



Análise luminotécnica em escola para verificação de atendimento à norma vigente

Lighting analysis in schools to verify compliance with current standards

Amanda Suizu Higino
Universidade Federal da Grande Dourados - FAEN
E-mail: amanda.suizu@gmail.com
OrCID: 0009-0007-9629-657X

Agleison Ramos Omido
Universidade Federal da Grande Dourados - FAEN
E-mail: agleisonomido@ufgd.edu.br
OrCID: 0000-0002-0014-8537

Recebido em: 2025-12-12
Aceito em: 2025-01-21
DOI: <https://doi.org/10.30612/ipsum.v1i1.19356>

RESUMO - Um projeto luminotécnico adequado é de suma importância para uma boa iluminação, garantindo o conforto visual e a eficiência nas atividades realizadas em ambientes de trabalho. A Norma Brasileira NBR 8995-1:2013 estabelece diretrizes para uma iluminação adequada em ambientes profissionais, abrangendo edificações educacionais, dado que o processo de aprendizagem se baseia, em grande parte, em atividades visuais. Este trabalho analisou a iluminação existente em uma localizada no município de Dourados/MS. Utilizando o aparelho Luxímetro, foi possível medir a luminosidade incidente no plano de trabalho em ambientes da escola, sendo eles: salas de aula, biblioteca, sala dos professores, anfiteatro e laboratório. Apesar de algumas áreas serem construídas recentemente, todos os ambientes apresentaram valores de iluminação abaixo do recomendado pela norma. Para propor melhorias, foi aplicado o Método dos Lumens, permitindo o redimensionamento da iluminação e a determinação do número ideal de luminárias a serem instaladas nos sete ambientes. Além disso, foi utilizado o software DIALux evo®, com luminárias dos modelos LCN13-S e LHT44 - PAINEL LED 60X60 da fabricante Lumicenter, para comparar e validar os resultados. Os dois métodos resultaram em valores semelhantes, porém diferentes dos coletados em campo, confirmando a necessidade de reparos e aumento de luminárias.

Palavras-chave: Luminotécnica. Método dos Lúmens. DIALux evo®. Edificações educacionais.

ABSTRACT - An adequate lighting design is essential for proper illumination, ensuring visual comfort and efficiency in activities performed in work environments. The Brazilian Standard NBR 8995-1:2013 establishes guidelines for adequate lighting in work spaces, including educational buildings, given that the learning process depends on visual tasks. This study analyzed the existing lighting at a school located in Dourados/MS. Using a lux meter, it was possible to measure the brightness on work surfaces in various areas, including classrooms, the library, the teacher's room, the auditorium, and the laboratory. Even with some recently constructed areas, all spaces showed lighting levels below the standards recommended by the norm. To propose improvements, the Lumen Method was applied, allowing the redesign of the lighting and the determination of the ideal number of luminaires to be installed in the studied environments. Additionally, the DIALux evo® software, using the LCN13-S and LHT44 - PAINEL LED 60X60 luminaires, from Lumicenter, was used to compare the results. Both methods returned similar values, yet differed from the field measurements, confirming the need for repairs and an increase in the number of luminaires.

Key-words: Lighting design. Lumen Method. DIALux evo®. Educational buildings.

1 INTRODUÇÃO

A iluminação é um elemento fundamental no ambiente construído, exercendo um papel crucial na qualidade de vida e no desenvolvimento das atividades realizadas nos espaços. De acordo com Pizarro (2005) o desempenho do usuário durante a execução de tarefas está diretamente relacionado às condições de conforto e estética proporcionadas pelo ambiente.

Segundo Ochoa et al. (2012), as edificações não devem ser consideradas apenas a partir das suas características físicas e construtivas, elas devem ter como objetivo garantir a qualidade de vida de quem a utiliza, ou seja, garantir o conforto dos ambientes. Dessa forma, o projeto deve atender às necessidades dos indivíduos de forma abrangente. Aspectos como o tipo de iluminação, a escolha de cores, materiais e formas devem ser pensados para promover o bem-estar.

De acordo com Bertoli (2003) o conforto ambiental pode ser entendido como uma sensação de bem-estar, sendo uma característica subjetiva devida a grande quantidade de variáveis que o envolve. As principais variáveis para um ambiente agradável são: o conforto térmico, conforto lumínico, conforto acústico e conforto ergonômico (Gemelli, 2009). Um componente importante do conforto ambiental é o conforto visual, o qual, segundo Pizarro (2005), pode ser definido como a presença de condições que permitam ao ser humano realizar suas tarefas visuais com acuidade e precisão, minimizando o esforço e reduzindo os riscos de fadiga visual e acidentes. Para alcançar esse objetivo, Vianna e Gonçalves (2004) propõem dois requisitos fundamentais: iluminância adequada e distribuição eficiente da luz, de modo a evitar ofuscamentos.

Conforme apontado por Rheingantz (2006) os ambientes escolares e de trabalhos são considerados de extrema importância, uma vez que o ser humano passa grande parte da sua vida nestes locais. Como destacado por Armange e Souza (2018), a iluminação presente nesses ambientes não só contribui para o conforto e aconchego, mas também exerce influência direta sobre a produtividade e o desempenho dos indivíduos.

Além disso, Elali (2003), em ambientes escolares, a qualidade das atividades desempenha um papel crucial, pois impacta não apenas o rendimento intelectual e a aprendizagem, mas também as atitudes e os valores dos alunos, além de ter repercussões significativas no âmbito psicológico e fisiológico.

A luz desempenha um papel fundamental no organismo, interferindo diretamente no ciclo circadiano, responsável por regular diversas funções corporais. A ausência de luz estimula a produção de melatonina, um hormônio que reduz a atividade adrenal, e induz o relaxamento do corpo, resultando em uma sensação de cansaço e diminuição da atenção e produtividade. A atividade adrenal envolve a produção de hormônios como adrenalina e noradrenalina, que são responsáveis por avisar o corpo que é hora de entrar em ação, seja em situações de estresse ou ao despertar pela manhã. Esses efeitos ressaltam a importância de uma iluminação adequada em ambientes escolares e de trabalho (Barbosa, 2014).

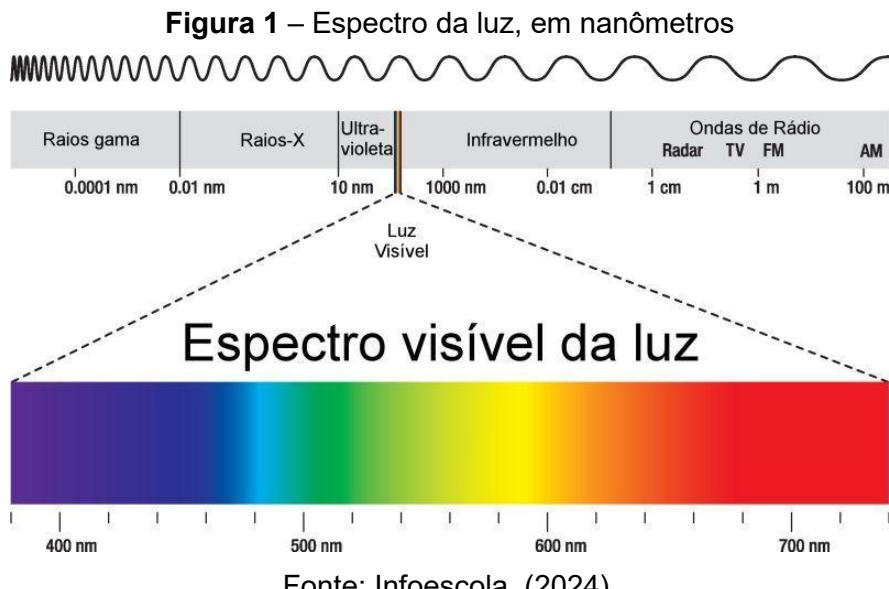
Tendo isso em vista, Dorigo (2007) relata que, mesmo no século XX, já havia uma preocupação com os níveis de iluminação interna em escolas. No entanto, a ausência de diretrizes e critérios estabelecidos levou a soluções baseadas, principalmente, em experiências práticas ou opiniões pessoais.

Segundo Hybiner (2015), a situação luminotécnica das escolas tem um histórico nacional de padronização para as instituições, o que muitas vezes desconsidera as particularidades de cada edificação. Esse cenário tem sido alvo de pesquisas que não apenas visam corrigir as falhas decorrentes dessa abordagem padronizada, mas também aprimorar o desempenho luminoso dos ambientes escolares. Uma das maiores pesquisas já realizadas sobre os efeitos da iluminação ocorreu no Reino Unido, abrangendo 153 salas de aula em 27 escolas. O estudo, conduzido por Barrett et al. (2015), revelou os impactos positivos decorrentes da exposição adequada à luz. Além disso, observou-se um progresso significativo no aprendizado dos alunos.

Em 2013, foi criada a NBR ISO/CIE 8995:2013, visando padronizar e qualificar a iluminação em diferentes ambientes. Ela estabelece critérios específicos de iluminância, limitações de ofuscamentos e qualidade de cor para várias atividades, proporcionando uma base sólida para os estudos de luminotécnica.

Conforme salientado por Creder (2016), a luz representa a forma de energia radiante perceptível pela sensação visual, uma resposta diretamente ligada ao estímulo da retina ocular. Nos seres humanos, essas radiações eletromagnéticas são percebidas em comprimentos de onda que variam de 380nm (nanômetros) a 760nm, sendo este intervalo conhecido como o espectro visível. Nesse espectro, o olho humano é capaz de distinguir diferentes comprimentos de onda, interpretando-os como cores distintas. Comprimentos de

onda inferiores a 380nm são classificados como ultravioleta, enquanto aqueles superiores a 760nm são reconhecidos como infravermelhos. Scarinci (2014) ofereceu uma representação visual clara dessas ondas como pode ser observado na Figura 1.



De acordo com a norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013, uma boa iluminação é mais que apenas a visualização da tarefa, ela também deve garantir a segurança, o conforto visual e o bem-estar. Para satisfazer isso, é recomendado que o projeto luminotécnico leve em conta parâmetros como distribuição da luminância, iluminância, ofuscamento, direcionalidade da luz e aspectos da cor da luz.

Uma distribuição adequada da luminância desempenha um papel crucial no controle do nível de adaptação dos olhos, o que, por sua vez, influencia diretamente a visibilidade das tarefas executadas. Uma luminância balanceada não apenas melhora a acuidade visual e a sensibilidade ao contraste, mas também otimiza a eficiência das funções oculares. Além disso, uma boa distribuição de luminância é essencial para evitar ofuscamentos, contrastes muito altos que podem levar à fadiga visual e luminâncias excessivamente baixas que podem resultar em um ambiente monótono e pouco estimulante (NBR 8995-1, 2013).

De acordo com a NBR 5461:1991, fluxo luminoso (Φ) é uma grandeza derivada do fluxo radiante (Φ_e), sendo calculado pela avaliação da radiação de acordo com a sua ação sobre o observador fotométrico padrão CIE (Comissão Internacional de Iluminação). Ele consiste em uma medida da quantidade total de luz visível emitida por uma fonte de luz,

expresso em lúmens (lm), e é uma característica fundamental para avaliar o desempenho e a eficiência de uma fonte de luz.

Segundo Dorigo (2007), iluminância (E) é entendida como o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície, ou seja, a quantidade de luz que chega em um ponto. Ela pode ser quantificada pela Equação 1:

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (1)$$

Onde “E” é a iluminância, medida em lux (lx), “Φ” é o fluxo luminoso, medido em lúmens (lm) e “A” é a área, medida em metros quadrados (m^2).

A iluminância e sua distribuição desempenham um papel fundamental na percepção e execução de tarefas visuais. A NBR ISO/CEI 8995-1:2013 estabelece valores para ambientes e atividades específicas (Tabela 1), a fim de garantir que os ambientes atendam aos requisitos essenciais para a realização de tarefas de forma segura, considerando aspectos fisiológicos e psicológicos, conforto visual, bem-estar e eficiência energética.

Tabela 1 – Valores de Iluminância média (E_m) para cada tipo de ambiente, tarefa ou atividade

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	E_m (lux)
Sala de Leitura	500
Salas de aula, salas de aula particulares	300
Quadro Negro	500
Salas de ensino de computador	500
Salas de esportes, ginásios e piscinas	300
Sala dos professores	300
Área de circulação e corredores	100
Refeitório/Cantinas	200
Salas com multiuso	300

Fonte: Adaptado de NBR 8995-1, (2013).

A escala recomendada de luminâncias, conforme definido pela norma, varia de 20 lux a 5000 lux, com o menor valor considerado sendo o necessário para distinguir a face humana em condições normais. A norma recomenda evitar mudanças drásticas na iluminação ao redor da área de tarefa, visando evitar um esforço visual e desconforto. Portanto, a iluminância mantida nas áreas do entorno imediato pode ser mais baixa que a iluminância da área de tarefa, para que haja mais contraste, desde que estejam de acordo com os valores estabelecidos na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores limites para iluminância do entorno imediato

Iluminância da tarefa (lux)	Iluminância do entorno imediato (lux)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Mesma iluminância da área da tarefa

Fonte: Adaptado de NBR 8995-1, (2013).

Além disso, é importante que a mudança na iluminância ocorra gradualmente, garantindo que a área de tarefa seja iluminada o mais uniformemente possível. A uniformidade da iluminação, calculada como a razão entre o valor mínimo e o valor médio na área da tarefa, não deve ser inferior a 0,7, enquanto no entorno imediato não deve ser inferior a 0,5, garantindo condições visuais adequadas (NBR ISO/CEI 8995-1, 2013).

De acordo com Dorigo (2007), ofuscamento é definido como a sensação associada à perturbação visual, desconforto e, em alguns casos, perda parcial ou total da visibilidade. Segundo Iida (1990), há dois tipos de ofuscamento. Um deles é causado por uma fonte de luz excessivamente forte no campo visual, o que pode levar a uma sensação de “cegueira”. O outro tipo é mais sutil, geralmente causado por uma iluminação mal planejada, o que resulta em um desconforto, irritação e distração visual, sem necessariamente levar à cegueira.

O tipo mais sutil de ofuscamento é mais comum em ambientes internos, sendo também o tipo mais presente em salas de aula, ele prejudica as atividades desenvolvidas nesses locais criando a sensação de que partes da imagem estão apagadas no quadro negro devido à radiação direta sobre o objeto. Conhecido como reflexão veladora, ou reflexão espelhada, este tipo de ofuscamento pode ser evitado com uma boa distribuição das luminárias no ambiente e utilizando superfícies com acabamentos pouco reflexivos, luminárias com uma luminância adequada e ampliação da área luminosa da luminária (Iida, 1990).

Conforme a NBR ISO/CEI 8995-1:2013, o ofuscamento desconfortável de uma instalação luminosa pode ser quantificado pelo Índice de Ofuscamento unificado da CIE (UGR) que utiliza uma equação complexa que leva em consideração a luminância da fonte de luz e do ambiente, o ângulo de visão e a disposição das luminárias pelo índice de posição Guth.

No entanto, apesar da complexidade envolvida no cálculo do índice UGR, as diretrizes são voltadas exclusivamente para projetos, sem oferecer recomendações ou metodologias adequadas para a análise de ambientes já construídos. Além disso, conforme a NBR ISO/CEI 8995-1:2013, o método UGR não é adequado para grandes fontes de luz (superfícies luminosas maiores que 1,5 m²) nem para pequenas fontes de luz (interiores pequenos). Considerando que o objeto deste estudo é uma escola já construída e com salas pequenas as medições desse item foram abstraídas.

A direcionalidade da luz refere-se à distribuição da luz em relação à sua direção de propagação. Ela consiste em um equilíbrio entre a luz difusa e a direcional, podendo ser usada para destacar objetos e revelar detalhes da tarefa visual, facilitando a execução da mesma (NBR ISO/CEI 8995-1, 2013).

As qualidades da cor de uma lâmpada, especialmente aquelas próximas à cor branca, são determinadas por dois atributos principais: a sua aparência de cor própria e a sua capacidade de reprodução de cor. A aparência de cor refere-se à tonalidade percebida da luz, geralmente descrita pela sua temperatura de cor correlata. As lâmpadas são normalmente divididas em três grupos, de acordo com sua temperatura de cor correlata (T_{cp}) sendo abaixo de 3300 K quente, de 3300 K a 5300 K, intermediaria e acima de 5300 K fria (NBR ISO/CEI 8995-1, 2013). A temperatura de cor das lâmpadas pode ser observada na Figura 2.

Figura 2– Temperatura de cor correlata das lâmpadas



Fonte: Plug Design, (2019).

Tem-se como exemplo da influência da temperatura de cor correlata uma pesquisa conduzida por Hartstein et al. (2018), que investigou como a exposição à luz influencia as tarefas cognitivas. O estudo foi realizado em 38 salas de aula com crianças de 4 a 5 anos, divididas em dois grupos e expostas a duas tarefas distintas, que visavam avaliar a manutenção da atenção e a capacidade de lidar com a transição entre atividades em condições de iluminação variadas. Os resultados do experimento revelaram uma melhoria significativa na mudança de tarefa entre crianças expostas a uma temperatura de cor mais alta (Lekan-Kehinde e Asojo, 2021).

A escolha da aparência da cor é uma questão psicológica e estética, sendo influenciada pela iluminação e cores do ambiente, clima e finalidade de uso. A reprodução da cor é crucial para o desempenho visual e o conforto dos usuários, garantindo que todas as cores sejam reproduzidas de forma natural e precisa. Para garantir a segurança, as cores devem ser claramente reconhecíveis e discrimináveis, conforme especificado pela norma ISO 3864 (NBR ISO/CEI 8995-1, 2013).

Para avaliar objetivamente as propriedades de reprodução de cor de uma fonte de luz é utilizado o Índice de Reprodução de Cor (R_a), com um valor máximo de 100 que diminui com a redução da qualidade de reprodução da cor. A utilização de lâmpadas com R_a inferior a 80 não é recomendada em ambientes de trabalho ou de longa permanência como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de reprodução de cor (R_a) para cada ambiente, tarefa ou atividade

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	R_a
Sala de Leitura	80
Salas de aula, salas de aula particulares	80
Quadro Negro	80
Salas de ensino de computador	80
Salas de esportes, ginásios e piscinas	80
Sala dos professores	80
Área de circulação e corredores	40
Refeitório/Cantinas	80
Salas com multiuso	80

Fonte: Adaptado de NBR 8995-1, (2013).

Face ao exposto, este trabalho teve como objetivo realizar uma análise luminotécnica em um prédio escolar avaliando as condições atuais da edificação, comparando os valores obtidos com os recomendados pela norma utilizando o Método Manual dos Lúmens e do Software DIALux evo®, de forma a, baseado nos resultados obtidos, propor adequações e recomendações de melhorias, se necessárias, e apresentar um plano de manutenção de forma a garantir o funcionamento do sistema dentro dos padrões requeridos.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho consistiu no levantamento de dados, medição das luminosidades, comparação com a norma, dimensionamento pelo método dos Lúmens e dimensionamento pelo software DIALux evo®, com isso foi possível sugerir adequações e melhorias.

O levantamento de dados foi realizado no local, obtendo todas as características físicas dos ambientes. Foram obtidos a largura, o comprimento e o pé direito com auxílio de uma trena, posicionamento e dimensões das aberturas (portas e janelas), quantidade de luminárias, mobiliário dos locais e as cores de parede, teto e móveis.

Com os dados obtidos, assim como a iluminância de cada sala, obtida com ajuda do luxímetro, foi possível calcular as condições existentes e fazer a comparação com a norma.

Após isso foram dimensionados todos os ambientes pelo Método dos Lúmens e pelo software DIALux evo® sendo possível, com esses dados propor melhorias e fazer recomendações.

2.1 Levantamento de Dados

Este trabalho foi realizado através de uma análise em uma escola localizada na cidade de Dourados, Mato Grosso do Sul. A instituição conta com dois pavimentos contendo salas de aula para maternal, fundamental I (1º ano ao 5º ano) e fundamental II (6º ano ao 9º ano) sendo maternal e fundamental I matutino e vespertino e fundamental II apenas matutino, biblioteca, sala de professores, laboratório e anfiteatro, além de estruturas de uso comum como sanitários, cozinha, quadra de esporte.

De acordo com informações fornecidas pelo diretor, a instituição recentemente finalizou uma obra de ampliação, sendo possível comparar as salas de aulas construídas recentemente com as salas de aula dos prédios mais antigos. Para isso, foram analisadas salas de aula em cada prédio da escola, sendo uma das salas no térreo, com o exterior coberto, e outra no primeiro pavimento, com incidência direta de sol na janela, tornando

possível observar mudanças na iluminação de acordo com o entorno. Os locais compreendidos nesse novo prédio são a sala de aula do maternal e o anfiteatro. Os ambientes estudados podem ser observados na Figura 3.

Figuras 3 – Ambientes analisados. a) sala dos professores. b) sala do fundamental II. c) anfiteatro. d) sala do maternal. e) sala do fundamental I. f) biblioteca. g) laboratório.



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

(f)



(g)

Fonte: Autor, (2024).

Todos os ambientes são retangulares, possuindo portas padronizadas, mas apresentando diferentes tamanhos de janelas, sendo possível observar as dimensões das salas na Tabelas 4.

Tabela 4 – Dimensões das Salas

Ambiente	Largura (m)	Comprimento (m)	Pé Direito (m)
Sala de Aula - Fundamental II	5,80	6,80	3,10
Sala dos Professores	3,20	5,70	3,10
Biblioteca	5,80	6,70	3,50
Anfiteatro	19,60	24,10	3,10
Laboratório	5,90	7,80	3,10
Sala de Aula - Fundamental I	5,80	7,80	3,50
Sala - Maternal	3,40	6,50	3,10

Fonte: Autor, (2024).

As dimensões das esquadrias encontram-se destacadas, por ambiente, na Tabela 5. A importância das aberturas na análise luminotécnica consiste no fato de, a depender da hora do dia e das dimensões da abertura ocorrer o fenômeno do ofuscamento, o que compromete a nitidez da visão.

Tabela 5 – Dimensões das Esquadrias

Ambiente	Portas (m)	Janelas (m)	Altura da Janela ao Chão (m)
Sala de Aula - Fundamental II	0,80 x 2,10	1,10 x 2,50	1,40
Sala dos Professores	0,80 x 2,10	3,00 x 1,15 1,50 x 2,10	1,40 0,95
Biblioteca	0,80 x 2,10	1,15 x 5,40	1,50
Anfiteatro	2,60 x 2,40 2,10 x 2,80	1,15 x 1,60	1,40
Laboratório	0,80 x 2,10	1,15 x 5,60	1,50
Sala de Aula - Fundamental I	0,80 x 2,10	1,15 x 3,60 0,90 x 3,60	2,35 2,50
Sala - Maternal	0,80 x 2,10	1,50 x 1,50	1,00

Fonte: Autor, (2024).

2.2 Condições de Iluminamento existente

Os valores mínimos de Em^- e R_a estabelecidos nas Tabelas 1 e 3 representam os padrões normativos que devem ser observados em projetos de iluminação, definindo parâmetros limites a serem atendidos para garantir uma iluminação adequada. O

dimensionamento desses valores pode ser realizado por meio do Método dos Lúmens ou por softwares especializados.

No que diz respeito à avaliação de ambiente já estabelecidos, o anexo B da NBR 8995-1:2013 oferece diretrizes específicas, que detalha a metodologia para calcular e verificar a iluminância em espaços de trabalho. Esta norma estabelece uma malha de cálculo que orienta o projeto e a análise de sistemas de iluminação, garantindo que os níveis adequados de iluminação sejam alcançados e mantidos nas instalações do ambiente de trabalho. As Equações 2 e 3 são utilizadas para obter o tamanho da malha e a quantidade de pontos a serem investigados.

$$p = 0,2 * 5^{\log_{10}d} \quad (2)$$

$$n = \frac{d}{p} \quad (3)$$

Onde: p é o tamanho da malha em metros (m); d é a maior dimensão da superfície de referência em metros (m); n é a quantidade de pontos de investigação.

O número de pontos “n” encontrado através da Equação 3 deve ser um valor inteiro, para não obter um número de investigação menor que o recomendado pela norma, é adotado o próximo valor inteiro. Os valores encontrados podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 – Número de pontos a serem analisados em cada ambiente

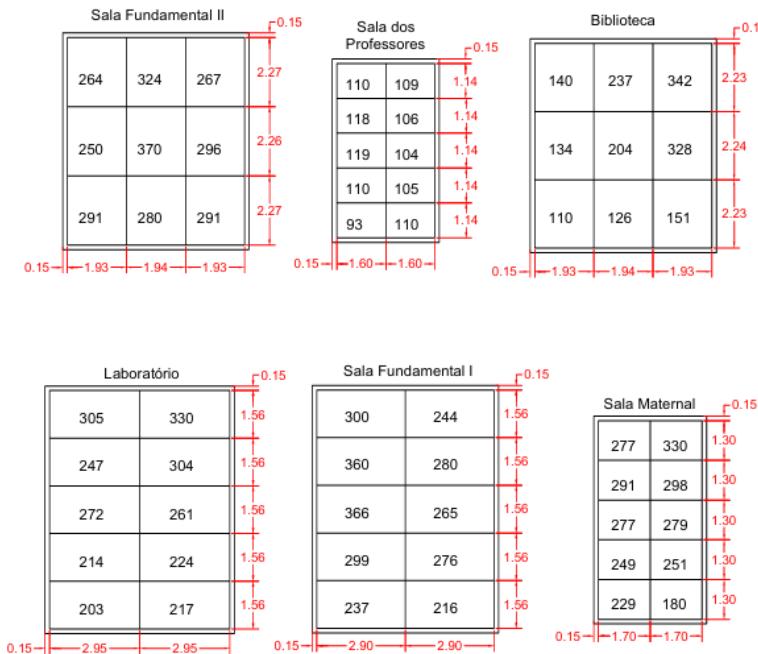
Ambiente	Relação Comprimento e Largura	Tamanho da malha (m)	Quantidade de Pontos	Aproximado	Utilizado
Sala de Aula - Fundamental II	1,17	0,76	8,90	9,00	9,00
Sala dos Professores	1,78	0,68	8,44	9,00	10,00
Biblioteca	1,16	0,76	8,86	9,00	9,00
Anfiteatro	1,23	1,85	13,03	14,00	16,00
Laboratório	1,32	0,84	9,28	10,00	10,00
Sala de Aula - Fundamental I	1,34	0,84	9,28	10,00	10,00
Sala - Maternal	1,91	0,74	8,78	9,00	10,00

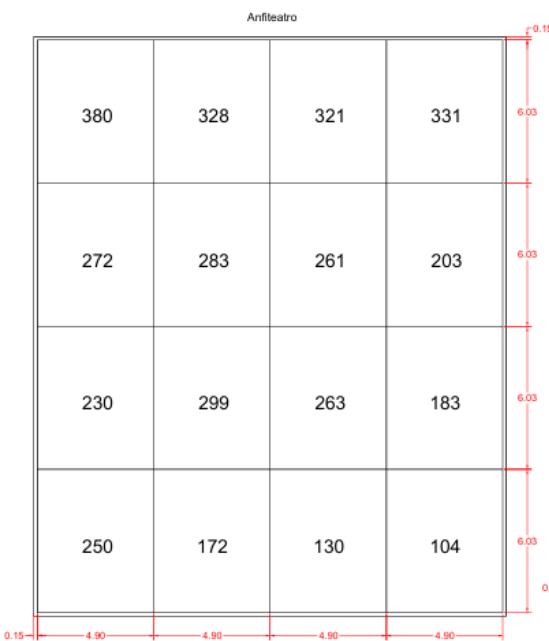
Fonte: Autor, (2024).

De modo a otimizar a divisão dos ambientes foram utilizados mais pontos, por exemplo na sala dos professores o resultado da Equação 3 foi 8,44, o próximo inteiro seria 9, mas de modo a deixar a divisão mais uniforme foram utilizados 10 pontos.

Para a investigação da luminância foi utilizado o luxímetro disponibilizado pela Faculdade de Engenharia da UFGD. O aparelho termo-higro-anemômetro luxímetro digital portátil modelo THAL-300, da marca INSTRUTHERM conta com diversas funções como medição da velocidade do ar, temperatura, umidade e luminosidade. Neste trabalho utilizou-se a função de medição de luminosidade, seguindo seu manual de instruções fornecido junto com o equipamento, para obter a quantidade de iluminância de cada ponto. Os valores foram medidos no meio de cada divisão e aproximadamente na altura da área de trabalho, podendo ser visualizados na Figura 4.

Figura 4 – Valores obtidos de iluminância para cada ponto investigado.





Fonte: Autor, (2024).

2.3 Dimensionamento de iluminamento

2.3.1 Método dos Lúmens

O Método dos Lúmens é um método prático e intuitivo, sendo de boa precisão e, após um processo de equações, teremos como produto o número e disposição de luminárias necessárias no projeto. Conforme Niskier (2021), para a aplicação desta técnica em locais de salas de aula e de trabalho deve-se considerar o iluminamento no plano médio das mesas, este chamado plano útil de trabalho, no caso dos ambientes analisados todos possuem um plano de trabalho de 0,75m, com exceção da sala do maternal e do anfiteatro, em que o plano útil tem 0,35m e 1,1m, respectivamente.

O primeiro passo no Método dos Lúmens é o cálculo do fluxo total (Φ), em lúmens, através da Equação 4.

$$\Phi = \frac{E \times S}{u \times d} \quad (4)$$

Onde: S é a área do ambiente, em m^2 ; E é a iluminância (ou iluminamento) desejado, em lux; u é o fator de utilização; d é o fator de depreciação.

O coeficiente de utilização “u”, razão entre o fluxo utilizado e o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, pode ser obtido de Niskier (2021), na tabela 8.19, sendo sempre um valor

menor que 1. Esse coeficiente depende do tipo de lâmpada escolhida, das cores das paredes e teto, caracterizadas pelo fator de reflexão, e das dimensões do ambiente, que podem ser expressas pelo índice do local.

O fator de reflexão e o índice local foram obtidos através das tabelas 8.21 e 8.18 de Niskier (2021), respectivamente e os trechos relevantes das mesmas podem ser observados nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 – Índice Local em função das dimensões do ambiente

Iluminação indireta e semi-indireta		Altura do teto (m) 3,00 a 3,50
Largura do Local (m)	Comprimento do Local (m)	Índice do Local
3,00 (2,90-3,20)	4,30-6,00	H
3,70 (3,40-3,80)	6,00-9,00	G
6,00 (5,80-6,60)	6,00-9,00	E
18,30 (17,00-20,45)	18,30-27,50	A

Fonte: Adaptado de Niskier, (2021).

Tabela 8 – Porcentagens de refletância para paredes e tetos

Cor	Refletância de paredes de tetos
Teto Branco	75%
Paredes Claras	30%
Paredes Medianamente Claras	10%

Fonte: Adaptado de Niskier, (2021).

Com os valores das tabelas acima, é possível encontrar os valores de fator de utilização (u) no Quadro 1, resumido para os tipos de luminárias usadas nos ambientes analisados. Neles também obtemos o fator de depreciação (d), que depende do tipo de luminária escolhida.

Quadro 1 – Valores para o fator de utilização e depreciação

Luminária		Teto	75 %			50 %			Descrição
			Paredes	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	
Fator de depreciação	Tipo	Índice do local	Coeficientes de utilização						

 $d = 0,70$	 $d = 0,80$	\uparrow 0 $—$ 45 \downarrow $—$ 45 \downarrow $—$ 45	J	0,20	0,16	0,13	0,20	0,16	0,13	Aparelho para embutir com difusor de plástico
			I	0,25	0,21	0,18	0,24	0,20	0,18	
			H	0,28	0,24	0,22	0,27	0,24	0,21	
			G	0,32	0,28	0,25	0,31	0,27	0,25	
			F	0,34	0,30	0,28	0,33	0,30	0,28	
			E	0,37	0,34	0,32	0,36	0,33	0,31	
			D	0,39	0,36	0,34	0,38	0,36	0,34	
			C	0,40	0,38	0,36	0,39	0,37	0,36	
			B	0,42	0,40	0,39	0,41	0,40	0,38	
			A	0,43	0,42	0,41	0,43	0,41	0,40	
			J	0,32	0,25	0,20	0,30	0,24	0,20	Calha chanfrada $l = 1,0 \text{ h}$
			I	0,40	0,32	0,27	0,38	0,31	0,26	
			H	0,47	0,39	0,34	0,44	0,38	0,32	
			G	0,53	0,46	0,40	0,50	0,44	0,39	
			F	0,58	0,51	0,45	0,55	0,49	0,44	
			—	0,64	0,58	0,52	0,61	0,56	0,51	
			80	0,64	0,58	0,52	0,61	0,56	0,51	
			—	0,68	0,62	0,58	0,65	0,60	0,56	
			80	0,68	0,62	0,58	0,65	0,60	0,56	
			—	0,72	0,66	0,62	0,68	0,64	0,60	
			80	0,72	0,66	0,62	0,68	0,64	0,60	
			—	0,76	0,71	0,67	0,72	0,69	0,66	
			80	0,76	0,71	0,67	0,72	0,69	0,66	
			—	0,79	0,75	0,72	0,76	0,72	0,70	
			80	0,79	0,75	0,72	0,76	0,72	0,70	

Fonte: Adaptado de Niskier, (2021).

Com as informações acima é calculado o fluxo total necessário, em lúmens. Para calcular a quantidade de lâmpadas necessárias (n) em cada ambiente utiliza-se a Equação 5.

$$n = \frac{\phi}{\psi} \quad (5)$$

Onde: Φ é o fluxo total necessário, em lúmens; φ é o fluxo de uma luminária, em lúmens.

O fluxo da luminária pode ser obtido no catálogo dos fabricantes. Para o dimensionamento se assemelhar com a situação atual foram escolhidas duas luminárias, a LCN13-S e a LHT44 - PAINEL LED 60X60, ambas da fabricante LUMICENTER, sendo seus fluxos luminosos 4140 lúmens e 3700 lúmens, respectivamente.

2.3.2 DIALux evo®.

Para um dimensionamento alternativo foi utilizado o *software* DIALux evo®. Por meio dele é possível inserir as características do ambiente, como as dimensões, esquadrias, objetos que o ocupam e o tipo de luminária, e os cálculos são realizados automaticamente. Sendo possível comparar os resultados obtidos no *software* com os calculados manualmente pelo Método dos Lúmens.

O primeiro passo no *software* é gerar o ambiente. Como todos os ambientes estudados são retangulares é necessário inserir a largura, comprimento e pé direito. Com a sala já gerada, na aba “Construção” foram utilizadas as ferramentas “Aberturas” e “Móveis e objetos” para inserir as esquadrias e os mobiliários que ocupam o ambiente, respectivamente. Para as esquadrias é possível ajustar o tamanho das aberturas e sua distância até o chão, para os móveis foram utilizados modelos disponíveis no catálogo do *software*. Com todos os objetos no lugar, a cor e textura de cada um foi inserida com a ferramenta “Material” de modo que o ambiente virtual se assemelhasse com o ambiente real, para que assim o cálculo seja o mais próximo do real.

Para inserir as luminárias escolhidas foi utilizado o arquivo “.ies” disponível no site da fabricante, Lumicenter. Ao inserir a luminária é possível editar a iluminância prevista para o ambiente, sendo o fluxo luminoso e demais características físicas da luminária já pré-determinados no arquivo que a fabricante disponibiliza. Demarcando o ambiente com a opção “Desenhar distribuição retangular” disponível na aba “Luz”, na ferramenta “Luminárias”, o programa já insere as luminárias de maneira equidistante de modo a obter a iluminância desejada, no entanto, é possível ajustar a posição e a quantidade de luminárias. Na Figura 5 temos a sala do fundamental II como exemplo.

Figura 5 – Ambiente gerado no *software* DIALux evo®.

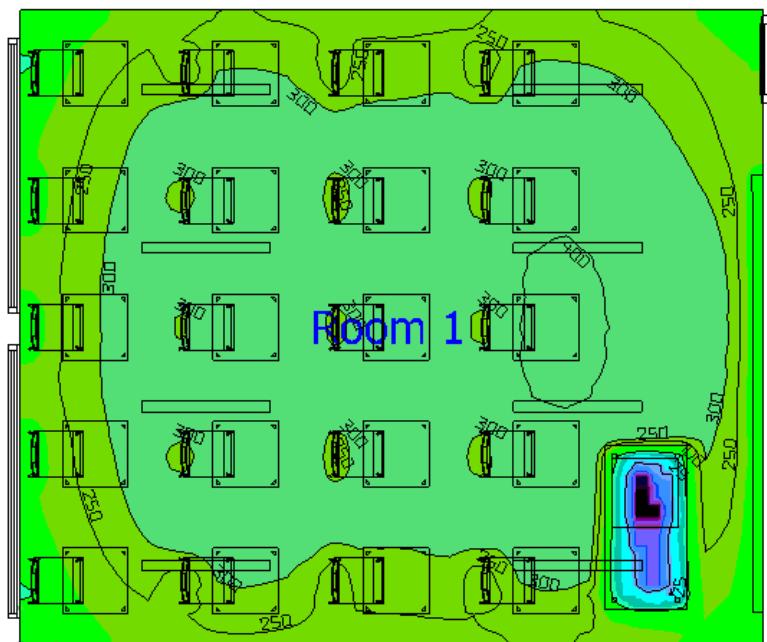


Fonte: Autor, (2024).

Após o cálculo luminotécnico o *software* mostra o mapa da iluminação distribuída pela sala com o mesmo princípio das curvas de níveis, como pode ser observado na Figura 6. Na aba “Calculando objetos” na ferramenta “Planos de trabalho” é possível ajustar o

plano de trabalho para a altura obtida nos ambientes a serem analisados e também ativar a opção “Cores falsas” para melhorar a visualização dos diferentes níveis de iluminação.

Figura 6 – Níveis de Iluminação gerados no software DIALux evo®.



Fonte: Autor, (2024).

O processo descrito foi repetido para todos os ambientes, respeitando a geometria e disposição de esquadrias e móveis de cada um.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Condições de iluminamento existente

O iluminamento existente foi obtido calculando a média aritmética dos valores obtidos nos ambientes com auxílio do luxímetro conforme ilustrado na Figura 4. A Tabela 9 apresenta a iluminância média de cada ambiente (Em_{exist}), o valor de iluminância ideal conforme a norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013 ($Em_{nec.}$), e o percentual efetivo de cada local (% $Em_{efet.}$).

Tabela 9 – Iluminância média existente, ideal e percentual efetivo

Ambiente	Em_{exist}	$Em_{nec.}$	% $Em_{efet.}$
Sala de Aula - Fundamental II	293	500	58,6%
Sala dos Professores	108	300	36,0%

Biblioteca	197	500	39,4%
Anfiteatro	251	300	83,7%
Laboratório	258	500	51,6%
Sala de Aula - Fundamental I	284	500	56,8%
Sala - Maternal	266	500	53,2%

Fonte: Autor, (2024).

Observa-se que nenhuma das salas analisadas atendem aos requisitos estabelecidos pela norma e, apesar de duas das salas terem sido construídas recentemente, não há discrepâncias significativas na iluminância entre os ambientes novos (anfiteatro e sala do maternal) e os mais antigos. Percebe-se também que os ambiente que obtiveram o menor percentual de iluminância efetiva foram a sala dos professores e a biblioteca, com um valor de apenas 36,0% e 39,4%, respectivamente, podendo a sua baixa iluminância ser justificada pela quantidade de lâmpadas menor que a ideal, que pode ser visto na Tabela 11, e pela presença de estantes altas.

3.2 Dimensionamento do iluminamento

O dimensionamento foi realizado pelo método dos lúmens e pelo software DIALux evo®. No método dos lúmens foram considerados os valores de iluminância necessários Em_{nec} , conforme apresentado na Tabela 1, as dimensões dos ambientes (Tabelas 4 e 5), os índices de local (Tabela 7), os fatores de reflexão (Tabela 8), bem como os fatores de utilização 'u' e depreciação 'd' (Quadro 1). O fluxo luminoso total (ϕ), obtido pela Equação 4, pode ser observado na Tabela 10. A partir desses dados o número de luminárias necessárias (n) para cada ambiente foi calculado por meio da Equação 5. Foi acrescentada mais uma coluna para a quantidade de luminárias existentes (N).

Tabela 10 – Resultados do dimensionamento pelo Método dos Lúmens

Ambiente	$Em_{nec.}$	A	B	Área	Classe	u	d	Fluxo Total	n	N
Sala de Aula - Fundamental II	500	5,80	6,80	39,44	E	0,58	0,8	42500	10	6
Sala dos Professores	300	3,20	5,70	18,24	H	0,39	0,8	17538	4	2
Biblioteca	500	5,80	6,70	38,86	E	0,58	0,8	41875	10	4
Anfiteatro	300	19,60	24,10	472,36	A	0,42	0,7	482000	130	99

Laboratório	500	5,90	7,80	46,02	E	0,58	0,8	49591	12	6
Sala de Aula - Fundamental I	500	5,80	7,80	45,24	E	0,58	0,8	48750	12	6
Sala - Maternal	500	3,40	6,50	22,1	G	0,46	0,8	30027	8	8

Fonte: Autor, (2024).

Observando as duas últimas colunas, percebe-se que o número de lâmpadas existentes diverge do número de lâmpadas calculado pelo método dos lúmens. Apenas a sala do maternal apresenta o número de lâmpadas adequado podendo a discrepância do valor de iluminância existente e valor de iluminância necessária ser justificada pelo modelo da lâmpada utilizada e por algumas das lâmpadas estarem danificadas (Figura 3-g).

Através do dimensionamento no software DIALux evo® obteve-se os resultados apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Dimensionamento pelo software DIALux evo®

Ambiente	Luminárias Necessárias	Altura do Plano	Iluminância Média	Luminárias Existentes
Sala de Aula - Fundamental II	8	0,75	551	6
Sala dos Professores	3	0,80	398	2
Biblioteca	12	0,75	471	4
Anfiteatro	70	1,10	538	99
Laboratório	10	0,75	536	6
Sala de Aula - Fundamental I	12	0,75	564	6
Sala - Maternal	6	0,35	569	8

Fonte: Autor, (2024).

O dimensionamento realizado pelo software recomenda um número menor de luminárias em comparação com o existente no anfiteatro na sala do maternal. Essa diferença pode ser explicada pelo modelo das luminárias instaladas, como é possível observar na Figura 3-b, as luminárias possuem dimensões pequenas e uma iluminância reduzida. Além disso, como mencionado anteriormente, na Figura 3-d, é possível observar que, na sala do maternal, as luminárias apresentam baixa iluminância o que pode ser atribuído à falta de manutenção, já que uma delas aparenta estar queimada.

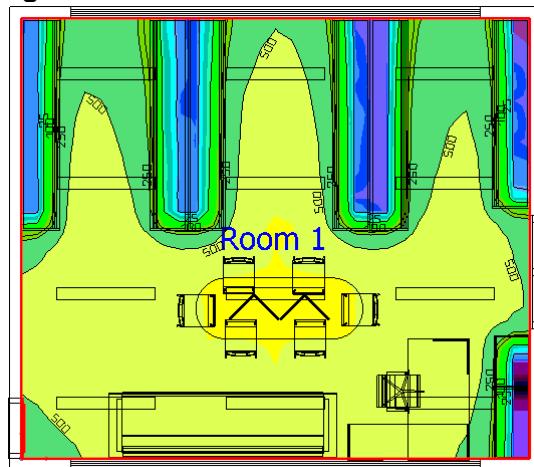
De maneira geral, os resultados obtidos pelo software DIALux evo® se aproximam dos encontrados pelo Método de Lúmens. A diferença entre os resultados dos dois métodos

deve-se a maior complexidade do *software*, cuja modelagem 3D permite gerar resultados mais precisos. O método dos lumens, por outro lado, tende a simplificar detalhes, como a refletância das diferentes cores das paredes, tetos e mobiliário, além da área exata a ser iluminada. A maior discrepância na quantidade de lâmpadas foi observada no anfiteatro, o que pode ser atribuído à sua extensa área, um fator crucial no dimensionamento pelo método dos lúmens.

Os ambientes projetados no *software* podem ser visualizados nos Apêndices A a G, por meio de capturas de telas realizadas na sequência: sala do fundamental II, sala dos professores, biblioteca, anfiteatro, laboratório, sala do fundamental I, sala do maternal.

Alguns ambientes apresentaram peculiaridades que devem ser consideradas no projeto de iluminação. Um dos ambientes é a biblioteca, onde as estantes geram interferências no plano de trabalho, como mostrado na Figura 7.

Figura 7 – Plano de trabalho da Biblioteca



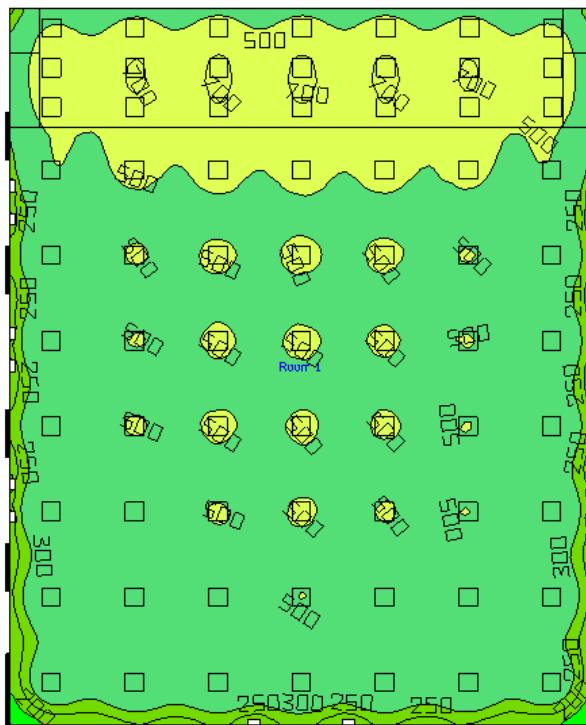
Fonte: Autor, (2024).

Para o dimensionamento foi utilizado o valor de 500 lux, conforme recomendado pela norma. No entanto, a média obtida foi de 471 lux, o que pode ser justificada pela interferência das estantes no plano de análise. Apesar disso, a área destinada à leitura apresenta bons níveis de iluminância, permitindo a realização dessa atividade de forma adequada e sem prejudicar a visão.

Geralmente a iluminação é posicionada de forma equidistante para proporcionar uma distribuição uniforme da luz. Contudo, é essencial levar em conta as características específicas de cada ambiente ao elaborar o projeto. No anfiteatro, por exemplo, há duas áreas distintas: a plateia e o palco. Como o foco principal é o palco utilizou-se para o

dimensionamento desta área 500 lux, enquanto que, para a plateia foi utilizado o recomendado pela norma para este tipo de ambiente, 300 lux, de modo a garantir que a atenção principal permaneça no palco. O arranjo pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 – Plano de trabalho do Anfiteatro



Fonte: Autor, (2024).

4 CONCLUSÃO

Nenhum dos sete ambientes analisados atende ao nível mínimo de iluminação recomendado pela NBR 8995-1:2013. É nítido também que, apesar de algumas salas (anfiteatro e maternal) terem sido construídos recentemente, não há uma diferença perceptível nos níveis de iluminação destes ambientes quando comparados com os antigos, evidenciando a falta do dimensionamento luminotécnico.

O dimensionamento foi realizado de forma a minimizar a necessidade de reformas possíveis, priorizando luminárias compatíveis com as já instaladas no ambiente. Na Tabela 13 é possível observar a diferença do número de luminárias existentes e o número de luminárias recomendadas no dimensionamento pelo software DIALux evo®.

Além da quantidade de luminárias, o posicionamento adequado tanto das luminárias quanto do mobiliário influencia diretamente a iluminação do ambiente. Um exemplo claro é

a biblioteca, onde as estantes geram zonas de sombra que afetam a refletância e reduzem significativamente a iluminação do ambiente. No caso do anfiteatro, embora não haja mobiliário que interfira na iluminação, o ambiente exige um foco específico, o palco, muitas vezes sendo desejado que apenas este local esteja iluminado, sendo assim o posicionamento das luminárias deve ser planejado considerando também o uso específico do espaço.

Ademais, para assegurar o funcionamento adequado e a qualidade da iluminação, recomenda-se a troca das luminárias por modelos que possuam fluxo luminoso maiores e a realização de inspeções periódicas para identificar lâmpadas piscando, com redução de luminosidade ou queimadas além. Caso sejam encontradas luminárias defeituosas, elas devem ser prontamente substituídas. Também é recomendado para as salas que possuem janelas grandes a instalação de cortinas que ajudem a minimizar a entrada da luz do sol, para que não ocorra ofuscamentos que prejudiquem a visibilidade e o conforto. Essas considerações otimizam o projeto e garantem a conformidade com as normas vigentes para construções educacionais.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMANGE, Gabriella Casagrande; SOUZA, Cassia Rafaela Brum. **Psicologia Ambiental - a influência dos espaços construídos sobre o comportamento humano**. Cascavel, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma. 5461**: Iluminação. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma. 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho, Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

BARBOSA, Rúbia Fernanda. Luz, ambiente e comportamento: **Como a iluminação modifica espaços e o comportamento humano**. Lume arquitetura, [s. l.], ed. 78, p. 58-74, 2014.

BARRETT, P.; DAVIES, F.; ZHANG, Y.; BARRETTE, L. **The impact of classroom design on pupil's learning: Final results of a holistic, multi-level analysis**. *Building and Environment*, v. 89, p. 118-133, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132315000700>. Acesso em: 10 de mar. 2024.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 16. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Gen, 2016. 502 p.

DORIGO, A. L. Condições de Luz Natural em Ambientes Escolares – Estudo do Projeto Padrão 023 da Rede Pública de Ensino do Estado do Paraná. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Curso de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2007. Disponível em: Microsoft Word - ADRIANO-Dissertacao_ppgte-VERSAO DEFINITIVA.doc (logiarquitetura.com.br) . Acesso em: 10 mar. 2024.

ELALI, G. A. O ambiente da escola: uma discussão sobre a relação escola-natureza em educação infantil. 2003. Acesso em: 20 nov. 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epsic/a/DFpfPmBzKqVDWNRbth7vtWN/>

ELALI, G. A. Psicologia e Arquitetura: em busca do locus interdisciplinar. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 1997. Acesso em: 10 de março 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epsic/a/gJBMZCtYWS6spmQfbWgqsMx/?lang=pt>

GEMELLI, C. B. Avaliação de conforto térmico, acústico e lumínico de edificação escolar com estratégias sustentáveis e bioclimáticas: o caso da escola municipal de ensino fundamental Frei Pacífico. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Acesso em: 20 nov. 2024. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/21926>

GURGEL, M. Projetando espaços: guia de arquitetura de interiores para áreas residenciais. São Paulo: ed. Senac, 2002.

HARTSTEIN, L.E., LEBOURGEOIS, M.K., BERTHIER, N.E. Light correlated color temperature and task switching performance in preschool-age children: Preliminary insights. PLoS One. 2018. doi: 10.1371/journal.pone.0202973. Acesso em: 10 mar. 2024.

HYBINER, J. M. B. M. Análise da iluminação em salas de aulas de escolas da rede de ensino pública das Superintendências Regionais de Ensino de Juiz de Fora, Ponte Nova e Ubá, MG. 2015. 145f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2015. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/7662>. Acesso em: 10 mar. 2024.

IIDA, Itiro. Ergonomia: projeto e Produção. 2. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1990.

INFOESCOLA. Espectro eletromagnético. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>. Acesso em: 26 nov. 2024.

LEKAN-KEHINDE, Michael; ASOJO, Abimbola. The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. In: WIT transactions on ecology and the Environment. Ashurst, UK: WIT Press, 2021. v. 253, ISBN 9781784664473. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/357029140_IMPACT_OF_LIGHTING_ON_CHILDREN'S_LEARNING_ENVIRONMENT_A_LITERATURE REVIEW. Acesso em: 10 mar. 2024.

LUMICENTER. CATÁLOGO DE PRODUTOS – LINHA LED INTEGRADO – LINHAS COMERCIAL E INDUSTRIAL. Disponível em:

<https://www.lumicenteriluminacao.com.br/catalogo/linhas-comercial-e-industrial-led-c69/>. Acesso em: 16 maio 2024.

NISKIER, J. Instalações Elétricas. 7. ed. LTC, Rio de janeiro, 2021. Disponível em: Minha Biblioteca. Acesso em 15 maio 2024.

OCHOA, Juliana Herleemann; ARAÚJO, Daniel Lima; SATTLER, Miguel Aloysio. Análise do conforto ambiental em salas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 91-114, jan./mar. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/d8J55LTs767sH3NNXzjhVfy/#>. Acesso em: 20 nov. 2024.

PIZARRO, P. R. Estudo das variáveis do conforto térmico e luminoso em ambientes escolares. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2005. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/1e1e116d-5e27-4a9c-8edf-4dc0c58cd883>. Acesso em: 10 mar. 2024.

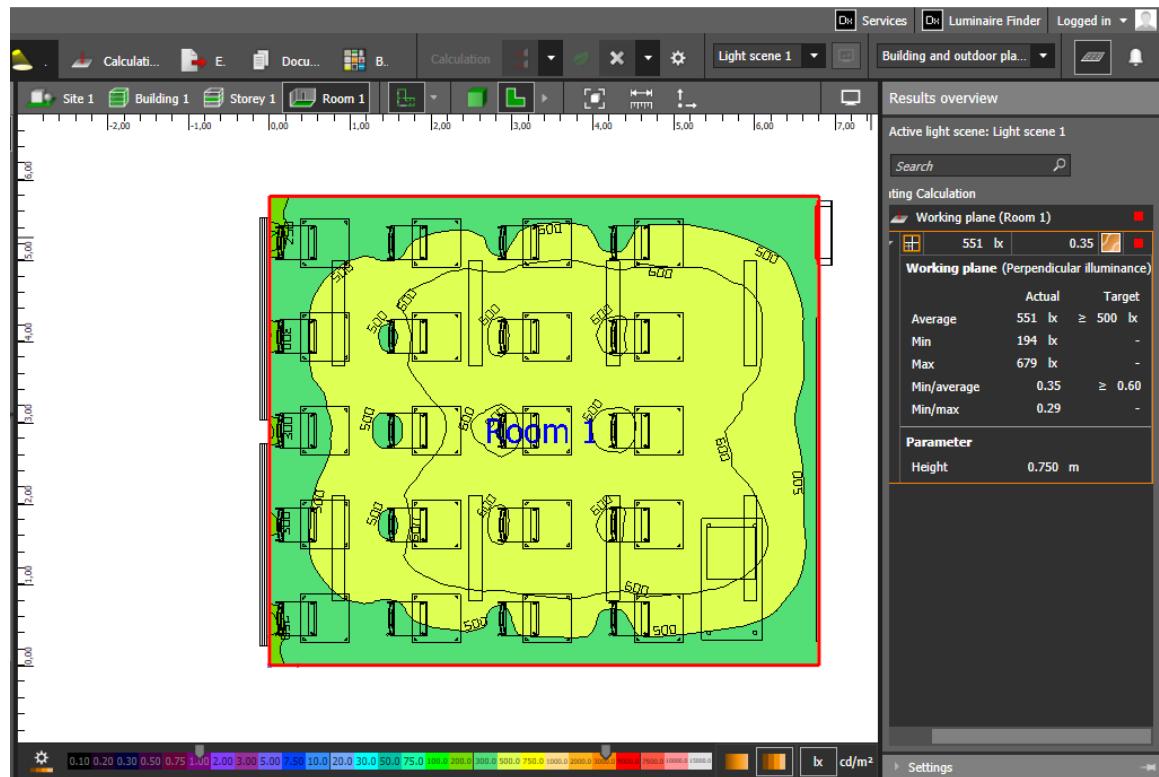
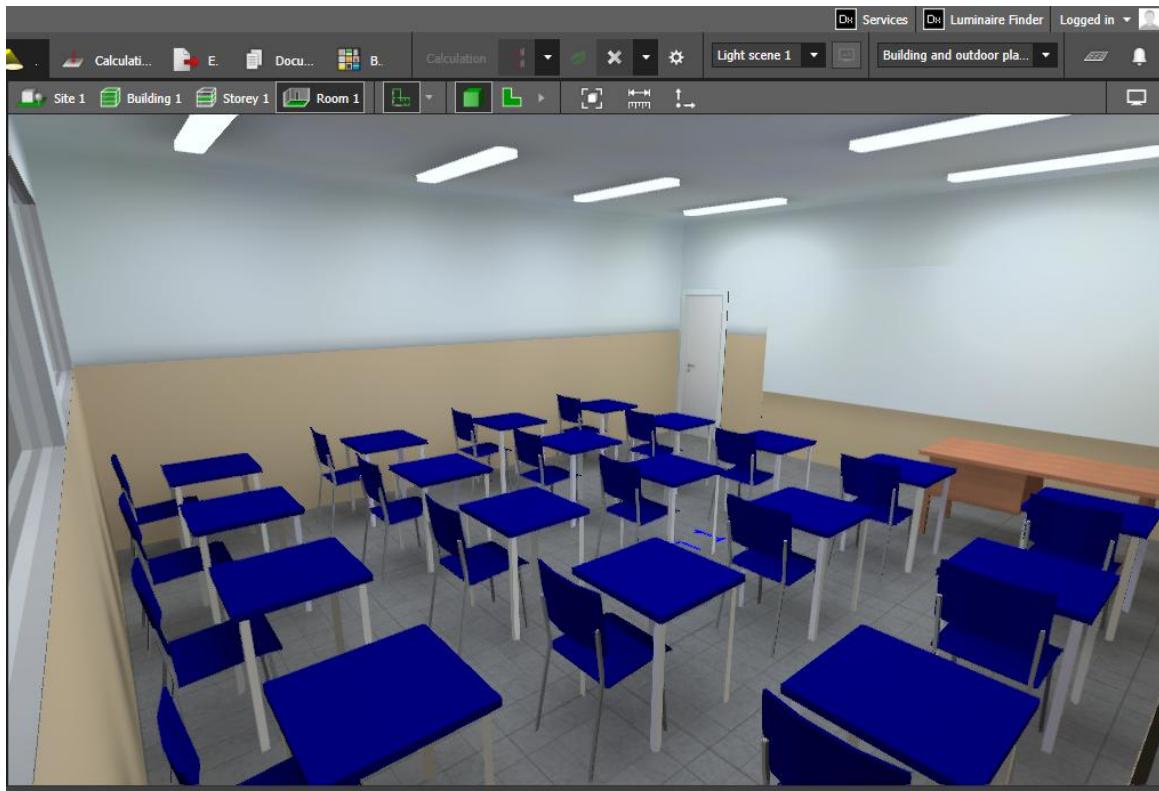
PLUG DESIGN. Como escolher a temperatura de cor ideal para sua luminária? Minas Gerais, 2019. Disponível em: <https://plugdesign.com.br/temperatura-cor/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

RHEINGANTZ, Paulo. CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 14., 2006, Curitiba - PR. Iluminação em escritórios: dos fundamentos às recomendações técnicas do promoto com ênfase no trabalho informatizado [...]. Curitiba, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net>. Acesso em: 10 mar. 2024.

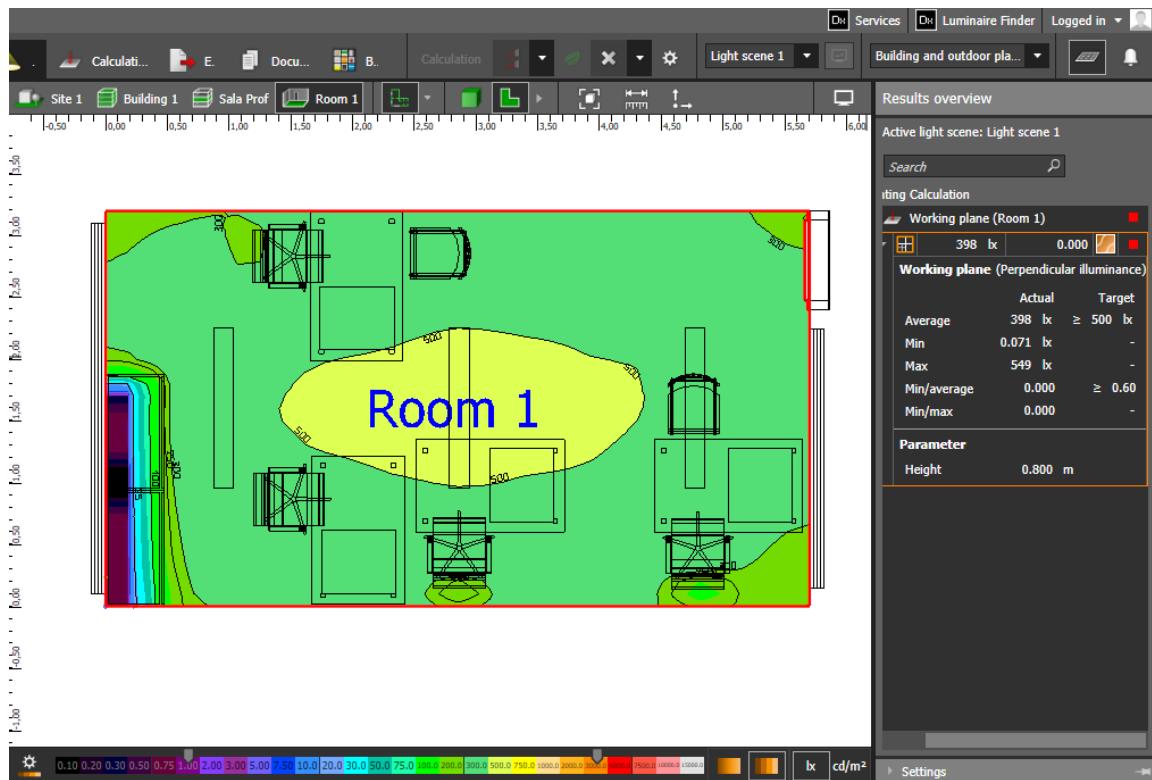
SCARINCI, A. L.; MARINELLI, F. O modelo ondulatório da luz como ferramenta para explicar as causas da cor. Revista Brasileira de Ensino de Física, 36. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/69cJCxLXKMFgcWhGnHcd5rC/>. Acesso em: 10 mar. 2024.

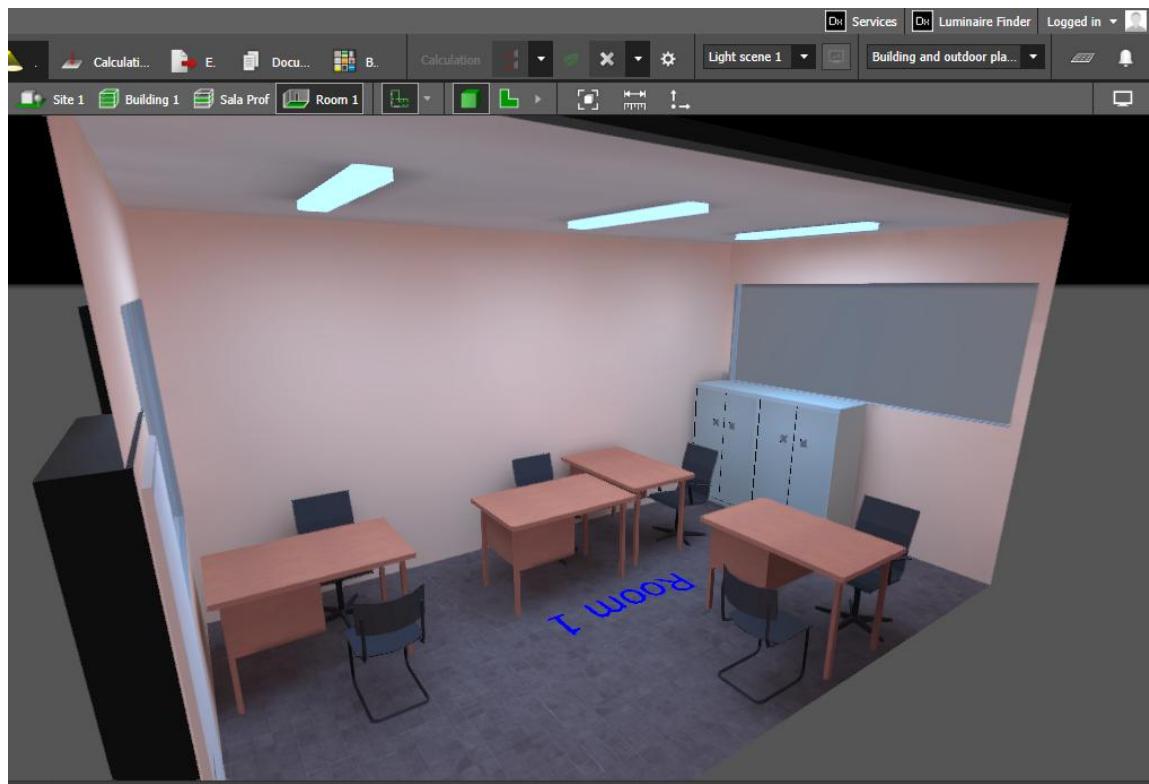
VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. Iluminação e Arquitetura. São Paulo: Geros, 2^aed., 2004.

APÊNDICE A – Sala de Aula – Fundamental II projetada no DIALux evo®

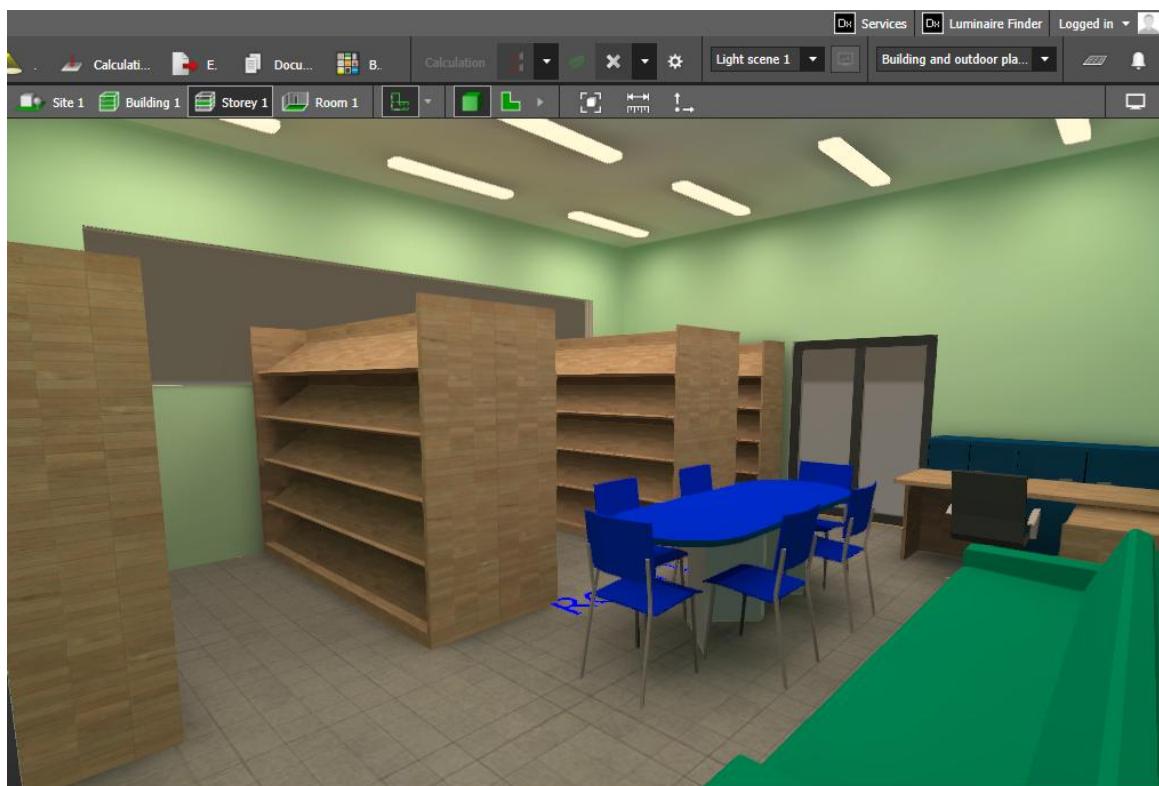
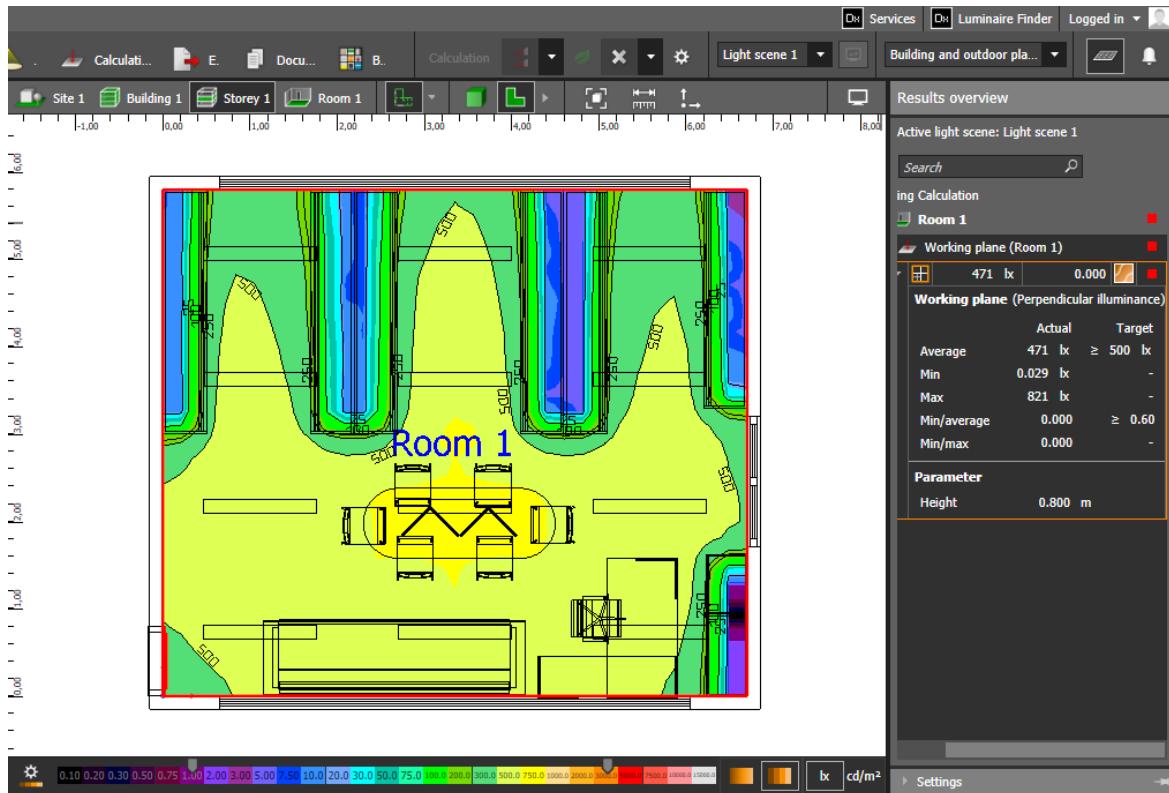


APÊNDICE B – Sala dos Professores projetada no DIALux evo®

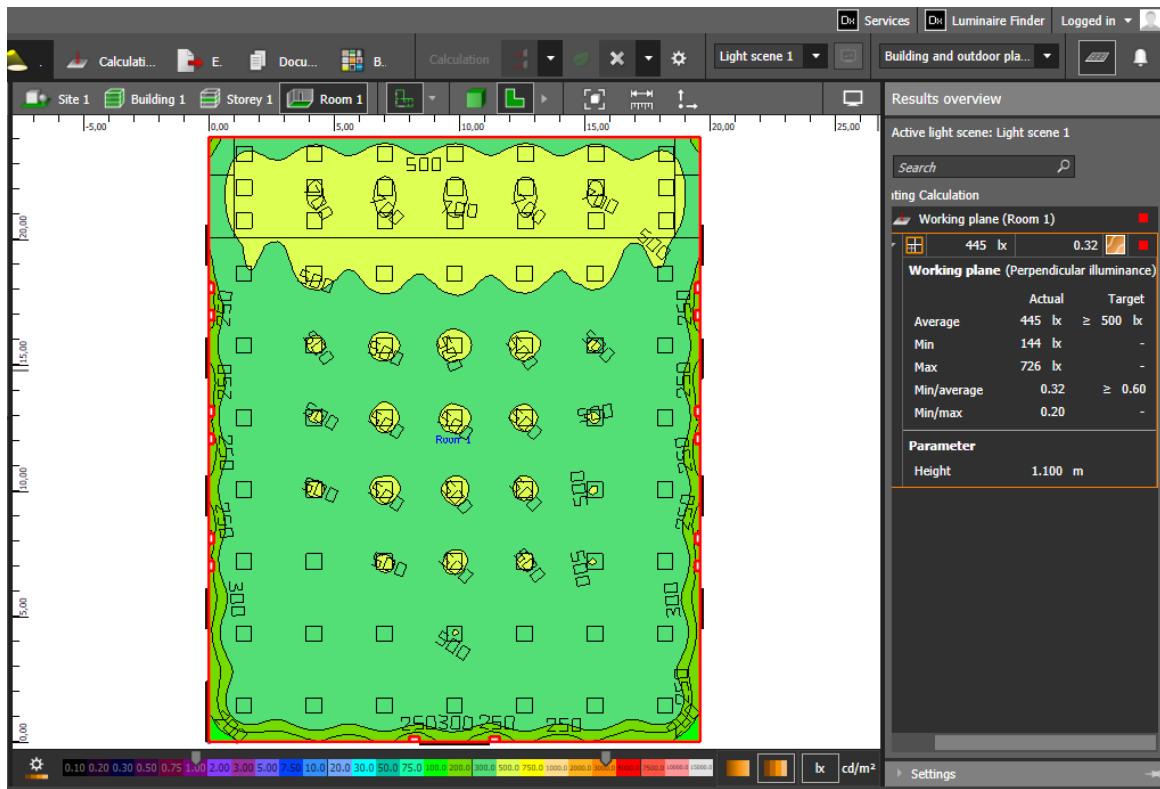


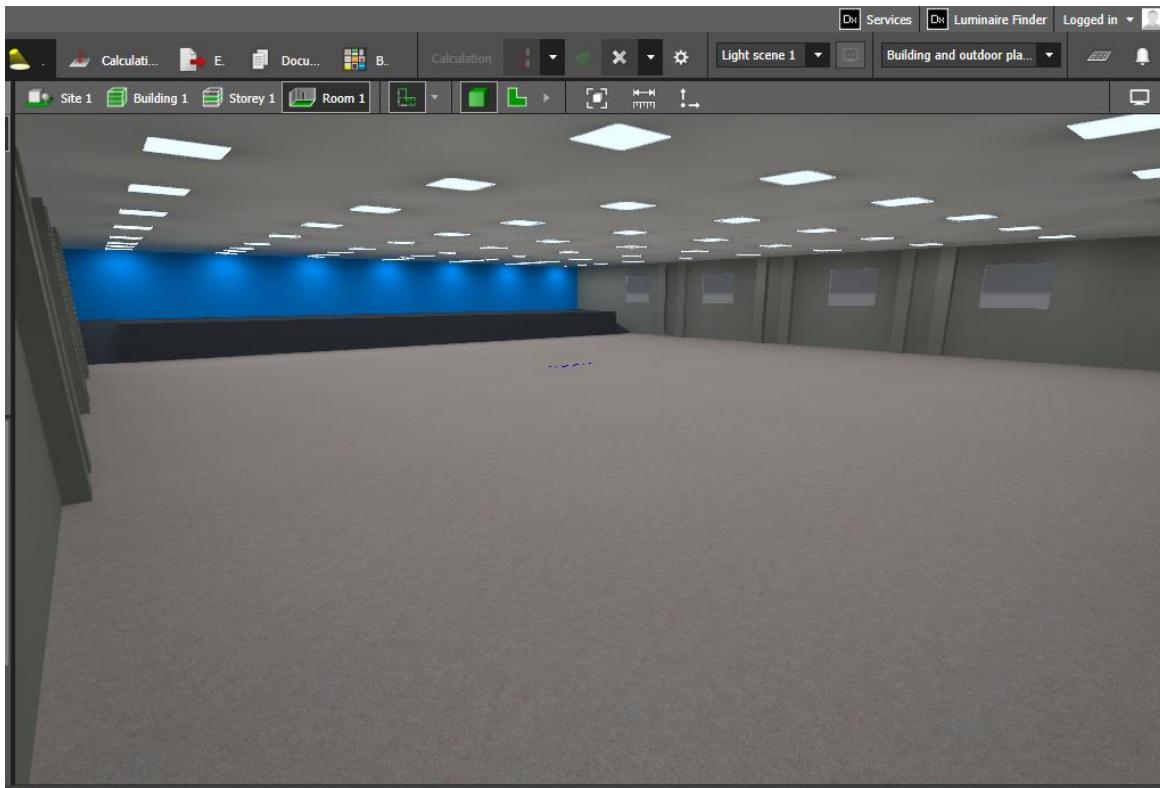


APÊNDICE C – Biblioteca projetada no DIALux evo®

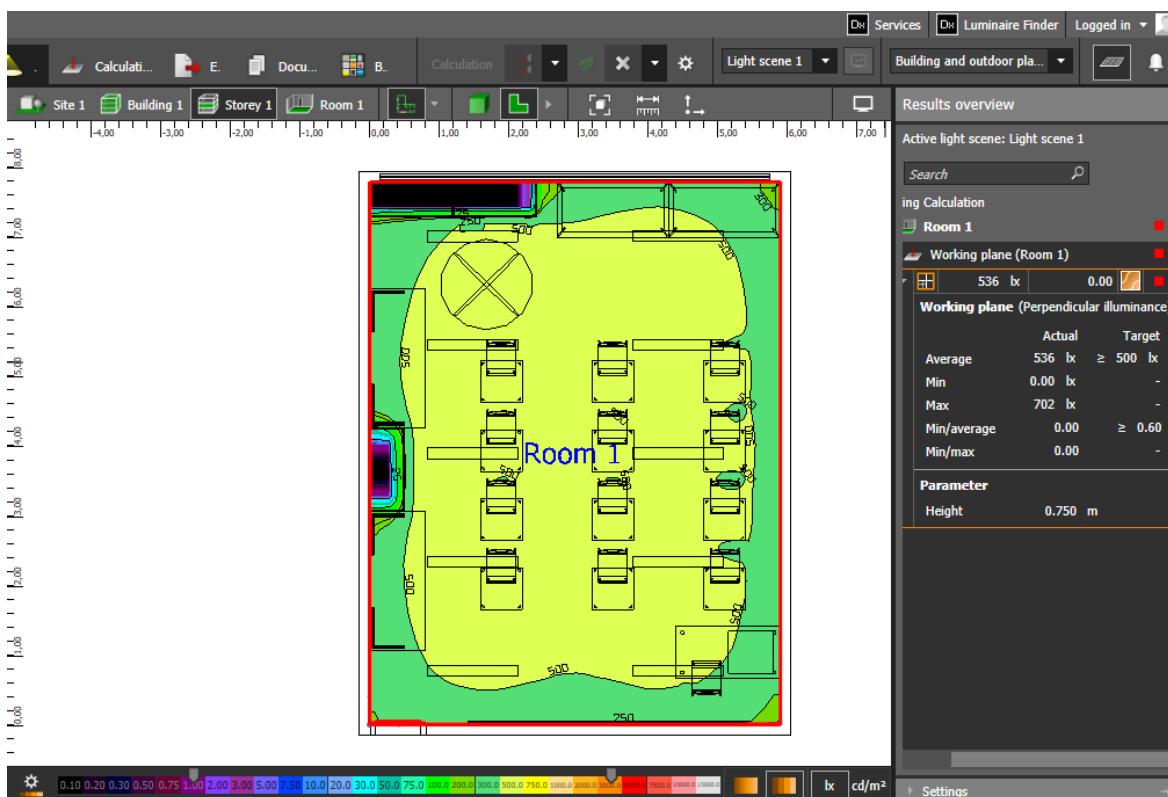


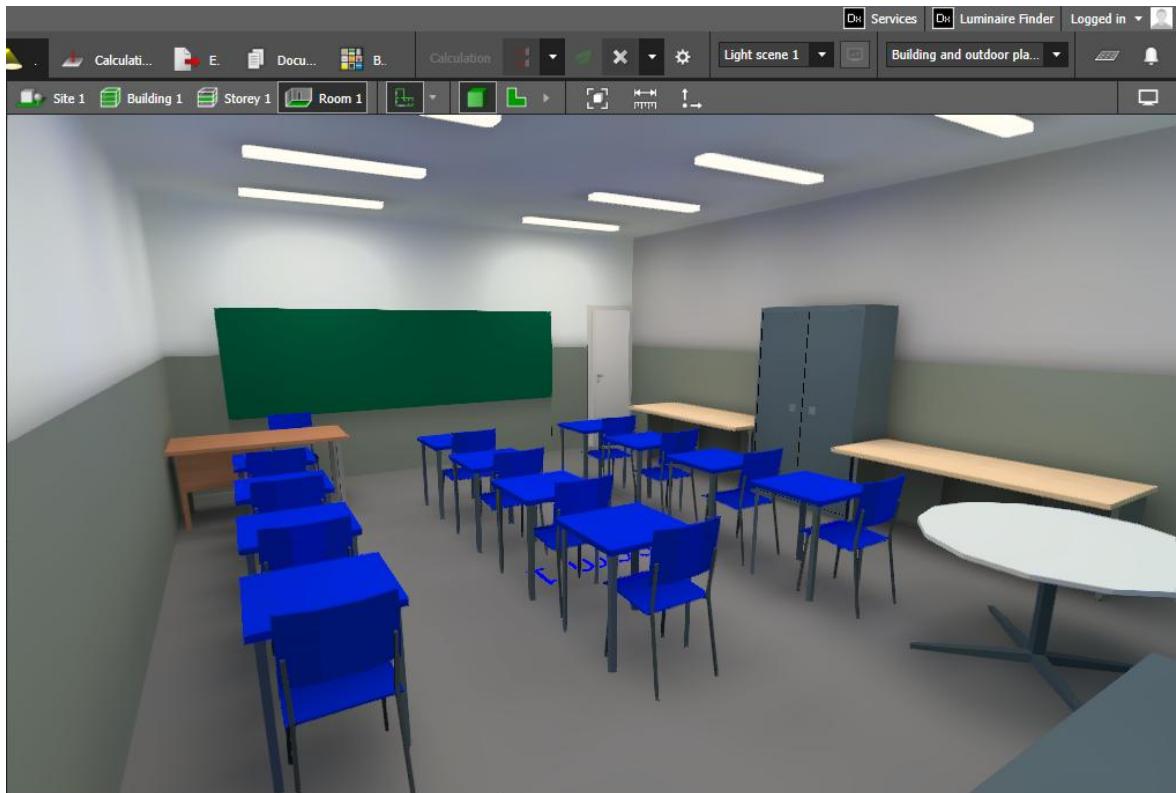
APÊNDICE D – Anfiteatro projetado no DIALux evo®



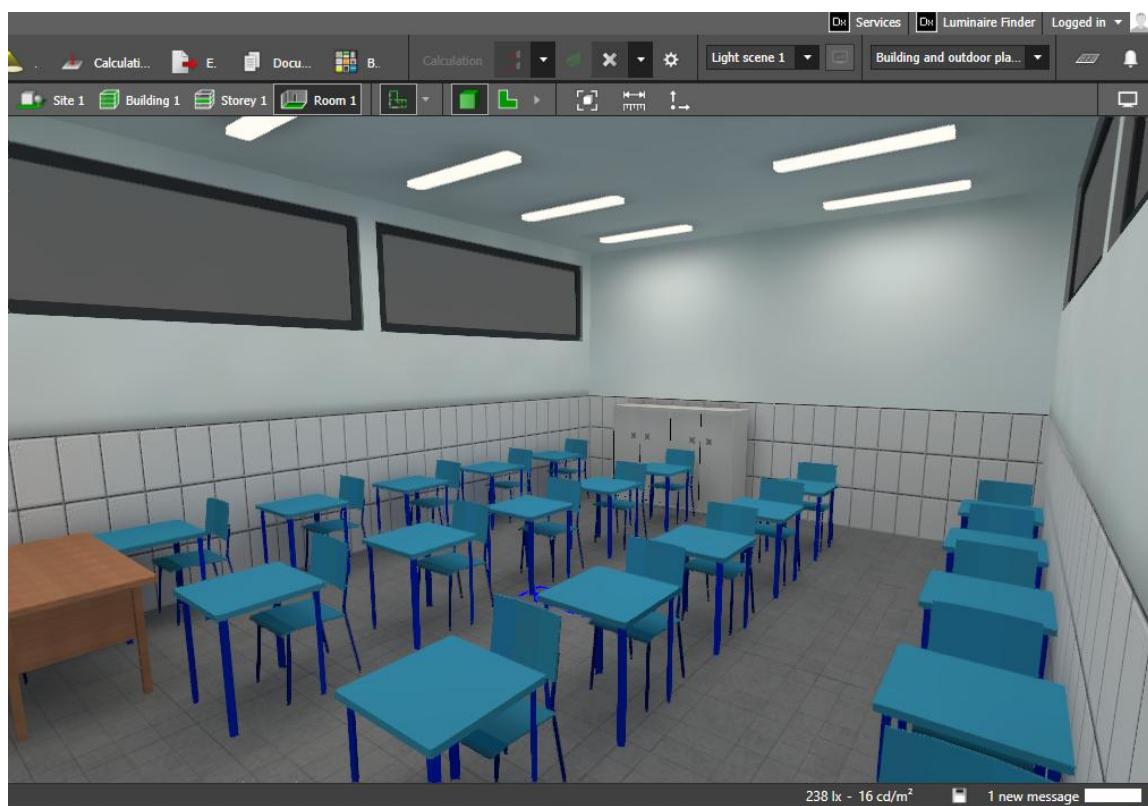
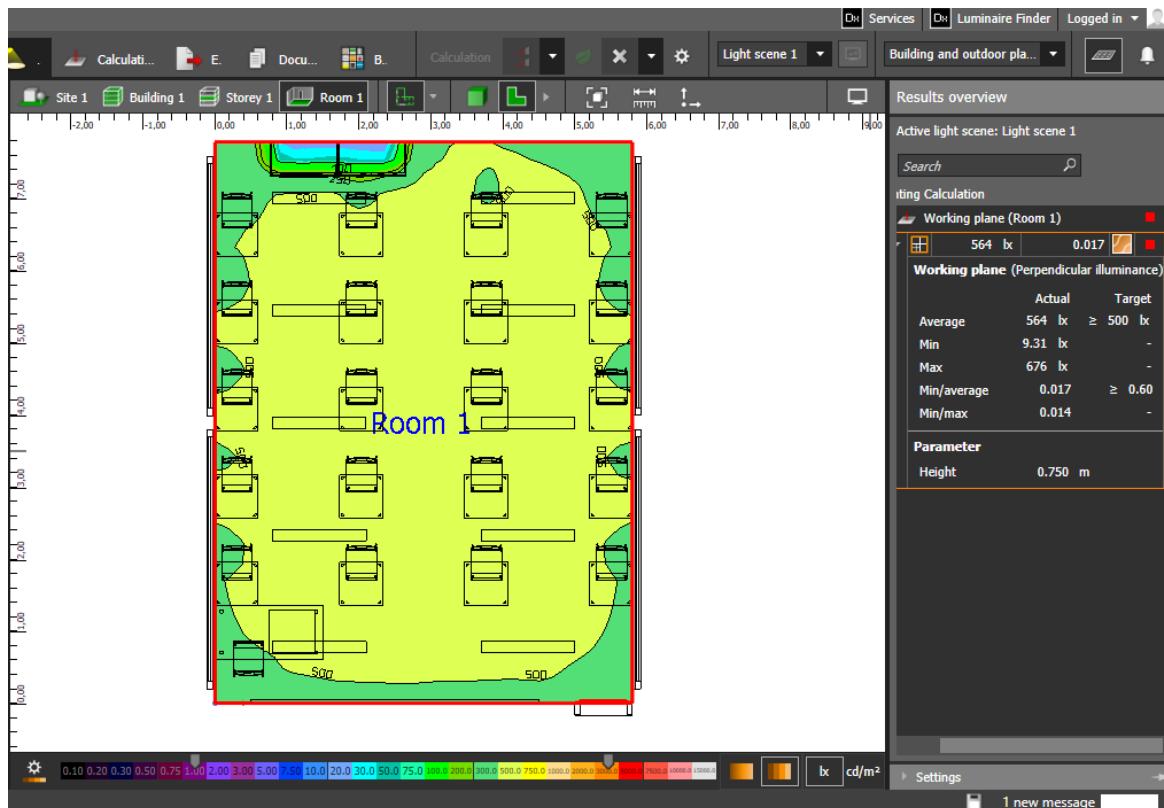


APÊNDICE E – Laboratório projetado no DIALux evo®





APÊNDICE F – Sala de Aula – Fundamental I projetada no DIALux evo®



APÊNDICE G – Sala de Aula – Maternal projetada no DIALux evo®

