

**UNIVERSIADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
ENGENHARIA CIVIL**

MAYANA APARECIDA BERTA

**ESTUDO LUMINOTÉCNICO DE UM BLOCO DE SALAS DE AULA PARA
ADEQUAÇÃO ÀS CONDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA IMPOSTAS PELA NORMA
VIGENTE**

DOURADOS, MS
2022

MAYANA APARECIDA BERTA

**ESTUDO LUMINOTÉCNICO DE UM BLOCO DE SALAS DE AULA PARA
ADEQUAÇÃO ÀS CONDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA IMPOSTAS PELA NORMA
VIGENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil pela Universidade
Federal da Grande Dourados.

Orientador: Agleison Ramos Omido

DOURADOS, MS
2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ANEXO H – ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 15:00 horas do dia 02 de junho de 2022, realizou-se no ambiente virtual **Google Meet**, meet.google.com/xrf-mwir-eon a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, intitulado **ESTUDO LUMINOTÉCNICO DE UM BLOCO DE SALAS DE AULA PARA ADEQUAÇÃO ÀS CONDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA IMPOSTAS PELA NORMA VIGENTE**. de autoria do(a) discente **Mayana Aparecida Berta**, como requisito para a aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II.

Após a defesa e posterior arguição, a banca examinadora concluiu que o Trabalho apresentado deve ser:

- Aprovado
 Reprovado

O discente declara ciência de que a sua aprovação está condicionada à entrega da versão final (encadernada, corrigida e assinada) do Trabalho de Conclusão de Curso, nos termos em que especifica o regulamento do componente curricular, em anexo ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da UFGD. O orientador se responsabilizará pela verificação e aprovação das correções do manuscrito feitas pelo discente para a elaboração da versão final.

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS

DISCENTE

Nome: MAYANA APARECIDA BERTA

Assinatura:

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof^o AGLEISON RAMOS OMIDO

Assinatura:

Orientador: Prof^a DANIELE A. ALTRAN

Assinatura:

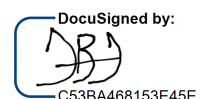


Documento assinado digitalmente

DANIELE ARAUJO ALTRAN
Data: 09/06/2022 00:50:47-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Orientador: Prof FILIPE B. FIGUEIREDO

Assinatura:



C53BA468153E45E...

ESTUDO LUMINOTÉCNICO DE UM BLOCO DE SALAS DE AULA PARA ADEQUAÇÃO ÀS CONDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA IMPOSTAS PELA NORMA VIGENTE

Mayana Aparecida Berta¹; Agleison Ramos Omido².
Mayana.apb12@gmail.com¹; Agleisonomido@ufgd.edu.br².

RESUMO

O projeto luminotécnico de uma edificação consiste em dimensionar a iluminação necessária para que sejam realizadas as atividades a qual foram destinadas com excelência. Em instituições de ensino, o mesmo é de extrema importância, uma vez que a iluminação é comprovadamente ligada ao desenvolvimento e aprendizagem dos alunos. A realização de um dimensionamento luminotécnico pode ser feita a partir de métodos de cálculo, como por exemplo o Método dos Lúmens, ou por meio de softwares, como o DIALux Evo. Ambos têm como base os valores de iluminância estabelecidos pela NBR ISO/CIE 8995-1 e fornecem a quantidade ideal de luminárias para que o ambiente esteja adequado às normativas. Para um local com iluminação instalada é possível aferir se o mesmo apresenta condições satisfatórias de iluminância através do Luxímetro, aparelho que capta o fluxo luminoso de uma luminária em determinada área, fornecendo a quantidade de Lux naquele ponto. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo a avaliação da iluminação presente no Bloco A da Universidade Federal da Grande Dourados, com o intuito de conferir se o mesmo atende o que é estabelecido em norma. Com o auxílio do luxímetro foram feitas medições da iluminância em todos os ambientes, nos quais, em sua maioria, se encontram abaixo do recomendado. Para fins de correção, foi feito o dimensionamento luminotécnico através do método de cálculo e do software, com o propósito de adequar o mesmo. Ambos os métodos indicaram a necessidade de troca e instalação de novas luminárias, sendo sugeridas as do tipo CAA01-S232 2X32W-T8.

Palavras-chave: luminotécnica; conforto; método dos lumens; DIALux Evo.

ABSTRACT

The luminotechnical design of a building consists of sizing the lighting necessary for the proper activities to be carried out with excellence. In educational institutions, the same is extremely important, once lighting is proven linked to the development and learning of students. The realization of a luminotechnical dimensioning can be done from calculation methods, such as the Lumen Method, or by means softwares, like the DIALux Evo. Both are based on the illuminance values stated by NBR ISO/CIE 8995-1 and provide the ideal amount of luminaries so that the environment is appropriate to the normatives. For a place with installed lighting is possible to assess whether it presents satisfactory illuminance conditions through the Luximeter, apparatus captures the luminous flux of a luminaire in a give area, providing the amount of a Lux at that point. Therefore, the present study aimed to evaluate the lighting present in Block A of the Federal Univesity of Grande Dourados, in order to verify whether it meets what established in norm. With the aid luximeter, illumination measurements were made in all environments, in wich, for the most part, they are below the recommended. For correction purposes, luminotechnical was made luminotechnical dimensioning through the calculation method and the software with the purpose of adapting the same. Both methods indicated the need for replacement and installation of new luminaires, and the CAA01-S232 2X32W-T8 type was suggested.

Keywords: luminotechnic; comfort; lumen method; DIALux Evo.

1 INTRODUÇÃO

A iluminação é um dos principais elementos para a percepção visual humana, a qual possibilita-se observar o meio no qual está inserido, identificando seu uso e sua forma, dando uma clara impressão de espaço quando comparada à outras áreas sensoriais humanas (FREITAS, [s.d.]). É, também, um dos fatores ambientais que influenciam no processo ensino-aprendizagem, uma vez que a mesma auxilia no mecanismo da visão e é essencial para todos os processos que tornam possível o cérebro se relacionar com o meio ambiente. Boas condições de iluminação favorecem o desempenho visual, otimizando o processo de aprendizado (BERTOLOTTI, 2007).

A luminotécnica compreende o estudo da aplicação da luz artificial em espaços externos e internos. A iluminação, tanto artificial como natural, são utilizadas para transmitir mensagens de bem-estar as pessoas. Dada a relevância da necessidade de harmonia entre as fontes de iluminação, torna-se fundamental a realização de um projeto luminotécnico para se obter um ambiente agradável (FANK. et al, 2016).

O projeto luminotécnico de um ambiente deve ser feito levando em consideração opções preliminares para o tipo de iluminação mais adequado e as atividades que ali serão executadas (ANJOS; MARIBONDO. 2008 apud CAMELO, et al, 2010). Para uma sala de aula, deve ser prevista uma iluminação adequada que possibilite que os alunos exerçam suas atividades com o máximo de precisão visual e acuidade, fornecendo a possibilidade de melhor produtividade sem que este precise forçar sua visão para isto (AYRES, et el. 2018).

O estudo luminotécnico também é capaz de apresentar se um determinado ambiente está dimensionado com o número de luminárias adequados, além de possibilitar a identificação de superdimensionamentos e subdimensionamentos (MELO, 2018).

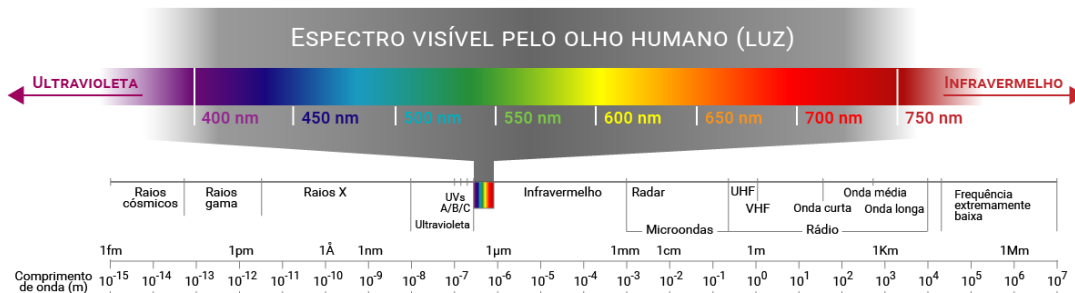
Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo a inspeção de iluminação dos ambientes do Bloco A da instituição de ensino UFGD, verificando sua adequação às questões normativas, as quais estabelecem os níveis de intensidade de luz apropriados e sugerindo condições de melhorias para que a edificação obtenha um melhor desenvolvimento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A luz

A luz é uma modalidade da energia radiante verificada pela sensação visual de claridade. A faixa de radiações das ondas eletromagnéticas detectada pelo olho humano se situa entre 380 nm e 780 nm, na qual é limitada em suas extremidades pelas radiações infravermelhas (maior comprimento de onda) e pelas radiações ultravioletas (menor comprimento de onda), como pode-se observar na Figura 1 (MARCHIORE, [s.d]).

Figura 1 – Espectro Eletromagnético



Fonte: AALOK¹

A sensação psicofisiológica produzida pelas radiações visíveis traduz-se por uma impressão subjetiva de luminosidade e uma impressão de cor, as quais somente um processo de abstração mental poderá separar e avaliar (NISKIER, 2021). É importante tanto para desempenho visual quanto para a sensação de conforto e bem-estar que as cores do ambiente sejam reproduzidas natural e corretamente, de modo a proporcionar as pessoas uma aparência saudável e atrativa (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1,2013).

Objetos iluminados podem parecer diferentes mesmo quando submetidos a iluminações de mesma tonalidade, isso se dá através da capacidade de reprodução de cor da fonte luminosa e de sua escala de Índice de Reprodução de Cores (IRC ou Ra). O IRC ideal é aquele que apresenta a tonalidade original do objeto, ou seja, igual a 100. Portanto, quanto maior a diferença de cor na aparência do objeto iluminado, menor o seu IRC (ARRUDA, 2010).

2.2 Grandezas fundamentais

Algumas grandezas são fundamentais para o entendimento e para o desenvolvimento de um projeto com excelência, as quais serão definidas a seguir segundo o Dicionário Brasileiro de Eletricidade, reproduzidas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, abordado por Arruda (2010).

¹ Disponível em: <<https://aalok.com.br/blog/led-ou-vapor-de-sodio-descubra-qua-l-e-a-melhor-escolha-para-iluminar/espectro/>> . Acesso em ago.2021

Fluxo Luminoso (ϕ): é a quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa, medida em lumens (lm), na tensão nominal de funcionamento, entre os limites de comprimento de onda da luz visível.

Intensidade Luminosa (I): é o fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto, o qual é necessário medir o valor dos lúmens em cada direção pelo fato da fonte luminosa não irradiar a luz de forma uniforme. É medida em Candela (cd).

Iluminância ou Iluminamento (E): indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância dessa fonte, podendo ser calculada a partir da Equação 01:

$$E = \frac{\phi}{A} \quad (\text{Equação 01}).$$

Onde:

E = Iluminância.

ϕ = Fluxo Luminoso.

A = Área.

Sua unidade de medida é o LUX (lx).

2.3 Método dos Lumens

O método mais utilizado para cálculo da iluminação adequada de edifícios é o Método dos Lumens, que consiste em determinar a quantidade de fluxo luminoso (lumens) necessário para determinado ambiente, baseado no tipo de atividade desenvolvida, cores das paredes e tetos e o tipo de luminárias escolhidas (MARCHIORE, [s.d.]).

Segundo Marchiore, [s.d.], no método dos lumens, podemos obter o fluxo luminoso total necessário através da Equação 02:

$$\phi = \frac{Em \cdot S}{\mu \cdot d} \quad (\text{Equação 02}).$$

Onde:

ϕ = Fluxo luminoso em lumens;

Em = iluminância em lux;

S = área do recinto em m²;

μ = coeficiente de utilização;

d = fator ou coeficiente de depreciação.

A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1,2013 define os valores da iluminância média (E_m) a ser mantida de acordo com o ambiente e/ou as atividades executadas. No Quadro 1, pode-se visualizar esses valores estabelecidos.

Quadro 1: Iluminâncias médias.

LISTA DE AMBIENTES, TAREFAS OU ATIVIDADES	E_m MANTIDA (LUX)
Saguão de entrada.	100
Áreas de circulação e corredores.	100
Refeitórios/Cantinas.	200
Vestiários, banheiros, toaletes.	200
Salas comuns de estudantes e salas de reunião.	200
Salas de aula noturnas.	500

Fonte: Adaptado de NBR ISO/CIE 8995-1 (2013).

O coeficiente de utilização (μ) avalia o fluxo luminoso útil que incidirá sobre o plano de trabalho e se dá pelo produto da Eficiência do Recinto pela Eficiência da Luminária (CAMPOS, [s.d.]). O coeficiente depende de três fatores:

1º: Das dimensões do compartimento (largura, comprimento e altura) os quais permitem a obtenção do índice do local, através do Quadro 2.

Quadro 2: Índice do local.

Altura do teto, em metros						
Para iluminação indireta ou semi-indireta.	2,75	3,00	3,70	5,20	6,40	
	a	a	a	a	a	
	2,90	3,50	4,10	6,00	7,30	
Distância do chão ao foco luminoso						
Para iluminação direta e semidireta.	2,15	2,45	2,75	3,00	3,70	
	a	a	a	a	a	
	2,30	2,60	2,90	3,50	4,10	
Largura do local (metros).	Comp. Do local (metros).	índices do local.				
2,75 (2,60 - 2,75)	2,50 - 3,00	H	I	J	J	
	3,00 - 4,30	H	I	I	J	
	4,30 - 6,00	G	H	I	J	J
	6,00 - 9,00	G	G	H	I	J
	9,00 - 13,00	F	G	H	I	J
	13,00 ou mais	E	F	G	H	J
3,00 (2,90 - 3,20)	3,00 - 4,30	G	H	I	J	J
	4,30 - 6,00	G	H	I	J	J
	6,00 - 9,00	F	G	H	I	J
	9,00 - 13,00	F	G	G	H	I
	13,00 - 18,30	E	F	G	H	I
	18,30 ou mais	E	F	F	H	H
6,00 (5,80 - 6,60)	6,00 - 9,00	D	E	F	G	H
	9,00 - 13,00	D	E	E	F	G
	13,00 - 18,30	D	D	E	E	F
	18,30 - 27,50	C	D	E	E	F
	27,50 - 43,00	C	D	D	E	F
	43,00 ou mais	C	D	D	E	F
7,30 (6,70 - 7,90)	6,00 - 9,00	D	E	E	F	G
	9,00 - 13,00	C	D	E	F	G
	13,00 - 18,30	C	D	D	E	F
	18,30 - 27,50	C	D	D	E	F
	27,50 - 43,00	C	C	D	E	E
	43,00 ou mais	C	C	D	E	E

Fonte: Adaptado de NISKIER (2021).

2º: Do coeficiente de reflexão do ambiente, cujos valores são em função das cores e dos materiais utilizados, obtido através do Quadro 3.


Quadro 3: Coeficiente de reflexão.

Teto branco	75%
Teto claro	50%
Paredes brancas	50%
Paredes claras	30%
Paredes medianamente claras	10%

Fonte: Adaptado de NISKIER (2021).

3º: Do tipo de luminária escolhida, onde a partir da mesma e com os valores dos coeficientes de reflexão, no Quadro 4, é possível estabelecer os valores dos coeficientes de utilização (μ) e do fator de depreciação (d), de acordo com o índice local estabelecido no Quadro 2.

Quadro 4: Fator de utilização.

Luminária		Teto		75 %			50 %			Descrição
		Paredes		50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	
Fator de depreciação	Tipo	índice do local	Coeficientes de utilização							
$d = 0,75$		↑	J	0,27	0,23	0,21	0,27	0,23	0,21	Refletor parabólico duplo para 2 lâmpadas fluorescentes $l = 0,9 h$
		I	0,32	0,29	0,26	0,32	0,28	0,26		
		H	0,36	0,33	0,30	0,35	0,32	0,30		
		0	G	0,39	0,36	0,34	0,38	0,36	0,34	
		—	F	0,42	0,39	0,37	0,41	0,38	0,36	
		50	E	0,44	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40	
		↓	D	0,46	0,44	0,42	0,45	0,44	0,42	
		C	0,47	0,46	0,44	0,47	0,45	0,44		
		B	0,49	0,48	0,46	0,48	0,47	0,46		
		A	0,50	0,49	0,48	0,49	0,48	0,47		

Fonte: NISKIER (2021).

O índice local K é obtido pela relação das dimensões do local iluminado, de acordo com a Equação 03.

$$k = \frac{C * L}{h * (C + L)} \quad \text{(Equação 03).}$$

Onde:

K = índice local;

C = Comprimento do recinto;

L = Largura do recinto;

h = Pé direito útil. (MELO *apud* NISKIER, MACINTYRE, 2013; 2018).

De acordo com o Projeto 02:135-02-004 (ABNT, 2003), para a aferição da iluminância média de um ambiente, é necessário estabelecer a quantidade mínima de pontos a serem medidos em cada ambiente. O número de pontos é dado pelo Quadro 5, a partir do valor do índice local (K) do ambiente (Equação 3).

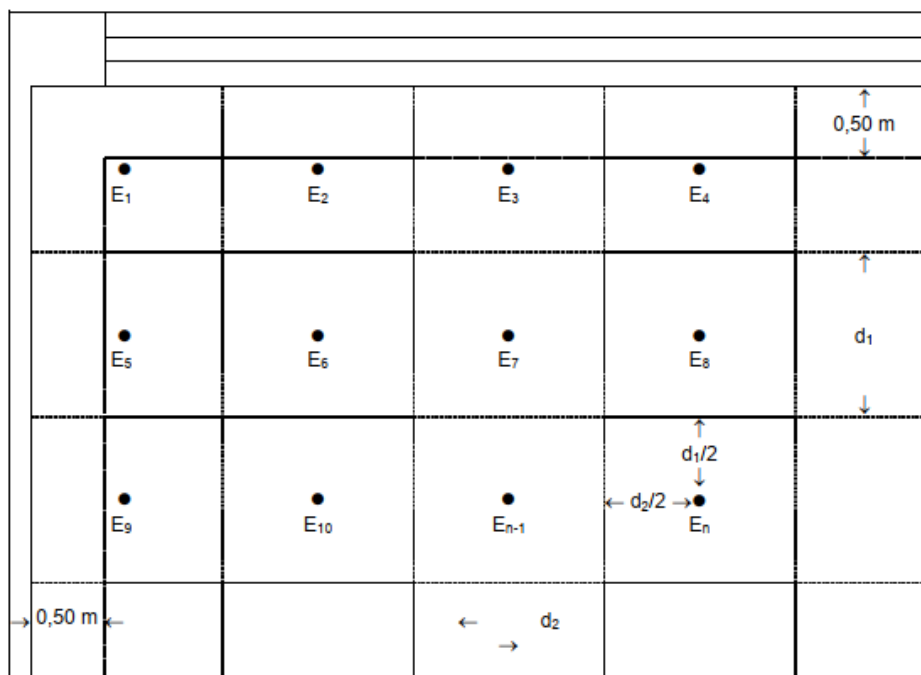
Quadro 5 – Quantidade mínima de pontos a serem medidos.

K	Nº de Pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Fonte: (ABNT, 2003).

A partir do número de pontos mínimos obtidos, o Projeto 02:135-02-004 (ABNT, 2003), especifica que o ambiente deve ser dividido em áreas iguais ao número de pontos, preferencialmente com formato próximo ou igual à um quadrado. A iluminância (E) é medida no centro de cada uma dessas áreas, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Malha de pontos para medição.



Fonte: (ABNT, 2003).

A iluminância média do ambiente é obtida a partir da Equação 4, quando todas as áreas forem iguais, e pela Equação 5, quando a área dos pontos de abrangência não for igual.

$$Em = \frac{\sum_1^n En}{n} \quad \text{(Equação 04).}$$

Onde:

E_m = Iluminância média

E_n = Iluminância em cada ponto

n = Número de pontos.

$$E_m = \frac{\sum_1^n E_n \cdot A_n}{A_{total}} \quad (\text{Equação 05}).$$

Onde:

E_m = Iluminância média

E_n = Iluminância em cada ponto

A_n = Área da malha de cada ponto

A_{total} = Área total do ambiente.

A partir do cálculo efetivo do fluxo luminoso total necessário, determina-se o número de lâmpadas da seguinte forma, conforme a Equação 06:

$$N = \frac{\phi}{\varphi} \quad (\text{Equação 06}).$$

Onde:

(MARCHIORE, [s.d]).

3 METODOLOGIA

3.1 Local

Este trabalho foi realizado no Bloco A da instituição de ensino Universidade Federal da Grande Dourados, localizada na Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Dourados – Mato Grosso do Sul, Lat. -22,1959288°; Long. – 54,9302269°, com o objetivo de avaliar a eficiência de iluminação dos ambientes internos e verificar sua conformidade com as especificações presentes em norma.

O edifício conta com 24 salas de aula, 3 salas de uso comum, 2 copas, 4 banheiros, saguão, hall de entrada e corredores. O período de funcionamento conta com horários letivos no período diurno e noturno. Para a análise em questão será considerado o período mais crítico, no caso, a utilização dos ambientes durante a noite.

O pé direito da edificação é de 3,15m, exceto o saguão que possui altura igual à 6,40m. A altura efetiva se dá pela distância da fonte luminosa ao plano de trabalho, onde, para as salas de aula essa altura é de 2,40m (3,15m de pé direito no qual subtrai-se 0,75m que é a altura do chão até o foco, no caso, as cadeiras universitárias presentes nas salas

de aula), e para os demais locais que não possuem um plano de trabalho específico, essa altura é igual ao pé direito.

Para efeitos de cálculo, como o edifício conta com vários ambientes diferentes, os mesmos foram separados em grupos, onde os que possuem mesmas dimensões (largura, comprimento e altura efetiva) e mesmos valores de Iluminância média a serem mantidos, de acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1, ficaram agrupados, representados no Quadro 6.

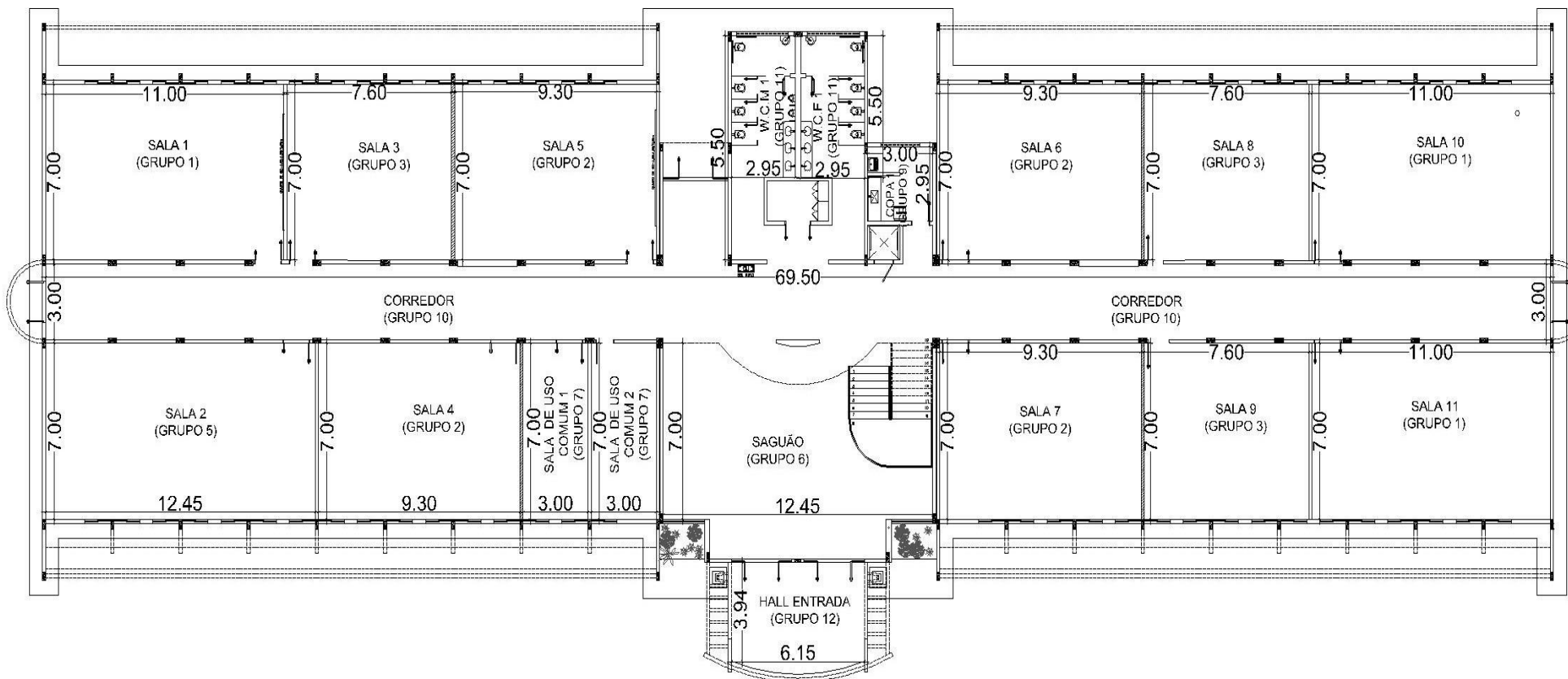
Quadro 6: Separação dos ambientes em grupo.

GRUPO	AMBIENTES	L (m)	C (m)	Hefetiva (m)
1	Salas: 1, 10, 11, 12, 13 e 23.	7,00	11,00	2,40
2	Salas: 4, 5, 6, 7, 16, 17, 19 e 24.	7,00	9,30	2,40
3	Salas: 3, 8, 9, 14, 15, e 21.	7,00	7,60	2,40
4	Salas: 18, 20 e 22.	7,00	6,15	2,40
5	Sala 2.	7,00	12,45	2,40
6	Saguão.	7,00	12,45	6,40
7	Salas de uso comum 1 e 2 .	3,00	7,00	3,15
8	Sala de uso comum 3 e copa 2.	3,00	4,50	3,15
9	Copa 1.	3,00	2,95	3,15
10	Corredores.	3,00	69,50	3,15
11	Banheiros.	2,95	5,50	3,15
12	Hall de Entrada.	6,15	3,94	3,15

Fonte: Autor (2022).

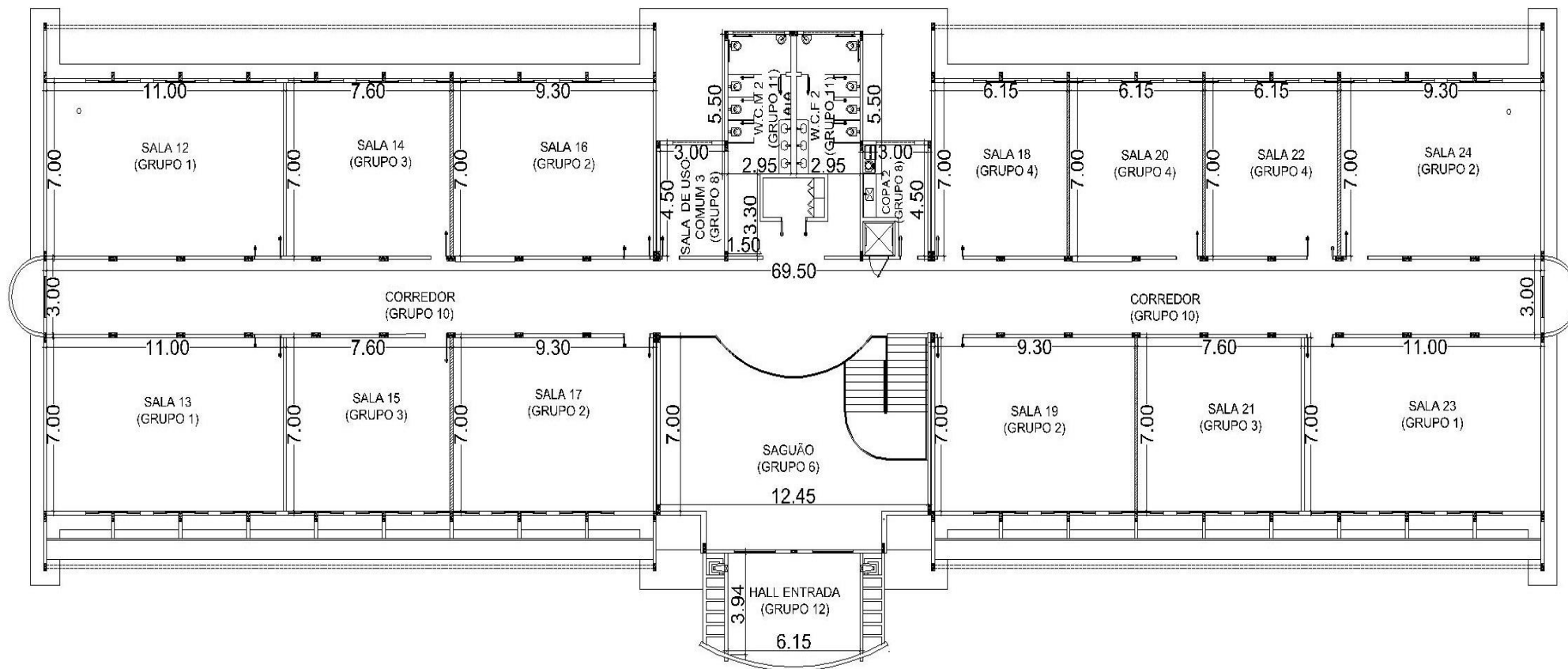
As Figuras 3 e 4 representam as plantas baixas do térreo e do primeiro pavimento do bloco. A partir delas, é possível identificar a disposição dos ambientes e suas dimensões, assim como a disposição das salas por grupo.

Figura 3 – Bloco A: térreo.



Fonte: Autor (2022).

Figura 4 – Bloco A: primeiro pavimento.



Fonte: Autor (2022).

3.2 Procedimentos.

Para o estudo em questão, foram feitas medições in loco da iluminância, em todos os ambientes do edifício, com o auxílio do Luxímetro, a fim de se obter a E_m real de cada local que compõe o bloco. Em contrapartida, foram realizados os cálculos da iluminação ideal para o edifício a partir de dois métodos: o método dos Lumens e o software DIALux Evo, a fim de apresentar uma proposta de iluminação caso a instalada não seja suficiente.

As medições in loco foram feitas utilizando o luxímetro THERMO – HIGRO – ANEMÔMETRO- LUXÍMETRO DIGITAL PORTÁTIL, marca INSTRUTHERM, modelo THAL-300 (Figura 5), seguindo às premissas do Projeto 02:135-02-004, 2003, da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Figura 5: THERMO – HIGRO – ANEMÔMETRO- LUXÍMETRO DIGITAL PORTÁTIL, HAL-300



Fonte: Catálogo de produtos INSTRUTHERM, (2022).

Para a realização das medições com o auxílio do aparelho, primeiramente deve-se calcular o índice do local (K), através da Equação 03 e recorrer ao Quadro 5 para que sejam definidas as quantidades mínimas de pontos a serem medidos. Para aferir a iluminância, o Projeto 02:135-02-004, 2003 recomenda algumas especificações de procedimento para uma avaliação mais precisa dos níveis de iluminação:

- Considerar a quantidade de luz no ponto e no plano onde a tarefa for executada;
- Manter o sensor paralelo à superfície a ser avaliada;
- Evitar sombras sobre a fotocélula;
- Expor a fotocélula à luz aproximadamente cinco minutos antes da primeira leitura;
- Realizar as medições num plano horizontal a 75 cm do piso quando a altura da superfície de trabalho não é especificada ou conhecida.

O cálculo a partir do Método dos Lúmens foi realizado através da equação 02, considerando os valores de E_m indicados na norma, presentes neste trabalho no quadro 1 de forma que proporcione conforto e boa execução para as tarefas ali realizadas.

O software DIALux Evo é uma ferramenta de modelagem e cálculo luminotécnico voltado para obtenção de resultados mensuráveis da luz, no qual permite a criação de ambientes em 3D, calcular e visualizar os dados obtidos de forma intuitiva. O mesmo também foi utilizado como ferramenta de cálculo, com a finalidade de determinar a iluminação adequada para os ambientes em questão.

A luminária escolhida como ideal para o bloco de salas de aula, utilizada como parâmetro tanto para o método dos Lumens quanto para o software, foi a CAA01-S232 2X32W-T8.

A partir dos resultados adquiridos, foram feitas análises comparativas da iluminação presente nos ambientes do edifício, medida através do luxímetro, com os valores estabelecidos por norma. O dimensionamento feito através do Método dos Lumens e pelo Software DIALux Evo indicou a quantidade de luminárias necessárias para que o local se adeque aos valores determinados na NBR ISO/CIE 8995-1, os quais serão utilizados como meios de correção para os ambientes que não estiverem de acordo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Medições in loco

Para aferir a iluminação dos ambientes, primeiro foi calculado o índice local K para cada grupo, definindo-se assim, a partir do Quadro 5, a quantidade de pontos nos quais seriam realizadas as medições com o luxímetro. Obteve-se os seguintes resultados, representados no Quadro 7.

Quadro 7: Número de pontos para aferir a iluminação a partir do índice local (K).

GRUPO	AMBIENTES	K	N PONTOS
1	Salas: 1, 10, 11, 12, 13 e 23.	1,7	16 PONTOS
2	Salas: 4, 5, 6, 7, 16, 17, 19 e 24.	1,6	16 PONTOS
3	Salas: 3, 8, 9, 14, 15, e 21.	1,5	16 PONTOS
4	Salas: 18, 20 e 22.	1,3	16 PONTOS
5	Sala 2.	1,8	16 PONTOS
6	Saguão.	0,7	9 PONTOS
7	Salas de uso comum 1 e 2 .	0,7	9 PONTOS
8	Sala de uso comum 3 e copa 2.	0,6	9 PONTOS
9	Copa 1.	0,5	9 PONTOS
10	Corredores.	0,9	9 PONTOS
11	Banheiros.	0,6	9 PONTOS
12	Hall de Entrada.	0,8	9 PONTOS

Fonte: Autor (2022).

Com o número de pontos para cada ambiente definidos, foram realizadas as medições em cada um dos mesmos, apresentadas a seguir no Quadro 8. Os valores encontrados serão apresentados por classificação dos ambientes (salas de aula, salas de uso comum, corredores, etc).

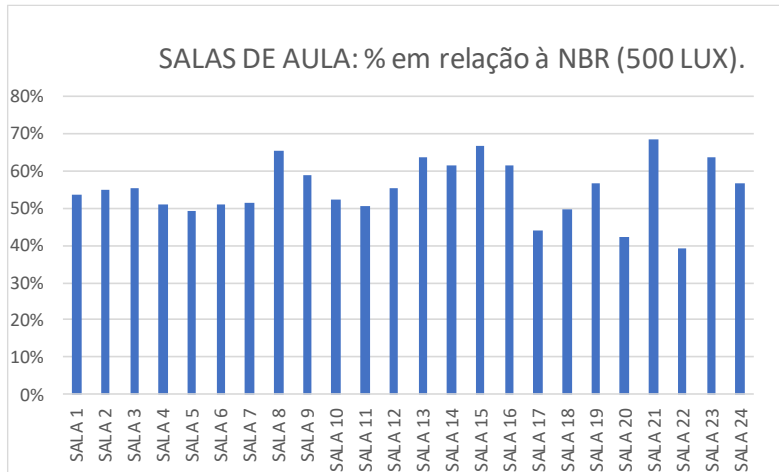
Quadro 8: *Em* das salas de aula.

AMBIENTES		<i>Em</i> (LUX)
SALAS DE AULA	SALA 1	269
	SALA 2	276
	SALA 3	276
	SALA 4	255
	SALA 5	246
	SALA 6	254
	SALA 7	258
	SALA 8	327
	SALA 9	295
	SALA 10	262
	SALA 11	253
	SALA 12	277
	SALA 13	318
	SALA 14	308
	SALA 15	335
	SALA 16	308
	SALA 17	221
	SALA 18	248
	SALA 19	284
	SALA 20	212
	SALA 21	341
	SALA 22	195
	SALA 23	318
	SALA 24	284

Fonte: Autor (2022).

A Figura 6 representa a porcentagem da *Em* encontrada quando comparadas com a *Em* a ser mantida de acordo com a NBR ISSO/CIE 8995-1.

Figura 6: Gráfico relacionando a *Em* encontrada com a estabelecida em norma.



Fonte: Autor (2022).

Ao analisar os resultados, observa-se que os valores, quando comparados com o valor estabelecido em norma, apresentam percentuais que, em sua maioria, variam entre 50% e 70%. Algumas salas constataram valores abaixo desse padrão, como o caso das salas 5, 17, 20 e 22, por apresentarem problemas de manutenção, tais como lâmpadas queimadas ou falha no acionamento do reator das mesmas, prejudicando ainda mais a iluminação do ambiente.

Nos Quadros 9 e 10, tem-se a *Em* encontrada nos demais ambientes que compõem o bloco e o quanto a mesma representa quando comparada com o valor estabelecido em norma.

Quadro 9: *Em* das salas de uso comum, banheiros e copas.

AMBIENTES		Em (LUX)	% em relação a NBR (200 LUX)
SALAS DE USO COMUM	SALA 1	240	120%
	SALA 2	203	102%
	SALA 3	202	101%
BANHEIROS	W.C. F 1	110	55%
	W.C. F 2	185	92%
	W.C.M1	150	75%
	W.C.M2	183	92%
COPAS	COPA 1	73	36%
	COPA 2	38	19%

Fonte: Autor (2022).

Quadro 10: *Em* dos corredores, saguão e hall de entrada.

AMBIENTES		Em (LUX)	% em relação a NBR (100 LUX)
CORREDORES	Cor. 1	190	190%
	Cor. 2	177	177%
HALL	Saguão	50	50%
	Entrada	18	18%

Fonte: Autor (2022).

Nos Quadros 9 e 10 é possível observar que temos alguns ambientes que extrapolam o valor estabelecido em norma, como os corredores e as salas de uso comum. As salas de uso comum apresentam excedentes de no máximo 20%. Já nos corredores, o valor excedente chega a 90%, logo, há a necessidade de se analisar condições de ofuscamento, que poderá ser realizado em um trabalho futuro.

No saguão, hall de entrada e nas copas, nota-se valores bem inferiores aos estabelecidos. Isso se dá, pois, a potência das lâmpadas desses ambientes difere das demais, e esta por sua vez, emite um fluxo luminoso insuficiente para iluminar o ambiente.

4.2 Cálculo da Iluminação Ideal

4.2.1 Método dos Lúmens

A partir da separação de grupos e suas dimensões, apresentada no Quadro 6, no Quadro 2 pode-se obter o índice do local para cada grupo. Para a definição dos coeficientes de reflexão, tem-se que o teto é branco e as paredes são claras, fornecendo assim, através do Quadro 3, coeficientes de valores 75% e 30%, respectivamente. O Quadro 4 possibilita encontrar os valores do coeficiente de utilização (μ), que também define o valor do fator de depreciação (d) para a luminária escolhida.

Recorrendo ao Quadro 01, de acordo com o local e/ou atividade e tarefa a ser realizada nos ambientes de cada grupo, pode-se definir a iluminância média a ser mantida de acordo com a norma.

Com os valores do coeficiente de utilização, fator de depreciação e iluminância média definidos, a partir da equação 2 foi calculado o fluxo luminoso (Φ) para cada grupo e o número de luminárias ideal (N) pela equação 6. A luminária escolhida é a CAA01-S232 2X32W-T8, a qual utiliza-se duas lâmpadas fluorescentes. Cada lâmpada emite um fluxo luminoso (ϕ) de 3.911 lumens. Como cada luminária utiliza duas lâmpadas, o fluxo luminoso emitido pela mesma é de 7.822.

O quadro 11 apresenta os valores obtidos pelo método dos lúmens.

Quadro 11: Resultados do Método dos Lúmens.

GRUPO	ÍNDICE DO LOCAL	FATOR DE UTILIZAÇÃO (μ)	FATOR DE DEPRECIACÃO (d)	Em (lux)	\emptyset (lúmens)	φ (lúmen)	N
1	D	0,44	0,75	500	116.667	7.822	15
2	D	0,44	0,75	500	98.636	7.822	13
3	E	0,42	0,75	500	84.444	7.822	11
4	E	0,42	0,75	500	68.333	7.822	9
5	D	0,44	0,75	500	132.045	7.822	17
6	G	0,36	0,75	100	32.278	7.822	5
7	G	0,36	0,75	200	15.556	7.822	2
8	H	0,33	0,75	200	10.909	7.822	2
9	H	0,33	0,75	200	7.152	7.822	1
10	F	0,39	0,75	100	71.282	7.822	10
11	H	0,33	0,75	200	13.111	7.822	2
12	E	0,42	0,75	100	7.692	7.822	1

Fonte: Autor (2022).

4.2.2 DIALux Evo®

Para o cálculo através do software, também se utilizou a separação dos ambientes em grupos. Inicialmente, foi feita a importação das plantas baixas de cada grupo do local, elaboradas anteriormente no software AutoCAD, no qual, a partir delas foram possíveis representar as mesmas em planta 3D. Posteriormente, foram “pintados” os devidos coeficientes de reflexões nas paredes e tetos. Em seguida, realizou-se o download do arquivo da luminária escolhida, neste caso a CAA01-S232 2X32W-T8, fabricada pela Lumicenter, onde o mesmo pode ser obtido através do site do fabricante.

A partir de todos os dados inseridos, o software possui a opção de iniciar cálculo, onde apresenta o cálculo luminotécnico com base em todas as informações fornecidas. Com os cálculos realizados pelo programa, obteve-se a quantidade ideal do número de luminárias para se manter a iluminância média estabelecida em norma. O programa fornece a quantidade e a disposição das mesmas de acordo com a área estabelecida.

O Quadro 12 apresenta os valores obtidos para cada grupo:

Quadro 12: Número de Luminárias ideal a partir do cálculo realizado pelo DIALux Evo.

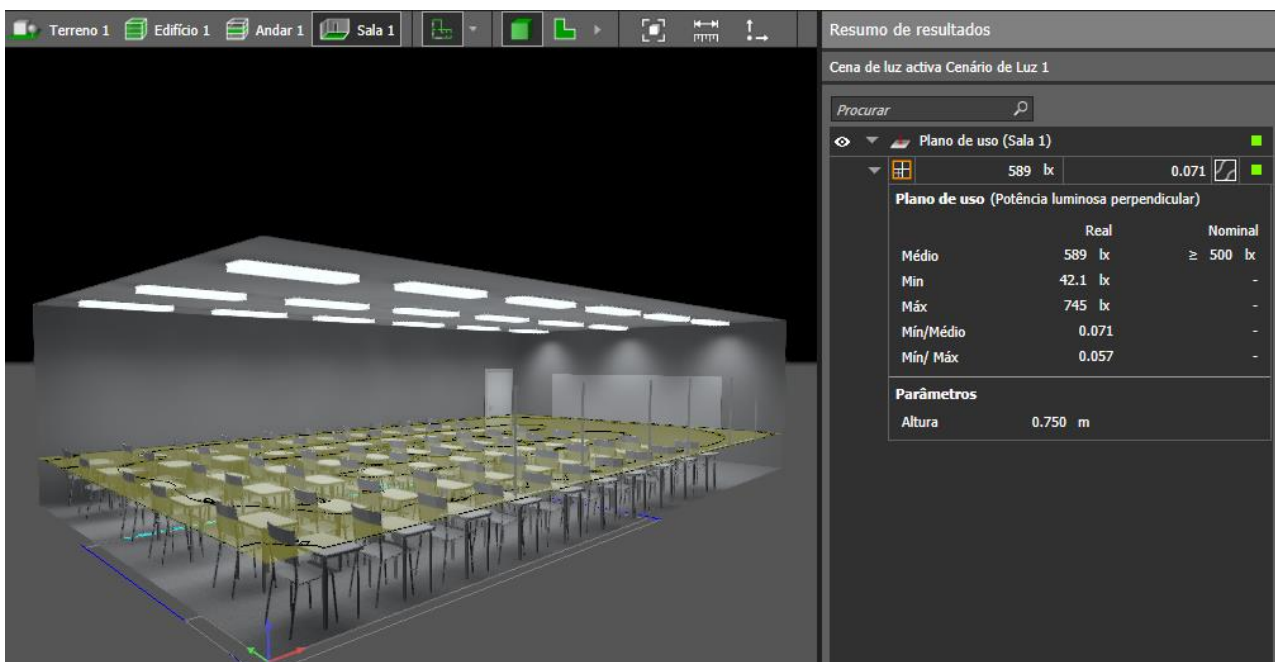
AMBIENTES	N
Salas: 1, 10, 11, 12, 13 e 23.	15
Salas: 4, 5, 6, 7, 16, 17, 19 e 24.	12
Salas: 3, 8, 9, 14, 15, e 21.	12
Salas: 18, 20 e 22.	9
Sala 2.	18
Saguão.	5
Salas de uso comum 1 e 2 .	2
Sala de uso comum 3 e copa 2.	2
Copa 1.	2
Corredores.	10
Banheiros.	2
Hall de Entrada.	1

Fonte: Autor (2022).

Comparando o número de luminárias com o valor das mesmas obtidos através do método dos lumens, é perceptível que em alguns ambientes esses valores divergem. Isso se dá, pois, o programa sempre apresenta o número de luminárias de forma que fique uma distribuição equidistante entre elas, de acordo com a área do local. Já no método dos lúmens esse valor é exato, não levando em consideração a distribuição das mesmas.

Na Figura 7 tem-se um exemplo de como o programa apresenta os resultados.

Figura 7: Cálculo feito através do DIALux Evo para o grupo 5.

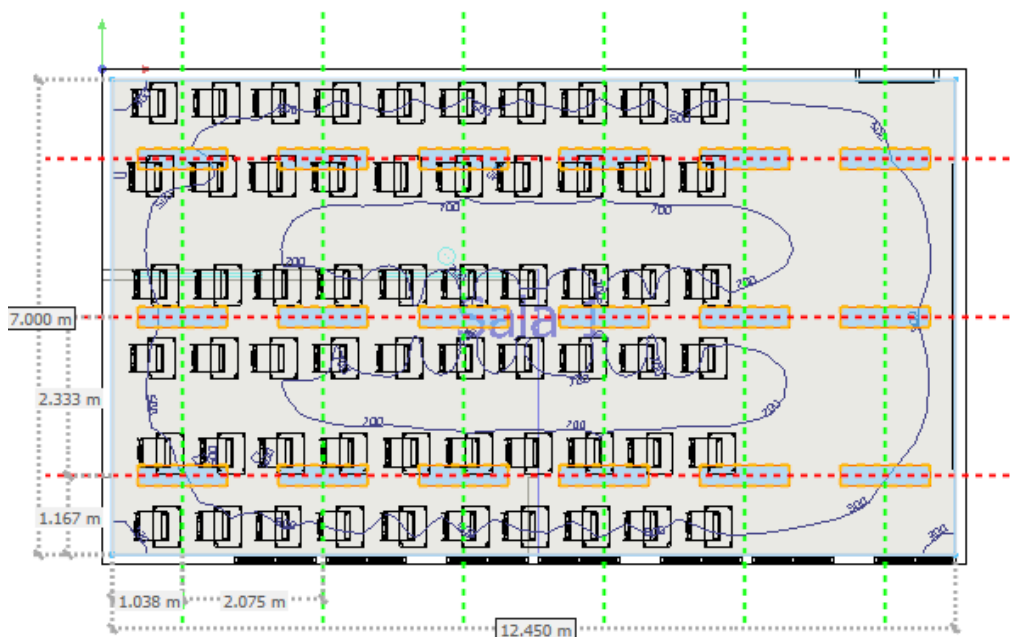


Fonte: Autor, com utilização do DIALux Evo. (2022).

A Figura 7 representa como o programa apresenta o cálculo luminotécnico e a iluminação do ambiente em 3D, fornecendo os valores de iluminância médio, máximos e mínimos que ali poderão ser obtidos, assim como o plano de trabalho e as curvas de iluminância, as quais representam os valores em Lux que são obtidos em diferentes áreas do local.

A Figura 8 apresenta a proposta de distribuição das luminárias, fornecida pelo programa, assim como as curvas de iluminância do ambiente.

Figura 8: Disposição ideal das luminárias para os ambientes do grupo 5 de acordo com o DIALux Evo.



Fonte: Autor, com utilização do DIALux Evo. (2022).

A partir da Figura 8, é possível ver a distribuição das luminárias sugeridas pelo programa e, novamente, as curvas de iluminância e os valores, em Lux, em diferentes áreas do local.

5 CONCLUSÃO

O bloco não apresenta condições de iluminação adequada para a maioria dos seus ambientes, isso demonstra que houve erro em seu dimensionamento luminotécnico, ou até mesmo a ausência deste, tendo em vista que a maioria dos projetos são feitos seguindo a NBR 5410 (ABNT, 2004), a qual indica apenas a potência elétrica dos equipamentos utilizados e não aborda questões de iluminância. Diante disso, conclui-se a importância da execução de um projeto bem elaborado para se obter um local de trabalho adequado para as atividades que ali serão realizadas.

Os cálculos de dimensionamento da iluminação ideal para o bloco, através do método dos lumens e do software DIALux Evo, presentes neste trabalho, apresentam as condições para que as salas de aula e os demais locais, fiquem de acordo com às premissas da norma. Os resultados fornecidos têm como base a luminária CAA01-S232 2X32W-T8, com lâmpadas de potência igual à 32W, fabricadas pela Lumicenter. Sugere-se a utilização das mesmas para adequação de iluminação do bloco, realizando-se manutenções a cada um ano para que as condições ideais sejam mantidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **PROJETO 02:135.02-004**. Iluminação natural – Parte 04: Verificação das condições de iluminação interna de edificações – Método de medições. Rio de Janeiro, 2003.

ARRUDA; R. **Manual de Luminotécnica**. Juíz de Fora: UFJF, 2010.

AYRES. T; et al. **Avaliação da iluminação artificial em salas de aulas em uma escola de rede de ensino publica de Nova Venécia – ES**. IFES. 2018. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/77b1/a370f5ddd3253c5e9d5efa6becfecf03de02.pdf>. Acesso em 14 mai 2022.

BERTOLOTI. D. **Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia**. USP – São Paulo. 2007. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-19092007-141031/publico/Iluminacao_natural_em_projetos_de_escolas.pdf. Acesso em 13 mai 2022.

CAMELO. G; et al. **Luminotécnica: eficiência energética**. *Illumination* v.03. n.02. p.30-32. 2010. Disponível em: <https://revistas.unibh.br/dcet/article/view/301/161>. Acesso em 18 ago. 2021.

Fank, D., Damo, M. R. S., Granzotto, T., & Miolo, S. L. G. (2016). **TÉCNICAS DE ILUMINAÇÃO EFICIENTE COM O AUXÍLIO DA LUMINOTÉCNICA**. *Seminário De Iniciação Científica E Seminário Integrado De Ensino, Pesquisa e Extensão*. Recuperado de <https://unoesc.emnuvens.com.br/siepe/article/view/11450>. Acesso em 17 set. 2021.

FREITAS; E. **Aspectos Técnicos e de Percepção Ambiental Relacionados à Iluminação Urbana**. p.120. Disponível em <http://tedemackenzie.br/jspui/bitstream/tede/2583/2/Elso%20de%20Freitas%20Moisinho%20Filho2.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2021.

MELO; C. **Análise e Estudo de Luminotécnica para Eficiência Energética na UFERSA, Campus Caraúbas**. Caraúbas/RN. 2018. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/2891/2/C%3%adcerOEM_MONO.pdf. Acesso em 01 set. 2021.

MARCHIORE; J. **Luminotécnica**. [s.d]. Disponível em: <https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/Luminotecnica.pdf>. Acesso em 20 ago. 2021.

NISKIER, Júlio. **Instalações Elétricas - 7º edição**. São Paulo: Grupo GEN, 2021. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637400/>. Acesso em: 18 abr. 2022.