métrica Fator de Luz do dia (FLD) - O FLD foi utilizado como métrica, pois ele independe da hora do dia ou da estação do ano, como também pode ser medido em condições de céu desfavoráveis -. Após os cálculos foi possível chegar aos valores de FLD médio, máximo e mínimo de cada sala.

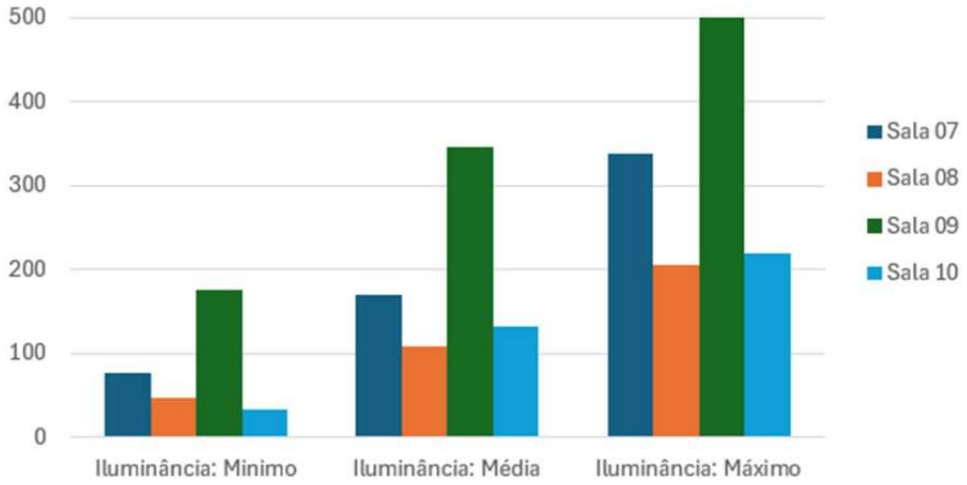
Para o cálculo da iluminação artificial foi adotada a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Como parâmetro de análise da iluminação artificial das salas foi utilizada a métrica iluminância e a uniformidade da iluminância. Com esses valores foi possível a produção de gráficos de superfície

no próprio Excel. Os resultados obtidos com base nas medições in loco, serão apresentados da seguinte forma: Iluminação artificial com base nos cálculos obtidos a partir das medições in loco e Iluminação natural das salas de aula baseada nas medições in loco.

Resultados e discussões

Após os cálculos foi possível chegar aos valores de Iluminância média, máximo e mínimo de cada salas (Figura 5), como também a uniformidade da iluminância de cada sala (Figura 6). De acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), recomenda-se que em salas de aula sejam atingidos os valores de 300 lx. O valor recomendado de uniformidade da iluminância pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) é de 0,7.

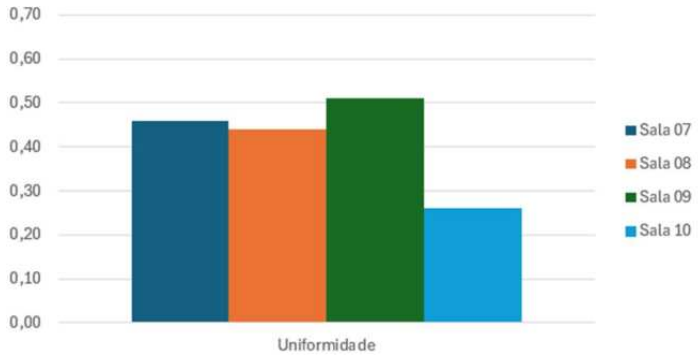
Figura 5: Valores calculados de Iluminância mínima, média e máxima nas salas 07, 08, 09 e 10.



Fonte: Autora (2023).

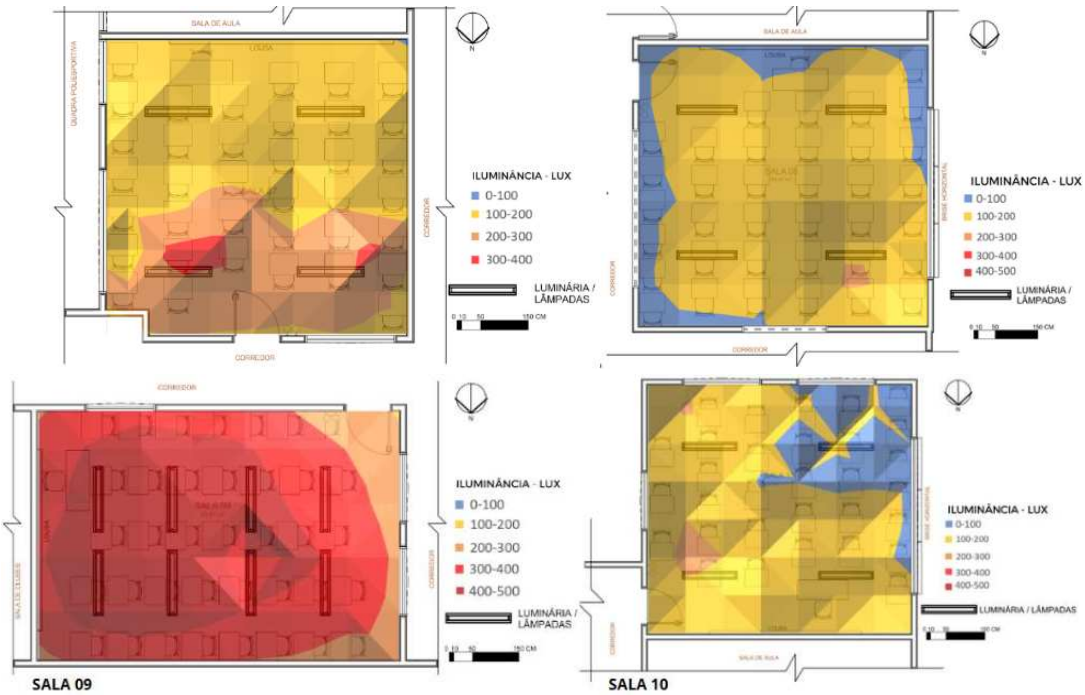
O resultado dos cálculos do iluminância das salas 07, 08, 09 e 10 podem ser expressos por meio de um gráfico de superfície de contorno, produzido no programa Excel, os quais foram tratados e sobrepostos sobre uma planta com o auxílio do programa Illustrator. Na Figura 7 podemos observar os resultados alcançados.

Figura 6: Valores calculados de uniformidade da iluminância nas salas 07, 08, 09 e 10.



Fonte: Autora (2023).

Figura 7: Gráficos de superfície de contorno, salas de aula 07, 08, 09 e 10.



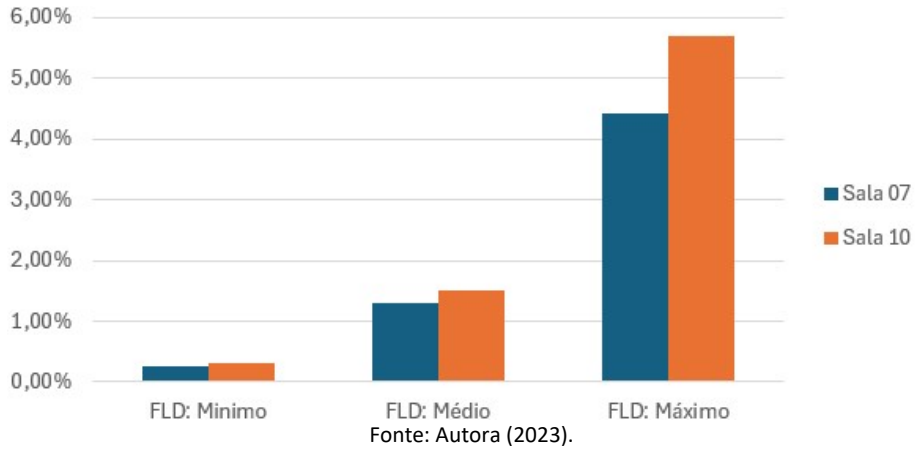
Fonte: Autora (2023).

É possível observar através do gráfico de colunas e o de superfície de contorno que somente a sala 09 conseguiu alcançar a iluminância média de 300 lx preconizada pela NBR ISO/CIE 8995-1

(ABNT, 2013). A iluminância das salas não é uniforme, uma vez que nenhuma sala conseguiu chegar aos 0,7, valor de uniformidade determinado pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Essa falta de uniformidade acontece porque em todas as salas, e em pelo menos uma das luminárias, havia uma lâmpada queimada. Assim, nestas regiões próximas às luminárias com uma de suas lâmpadas queimadas a iluminância era menor. Somente a sala 09 atende ao valor de iluminância média, e nenhuma das salas avaliadas atende ao quesito de uniformidade da iluminância.

Para a Iluminação Natural, após os cálculos foi possível chegar aos valores de FLD médio, máximo e mínimo de cada sala, que estão representados na figura 8. De acordo com a BREEAM (2023), salas de aula do ensino médio devem alcançar no mínimo 2% em no mínimo 80% da sua área. Essa norma foi utilizada, uma vez que não existem normas brasileiras relacionadas ao Fator de luz do dia, sendo assim foi adotado os valores da norma britânica. O FLD foi utilizado como métrica, pois ela independe da hora do dia ou da estação do ano, como também pode ser medido em condições de céu desfavoráveis. Somente as salas 07 e 10 foram possíveis calcular o FLD, pois nas demais salas durante a medição simultânea foi necessário parar a medição externa, por causa da chuva que ocorreu durante o momento das medições *in loco*.

Figura 8: Valores calculados de FLD Mínimo, Médio e Máximos, salas 07 e 10.

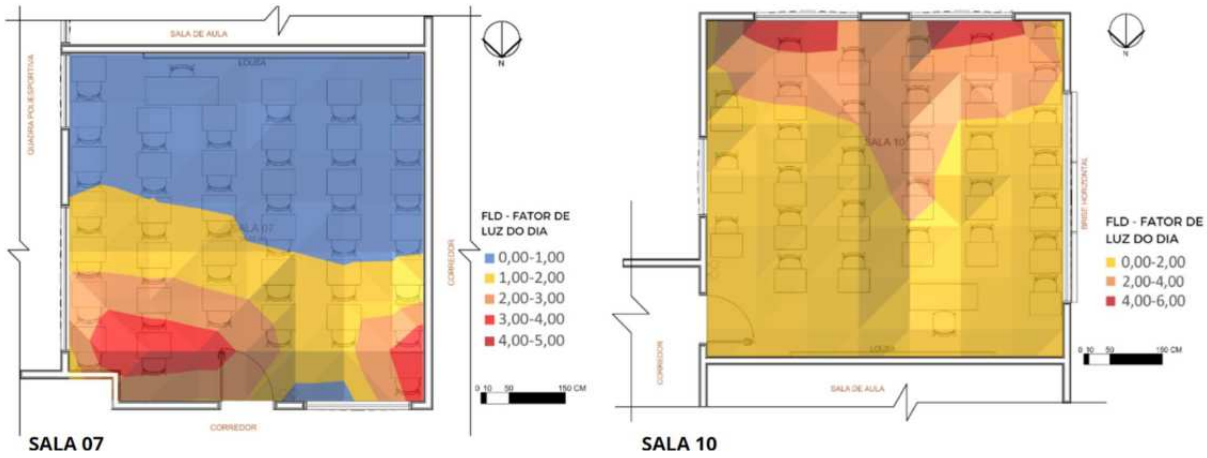


Fonte: Autora (2023).

O resultado dos cálculos do FLD das salas 07 e 10 podem ser expressos por meio de um gráfico de superfície de contorno, produzido no programa Excel, os quais foram tratados e sobrepostos

sobre uma planta com o auxílio do programa Illustrator. Na Figura 9 podemos observar os resultados alcançados.

Figura 9: Gráficos de superfície de contorno, salas de aula 07 e 10.



Fonte: Autor (2023).

É possível observar que nenhuma das salas conseguiram alcançar em pelo menos 80% do espaço o valor de FLD recomendado de 2%. Na sala 07 aproximadamente 21% da área conseguiu alcançar 2% ou mais do valor de FLD e na sala 10 foi alcançado em aproximadamente 22% da área da sala 2% do FLD. A iluminação natural não é uniforme e tem uma maior concentração na parte da sala próxima às janelas desobstruídas como na maioria dos ambientes iluminados naturalmente. A sala 07 encontra-se no meio da edificação, as janelas à esquerda são voltadas para uma quadra poliesportiva coberta. Já a sala 10, tem aberturas voltadas para o exterior e obstrução das janelas com cartolinas e proteção solar inadequada impediu que atingisse os níveis adequados. Sendo assim, nenhuma das duas salas atende os parâmetros.

Conclusão

O estudo das condições de iluminação nas salas do colégio evidencia que, apesar da existência de normas e dos avanços das pesquisas na área de iluminação, as condições de iluminação são frequentemente ignoradas, resultando em desconforto nos usuários e impactando na saúde.

Ao analisar a iluminação natural, constatou-se que nenhuma das duas salas onde foi possível realizar o estudo atingiu os valores recomendados pela BREEAM (2023). A falta de uma norma brasileira que estabeleça valores adequados em relação ao fator de luz do dia, para edificações escolares, dificulta a sua exigência. Fatores arquitetônicos, como a obstrução das aberturas (ocasionado pelo desconforto dos usuários) e poucas aberturas voltadas para o exterior da edificação, interferem no conforto luminoso, como também a escolha inadequada das proteções solares. Para haver um melhor conforto, é necessário substituir as proteções solares que atualmente encontram-se deterioradas e realizar alterações no layout das salas para evitar ofuscamentos.

No tocante à iluminação artificial, somente uma sala atingiu os valores recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (2013), como também nenhuma alcançou o valor de uniformidade da iluminância exigida. Falhas no sistema de iluminação, como as lâmpadas queimadas, contribuíram para os resultados insatisfatórios. Para melhorar a iluminação artificial, é necessário projetar um sistema adequado, como também substituir as lâmpadas por modelos de maior fluxo luminoso e substituir as lâmpadas queimadas.

A pesquisa apresentou algumas limitações, como, a necessidade de que as salas de aula estivessem vazias para a realização das medições *in loco*, além de que o colégio não abre aos finais de semana. Houve dificuldade em conseguir um dia adequado para realização das medições e, ainda assim, garantir que o céu estivesse nublado, condição necessária para o cálculo do FLD. Além disso, o curto período disponível para a realização da pesquisa limitou o avanço em alguns aspectos, como a análise da iluminação em todas as salas de aula escolhidas, além da ocorrência de chuvas, que atrapalharam as medições externas com o luxímetro.

Por fim, a iluminação natural e a artificial devem se complementar de modo a garantir um desempenho adequado e conforto. Embora a pesquisa não tenha permitido uma análise mais profunda, foram ouvidas queixas dos alunos pela equipe diretiva do colégio em relação à iluminação. Evidenciando a necessidade de melhoria na escola em relação ao conforto luminoso antes da implementação do novo ensino médio integral. O estudo destaca a importância da avaliação do conforto luminoso em salas de aula, especialmente nas escolas públicas de Aracaju-SE. Em síntese, a pesquisa contribui para a discussão sobre a relevância do conforto luminoso em ambientes escolares.

Referências / *Referencias / References*

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ISO/CIE 8995-1: Iluminação de Ambientes de Trabalho - Parte 1 - Interior. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15215-4: Iluminação Natural - Parte 4 - verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - método de medição. Rio de Janeiro, 2005.

Bertolotti, Dimas. **Iluminação natural em projetos de escolas:** uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

BRASIL. Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. Altera as Leis nºs 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e o Decreto-Lei nº 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei nº 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2017.

BREEAM - BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHOD. BREEAM-NL Nieuwbouw en Renovatie Woningen 2023. Holanda, 2023.

Cardoso, Sara de Oliveira. **Avaliação das Condições de iluminação natural em salas típicas de edifícios de escritórios em Maceió-AL**. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado) - Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2006.

Lopes, Aline Cesa de Sousa. **Avaliação de duas propostas de sistema de iluminação artificial suplementar ao sistema de iluminação natural existente em sala de aula padrão**. Dissertação de Mestrado. Curso de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

SEDUC - SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO E DA CULTURA. **Centro de Excelência Djenal Tavares atende a reivindicações da comunidade e promove melhorias com recursos do Profin**. Portal do Estudante. 2022.