

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
MESTRADO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO

Jonas Tadeu Ferreira

Proposta de *retrofit* de iluminação em patrimônio histórico edificado: aplicação no complexo Bernardo Mascarenhas, Juiz de Fora (MG).

Juiz de Fora

2022

Jonas Tadeu Ferreira

Proposta de *retrofit* de iluminação em patrimônio histórico edificado: aplicação no complexo Bernardo Mascarenhas, Juiz de Fora (MG).

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído. Área de concentração: Ambiente Construído

Orientador: Prof. Dr. César Henrique Barra Rocha

Coorientador: Prof. Dr. Cristiano Gomes Casagrande

Juiz de Fora

2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Ferreira, Jonas Tadeu.

Proposta de retrofit de iluminação em patrimônio histórico edificado : aplicação no complexo Bernardo Mascarenhas, Juiz de Fora (MG). / Jonas Tadeu Ferreira. -- 2022.

195 p. : il.

Orientador: César Henrique Barra Rocha

Coorientador: Cristiano Gomes Casagrande

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, 2022.

1. Eficiência Energética. 2. Iluminação. 3. Patrimônio Cultural. 4. Retrofit. 5. Sustentabilidade. I. Rocha, César Henrique Barra, orient. II. Casagrande, Cristiano Gomes, coorient. III. Título.

Jonas Tadeu Ferreira

Proposta de *retrofit* de iluminação em patrimônio histórico edificado: aplicação no Complexo Bernardo Mascarenhas, Juiz de Fora (MG).

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Aprovada em 02 de setembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof Dr César Henrique Barra Rocha - Orientador e Presidente
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof Dr Cristiano Gomes Casagrande - Coorientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof Dr José Gustavo Francis Abdalla - Membro Interno Titular
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof Dr Fernando José Nogueira - Membro Externo Titular
Uniacademia

Dedico a minha família, Meus avós Paternos e Maternos (*in Memoriam*) e a Nelson Rogério Ferreira
(*in Memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me permitir a conclusão deste ciclo.

A Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Engenharia Civil e ao programa de pós-graduação PROAC, por ofertar o curso de técnicas do ambiente construído.

A toda minha família especialmente Minha tia Maria Aparecida Ferreira, sem ela nenhum sonho seria possível.

Ao Professor Cézar Barra, pela orientação e colaboração.

Ao Professor Cristiano Casagrande, pela orientação, incentivo, dedicação e colaboração.

Aos Professores Marcos Olender e Luciene Monteiro pelo aceite em participar da banca de qualificação e pelas suas considerações no trabalho.

Aos professores José Gustavo Francis Abdalla, Fernando José Nogueira e novamente Luciene Monteiro pelo aceite em participar da banca final e pelas suas considerações no trabalho.

Ao ex-secretário do PROAC Cassy J.de Mello Rodrigues, e ao atual secretário João Paulo Soares de Oliveira, sempre prestativos, me orientaram nas informações internas do curso.

Ao suporte da engenharia elétrica da UFJF, com a participação do aluno Gustavo Lanes no levantamento das medições, e ao suporte da Engenharia Mecatrônica do IFET, com a participação do Engenheiro Renan Dias Alves na simulação da iluminação dos objetos de estudo do trabalho.

A Márcia Barreto Cintra Supervisora do CCBM, pela autorização do levantamento das lâmpadas no ambiente interno do edifício.

Ao Isalino Clemente Pereira Filho ex-coordenador do Mercado Municipal, pela autorização do levantamento das lâmpadas no ambiente interno do edifício.

Aos professores do curso, pela excelência da qualidade técnica de cada um. Aos colegas de sala, pelo companheirismo.

Ao meu grande amigo Daniel de Almeida Moratori, que me incentivou a fazer o processo seletivo do curso e contribuições com suas citações.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Nutra gratidão pela oportunidade de se renovar por meio de todas as experiências” (2 coríntios 4:6).

RESUMO

Neste trabalho busca-se compreender os problemas decorrentes da falta de eficiência energética e maior consumo de energia no patrimônio histórico, que ao longo do tempo vem se tornando um fator preocupante para as questões que envolvem sustentabilidade entre as edificações. O presente trabalho elaborou uma proposta para realização de *retrofits* em sistemas de iluminação, apresentando como exemplo estratégias de intervenção no Centro Cultural Bernardo Mascarenhas (CCBM), e Mercado Municipal, localizados na cidade de Juiz de Fora, MG. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a temática de *retrofits* energéticos de iluminação para a aplicabilidade no patrimônio histórico. Por fim, propõe-se através da metodologia desenvolvida, uma intervenção voltada à iluminação interna no núcleo histórico do Centro Cultural Bernardo Mascarenhas e Mercado Municipal. Foi possível simular no *software Dialux* uma redução no consumo de energia nas edificações selecionadas com melhoria na qualidade da iluminação dos ambientes. A solução proposta neste trabalho contribui para o fortalecimento de procedimentos que possa vir a favorecer tomadas de decisões favoráveis à sustentabilidade no patrimônio histórico.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Iluminação. Patrimônio Cultural. Retrofit. Sustentabilidade.

ABSTRACT

This work seeks to understand the problems arising from the lack of energy efficiency and greater energy consumption in historical heritage, which over time has become a worrying factor for issues involving sustainability among buildings. The present work elaborated a proposal for carrying out retrofits in lighting systems, presenting as an example intervention strategies in the Bernardo Mascarenhas Cultural Center (CCBM), and Municipal Market, located in the city of Juiz de Fora, MG. Therefore, a bibliographic review was carried out on the theme of energy retrofits for lighting for applicability in historical heritage. Finally, it is proposed, through the developed methodology, an intervention aimed at internal lighting in the historic core of the Bernardo Mascarenhas Cultural Center and Municipal Market. It was possible to simulate in the *Dialux software* a reduction in energy consumption in the selected buildings with an improvement in the quality of lighting in the environments. The solution proposed in this work contributes to the strengthening of procedures that may favor decision-making in favor of sustainability in the historical heritage.

Keywords: Energy Efficiency. Lighting. Cultural heritage. Retrofit. Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Capela sistina subterrânea	30
Figura 02: Grande círculo de Stonehenge, vista superior	30
Figura 03: Esquema de iluminação natural do Templo de Amón em Karnak (1530-323 a.C.)	31
Figura 04: Esquema de Formação da Grécia Antiga	32
Figura 05: Luz no interior do Parthenon de Roma	32
Figura 06: Vitrais da Basílica de Saint Denis, Paris, França	33
Figura 07: Interior da Cúpula de São Pedro, Roma	34
Figura 08: Capela da Santíssima Sindone, em Turim (1690)	34
Figura 09: Iluminação natural da Biblioteca Nacional de Paris, França	35
Figura 10: Cúpula do Museu do Guggenheim de Frank Lloyd Wright em Nova Iorque	37
Figura 11: Esquema das aberturas laterais	40
Figura 12: Instituto do Mundo Árabe, Paris, de Jean Nouvel	41
Figura 13: Banco Hong Kong, Japão, de Norman Foster	41
Figura 14: Galeria Vittorio Emanuele, Milão. Luz zenital uniforme	42
Figura 15: Iluminação zenital, aberturas superiores	42
Figura 16: Iluminação zenital, trabalhada com recursos e elementos de controle	43
Figura 17: Unidades e grandezas de iluminação	49
Figura 18: Demonstração do índice de reprodução de cor (IRC)	51
Figura 19: Escala de temperatura de cores de acordo com os ambientes	52
Figura 20: Lâmpada vapor de Mercúrio em alta pressão	56
Figura 21: Lâmpada vapor de sódio em alta pressão	57
Figura 22: Lâmpada multivapores metálicos	58
Figura 23: Iluminação direta dirigida para uma das paredes do ambiente	62
Figura 24: Iluminação indireta, criada a partir de sanca aberta feita no forro	63
Figura 25: Iluminação geral em um galpão	64

Figura 26: Iluminação localizada ou de tarefa em um ambiente de trabalho	65
Figura 27: Iluminação de destaque	65
Figura 28: Luxímetro digital	77
Figura 29: Ambiente vazio devido ao processo de intervenção no CCBM	78
Figura 30: Ambiente desorganizado devido ao processo de intervenção no CCBM	79
Figura 31: Divisões administrativas por biombo	79
Figura 32: Divisões da área do ambiente	80
Figura 33: Complexo Centro Cultural Bernardo Mascarenhas.....	83
Figura 34: Fachada do CCBM	84
Figura 35: Situação das edificações do complexo Centro Cultural Bernardo Mascarenhas.	85
Figura 36: Incêndio no Mercado Municipal em 1991.....	88
Figura 37: Estudo solar no verão, horário 09h00min.....	90
Figura 38: Estudo solar no verão, horário 13: 00min.....	91
Figura 39: Estudo solar no verão, horário 17h00min.....	91
Figura 40: Estudo solar no inverno, horário 09h00min	92
Figura 41: Estudo solar no inverno, horário 13h00min	92
Figura 42: Estudo solar no inverno, horário 17h00min	93
Figura 43: Planta baixa primeiro pavimento CCBM	99
Figura 44: Planta baixa segundo pavimento CCBM	100
Figura 45: Ambiente primeiro pavimento administração S0	101
Figura 46: Simulação <i>Dialux</i> ambiente primeiro pavimento administração S0 atual	102
Figura 47: Simulação <i>Dialux</i> ambiente primeiro pavimento administração S0 proposto	102
Figura 48: Ambiente primeiro pavimento banheiro S1	103
Figura 49: Simulação <i>Dialux</i> ambiente primeiro pavimento banheiro S1 atual	104

Figura 50: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento banheiro S1 proposto	104
Figura 51: Ambiente primeiro pavimento circulação 1 S2	105
Figura 52: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento circulação 1 S2 atual	106
Figura 53: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento circulação 1 S2 proposto	106
Figura 54: Ambiente primeiro pavimento copa S3	107
Figura 55: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento copa S3 atual	108
Figura 56: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento copa S3 proposto	108
Figura 57: Ambiente primeiro pavimento almoxarifado S4	109
Figura 58: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento almoxarifado S4 atual	110
Figura 59: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento almoxarifado S4 proposto	110
Figura 60: Ambiente primeiro pavimento reserva técnica S5	111
Figura 61: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento reserva técnica S5 atual	112
Figura 62: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento reserva técnica S5 proposto	112
Figura 63: Ambiente primeiro pavimento sala de exposição 2 S6	113
Figura 64: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento sala de exposição 2 S6 atual	114
Figura 65: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento sala de exposição 2 S6 proposto	114
Figura 66: Ambiente primeiro pavimento sala de exposição 1 S7	115
Figura 67: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento sala de exposição 1 S7 atual	116
Figura 68: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento sala de exposição 1 S7 proposto	116
Figura 69: Ambiente primeiro pavimento circulação 2 S8	117

Figura 70: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento circulação 2 S8 atual	118
Figura 71: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento circulação 2 S8 proposto	118
Figura 72: Ambiente primeiro pavimento camarim pequeno S9	119
Figura 73: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento camarim pequeno S9 atual	120
Figura 74: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento camarim pequeno S9 proposto	120
Figura 75: Ambiente primeiro pavimento elétrica S10	120
Figura 76: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento elétrica S10 atual	122
Figura 77: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento elétrica S10 proposto	122
Figura 78: Ambiente primeiro pavimento anexo banheiro (camarim) S11	123
Figura 79: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento anexo banheiro S11 atual	124
Figura 80: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento anexo banheiro S11 proposto	124
Figura 81: Ambiente primeiro pavimento teatro S12	125
Figura 82: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento teatro S12 atual	126
Figura 83: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
pavimento teatro S12 proposto	126
Figura 84: Ambiente primeiro pavimento camarim (banheiro) S13	127
Figura 85: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento camarim (banheiro) S13 atual	128
Figura 86: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento camarim (banheiro) S13 proposto	128
Figura 87: Ambiente primeiro pavimento teatro banheiro feminino S14	129
Figura 88: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento teatro banheiro feminino S14 atual	130

Figura 89: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento teatro banheiro feminino S14 proposto	130
Figura 90: Ambiente primeiro pavimento teatro banheiro masculino S15	131
Figura 91: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento teatro banheiro masculino S15 atual	132
Figura 92: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento teatro banheiro masculino S15 proposto	132
Figura 93: Ambiente primeiro pavimento circulação 3 S16	133
Figura 94: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento circulação 3 S16 atual	134
Figura 95: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento circulação 3 S16 proposto	134
Figura 96: Ambiente primeiro pavimento circulação 4 S17	135
Figura 97: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento circulação 4 S17 atual	136
Figura 98: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento circulação 4 S17 proposto	136
Figura 99: Ambiente primeiro pavimento desenho S18	137
Figura 100: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento desenho S18 atual	138
Figura 101: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento desenho S18 proposto	138
Figura 102: Ambiente primeiro pavimento cerâmica S19	139
Figura 103: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento cerâmica S19 atual	140
Figura 104: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento cerâmica S19 proposto	140
Figura 105: Ambiente primeiro pavimento gravura S20	141
Figura 106: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento gravura S20 atual	142
Figura 107: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento gravura S20 proposto	142
Figura 108: Ambiente primeiro pavimento pintura S21	143

Figura 109: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento pintura S21 atual	144
Figura 110: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento pintura S21 proposto	144
Figura 111: Ambiente primeiro pavimento sala livre S22	145
Figura 112: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento sala livre S22 atual	146
Figura 113: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
primeiro pavimento sala livre S22 proposto	146
Figura 114: Ambiente segundo pavimento arte contemporânea S23	147
Figura 115: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento arte contemporânea S23 atual	148
Figura 116: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento arte contemporânea S23 proposto	148
Figura 117: Ambiente segundo pavimento banheiro masculino S24	149
Figura 118: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento banheiro masculino S24 atual	150
Figura 119: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento banheiro masculino S24 proposto	150
Figura 120: Ambiente segundo pavimento banheiro feminino S25	151
Figura 121: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento banheiro feminino S25 atual	152
Figura 122: ação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento banheiro feminino S25 proposto	152
Figura 123: Ambiente segundo pavimento hall 1 S26	153
Figura 124: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento hall 1 S26 atual	154
Figura 125: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento hall 1 S26 proposto	154
Figura 126: Ambiente segundo pavimento hall 2 S27	155
Figura 127: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento hall 2 S27 atual	156

Figura 128: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento hall 2 S27 proposto	156
Figura 129: Ambiente segundo pavimento videoteca S28	157
Figura 130: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento videoteca S28 atual	158
Figura 131: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento videoteca S28 proposto	158
Figura 132: Ambiente segundo pavimento sala 1 S29	159
Figura 133: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento sala 1 S29 atual	160
Figura 134: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento sala 1 S29 proposto	160
Figura 135: Ambiente segundo pavimento depósito S30	161
Figura 136: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento depósito 1 S30 atual	162
Figura 137: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento depósito 1 S30 proposto	162
Figura 138: Ambiente segundo pavimento sala 2 S31	163
Figura 139: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento sala 2 S31 atual	164
Figura 140: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento sala 2 S31 proposto	164
Figura 141: Ambiente segundo pavimento corredor 1 S32	165
Figura 142: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento corredor 1 S32 atual	166
Figura 143: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
segundo pavimento corredor 1 S32 proposto	166
Figura 144: Planta baixa primeiro pavimento Mercado Municipal	170
Figura 145: Planta baixa segundo pavimento Mercado Municipal	171
Figura 146: Ambiente área de feira S1	172
Figura 147: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
área de feira primeiro pavimento S1 atual	173
Figura 148: Simulação <i>Dialux</i> ambiente	
área de feira primeiro pavimento S1 proposto	173

Figura 149: Ambiente Auditório	174
Figura 150: Simulação <i>Dialux</i> ambiente auditório S2 atual	175
Figura 151: Simulação <i>Dialux</i> ambiente auditório S2 proposto	175
Figura 152: Ambiente Escada S3	176
Figura 153: Simulação <i>Dialux</i> ambiente auditório S3 atual	177
Figura 154: Simulação <i>Dialux</i> ambiente auditório S3 proposto	177
Figura 155: Ambiente Mezanino	178
Figura 156: Simulação <i>Dialux</i> ambiente mezanino S4 atual	179
Figura 157: Simulação <i>Dialux</i> ambiente mezanino S4 proposto	179
Figura 158: Ambiente área de feira segundo pavimento	180
Figura 159: Simulação <i>Dialux</i> ambiente área de feira segundo pavimento S5 atual	181
Figura 160: Simulação <i>Dialux</i> ambiente área de feira segundo pavimento S5 proposto	181
Figura 161: Ambiente Administração	182
Figura 162: Simulação <i>Dialux</i> ambiente administração S6 atual	183
Figura 163: Simulação <i>Dialux</i> ambiente administração S6 proposto	183
Figura 164: Ambiente Administração	184
Figura 165: Simulação <i>Dialux</i> ambiente administrativo anexo S7 atual	185
Figura 166: Simulação <i>Dialux</i> ambiente administrativo anexo S7 proposto	185
Quadro 01: Classificação dos componentes para luz lateral	39
Quadro 02: Faixas de eficácia luminosa para iluminação natural	48
Quadro 03: Faixas de eficácia luminosa para lâmpadas fluorescentes	48
Quadro 04: Análise comparativa entre os diferentes tipos de lâmpadas	55
Quadro 05: Condições adequadas para lâmpadas e luminárias	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Requisitos da normalização Brasileira (NBR 8995 (ABNT, 2013) para escritórios	67
Tabela 02: Requisitos da normalização Brasileira (NBR 8995 (ABNT, 2013) para ambientes de áreas gerais da edificação	68
Tabela 03: Requisitos da normalização Brasileira (NBR 8995 (ABNT, 2013) para casos em ambientes de entretenimentos	69
Tabela 04: Requisitos da normalização Brasileira (NBR 8995 (ABNT, 2013) para ambientes de bibliotecas	70
Tabela 05: Requisitos da normalização Brasileira (NBR 8995 (ABNT, 2013) para ambientes de mercado	71
Tabela 06: Resultados do levantamento das lâmpadas e luminárias no local para o CCBM	95
Tabela 07: Resultados da Simulação <i>Dialux</i> obtida por meio de medição no local para o CCBM	97
Tabela 08: Resultados do levantamento das lâmpadas e luminárias no local para o Mercado Municipal	168
Tabela 09: Resultados da Simulação <i>Dialux</i> obtida por meio de medição no local para o Mercado Municipal.....	169

LISTA DE ABREVIATURAS

ABILUX	Associação Brasileira da Indústria de Iluminação.
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
CCBM	Centro Cultural Bernardo Mascarenhas.
CEM	Centro de Educação Dr. Geraldo Moutinho de Jovens e Adultos.
EPRI	<i>Electric Power Research Institute.</i>
FCC	Fundação de Cultura Catarinense.
FUNALFA	Fundação Cultural Alfredo Ferreira Lage.
HPMV	<i>High pressure Mercury vapour.</i>
IESNA	<i>Illuminating Engineering Society of North América.</i>
IP	Iluminação Pública.
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.
IPUF	Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis.
IRC	Índice de reprodução de cor.
LED	<i>Light Emitting Diode.</i>
NBR	Norma Brasileira.
SPHAN	Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.
TCC	Temperatura de Cor Correlata.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
1.1	Justificativa	23
1.2	Objetivos	24
1.3	Estratégia	25
1.4	Estrutura do trabalho	25
2	ARQUITETURA DA LUZ: A RELAÇÃO DA LUZ COM A ARQUITETURA	27
2.1	Contextualização	27
2.2	História da Luz	29
2.2	Componentes da Luz Natural	38
2.4	Tipos de Iluminação Natural	40
3	RETROFIT DE ILUMINAÇÃO	44
3.1	Contextualização	44
3.2	Eficiência Energética em Iluminação	45
3.3	Unidades e Grandezas da Iluminação de acordo Com a NBR CIE/ISO8995-1	48
3.4	Fontes de Luz Artificial e Elétrica	52
3.5	Outras Tecnologias de Iluminação	57
3.6	Sistemas de Iluminação	60
3.7	Requisitos de Iluminação	65
3.8	Vantagens do aproveitamento da luz natural e o conceito de conforto Luminoso	71
3.9	Sistemas de Controle	71
3.10	Projetos de Iluminação	73
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	75
4.1	Áreas de estudo: Complexo Bernardo Mascarenhas (CCBM) e Mercado Municipal	80
4.2	O Cento Cultural Bernardo Mascarenhas	81
4.3	Pontos de Intervenção que passaram conjunto do CCBM	84
4.4	O mercado Municipal	86

5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	88
5.1	Clima, Localização e Geometria Solar	88
5.2	Resultados da simulação no CCBM e Mercado Municipal	91
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	186
	REFERÊNCIAS	188

1 INTRODUÇÃO:

De acordo com Havinga, Colenbrander e Schellen (2020), para a redução do impacto ambiental em edifícios históricos é necessária uma atenção especial em relação à conservação dos valores culturais e do significado do patrimônio. Isso costuma ser chamado de “ato de equilíbrio” ou “compromisso” de manter a importância do patrimônio enquanto implementa-se medidas de sustentabilidade. Sendo assim, essas medidas devem ser alinhadas com a importância da preservação patrimonial, tendo a necessidade da compreensão detalhada do que precisa ser preservado e o que potencialmente pode ser alterado.

Dornelles *et al.*(2019) mencionam que ao intervir em um espaço urbano ou em uma obra arquitetônica é preciso ter em mente seu status de “lugar”, conformado pela carga simbólica que essas entidades carregam, devido às memórias que foram produzidas através do tempo. A ideia de “conservar” uma obra arquitetônica ou um espaço arquitetônico (dando continuidade ao longo do tempo) favorece as medidas sustentáveis para potencializar o produto através de novos materiais que diminuam o gasto de energia, o uso de recursos humanos, a respectiva demanda econômica, a diminuição da exploração e a conservação dos recursos “não renováveis”. O indicador de lugar e memória pode ajudar a compreender previamente como a intervenção arquitetônica-urbana pode impactar o modo de vida da comunidade e minimizar os efeitos nocivos sobre ela.

Essa responsabilidade estimula todos os participantes envolvidos no gerenciamento da adoção de uma orientação de responsabilidade social e, é claro, de um desenvolvimento sustentável ao longo do tempo. O primeiro passo nessa direção é concordar quando essa mudança representa uma melhoria e, que o processo de intervenção não afetará no contexto de significado e identidade da obra arquitetônica, como reflexo e expressão de seus valores, crenças, conhecimentos e tradições em constante evolução (KHODEIR; ALY ; TAREK, 2016).

Dessa forma, muitos gestores do patrimônio vêm incentivando a prática da eficiência energética através de *retrofits* nos processos de intervenção sobre edifícios históricos.

O grande objetivo dessas intervenções é minimizar os custos energéticos e manter os edifícios históricos com suas características originais de identidade cultural, empregando estratégias de eficiência energética alinhadas com a sustentabilidade. Para

isso, é preciso um entendimento amplo no contexto das ações sobre o patrimônio histórico, identificando, inclusive, os benefícios dos procedimentos adotados em prol da eficiência energética.

1.1 Justificativa:

Atualmente, a temática envolvendo a questão da eficiência energética em edificações vem ganhando destaque pelo alto consumo energético, principalmente em edificações históricas, as quais são muitas vezes, privadas de qualquer tipo de intervenção e melhorias que possam favorecer as ações sustentáveis aplicadas nessas edificações.

A solução arquitetônica de reabilitação de edifícios pode ser considerada em duas situações distintas, quando a recuperação reduz custo em comparação com uma construção nova, ou, no caso de uma edificação histórica, cria condições para novas funções, como, por exemplo, a criação de *retrofits* arquitetônicos ou energéticos. Nesse contexto, Mendonça (2007, p. 15-16) afirma que “etimologicamente a palavra “*retrofit*”: *retro* é um prefixo do latim e significa para trás e *fit* é um verbo em inglês que é traduzido como ficar bem, adaptar, portanto, *retrofit* é readaptar uma edificação”.

Segundo Krebs (2017) o conceito de *retrofit* passou a se relacionar ao processo de requalificação de uma edificação, às vezes, com troca de uso em que se fazem grandes melhorias para o desempenho e o consumo energético e ambiental de uma obra arquitetônica. Deste modo, pode estar relacionada com a redução do consumo de água, aproveitamento da luz natural, adequação da ventilação, aumento da qualidade do ar e diminuição ruídos; que têm como objetivo melhorar a qualidade e o conforto aos usuários. Além disso, pode incluir também substituição de equipamentos da instalação por outras tecnologias mais eficientes, como substituição de lâmpadas e luminárias, por tecnologias de iluminação mais modernas.

Na concepção projetual devem ser exploradas principalmente as estratégias mais econômicas e as soluções de medidas passíveis para se obter um melhor consumo energético. Essas estratégias podem ser a solução mais eficiente nas intervenções em edifícios históricos devido à complexibilidade dessas edificações em aceitar técnicas mais atuais. Sendo assim as intervenções de *retrofit*, em geral, envolvem o

aproveitamento de estruturas já existentes, sem alterar significativamente as características originais da edificação.

Neste contexto, a implantação de *retrofits* energéticos em patrimônio histórico vem se tornando uma alternativa discutida para um melhor consumo energético e econômico dos edifícios. Isso faz com que muitas medidas possam a ser adotadas, principalmente, na vertente de iluminação, que pode trazer resultados satisfatórios devido aos procedimentos e características adotadas para cada edificação no processo de intervenção.

Os *retrofits* de iluminação consistem em elaboração de estratégias que possam favorecer: o conforto dos usuários, o sistema lumínico no ambiente (melhoria do conforto visual) e uma alternativa mais econômica e sustentável, principalmente ao patrimônio histórico, que, na grande parte de suas instalações, apresentam sistemas precários de iluminação e geram grande consumo de energia.

Tem-se então que, incentivando o *retrofit* sustentável das construções, pode-se, com a sua readequação, não só evitar a demolição, mas também, propiciar um melhor reaproveitamento das suas instalações. Como consequência, tem-se a redução do impacto gerado com o aparecimento de novas edificações, sejam elas ecologicamente corretas ou não (DORIGO; CARI, 2014).

Além de *softwares* existentes para simulações energéticas nas edificações, a presença de um manual de consulta pode proporcionar melhores debates e resultados pelos projetistas e empresas intervencionistas. Com isso, o presente trabalho pretende contribuir para a obtenção de resultados favoráveis sobre a temática de *retrofits* energéticos. Embasado em um processo de revisão bibliográfica, o estudo abordará os procedimentos a serem adotados para a obtenção de estratégias energéticas voltadas à iluminação e a sua possível aplicação no patrimônio histórico.

1.2 Objetivos:

O objetivo principal deste trabalho consiste em propor uma intervenção no Centro Cultural Bernardo Mascarenhas (CCBM) e Mercado Municipal, localizados na cidade de Juiz de Fora/ MG, para a realização de *retrofits* em sistemas de iluminação que garantam a sustentabilidade nas edificações históricas e proporcionem um menor consumo energético.

Os objetivos secundários são:

- Estudo solar das edificações através do programa *Sketchup*, para estimular a incidência de luz nas edificações;
- Fazer o levantamento dos sistemas de iluminação do CCBM e Mercado Municipal de Juiz de Fora;
- Avaliar a condição atual do sistema de iluminação do Centro Cultural Bernardo Mascarenhas e do Mercado Municipal;
- Usar o *Software Dialux* para simular as condições de energia favoráveis à aplicabilidade do *retrofit* de iluminação, de forma a aumentar a eficiência energética no CCBM e no Mercado Municipal.

1.3 Estratégia:

Para alcançar os objetivos pretendidos na pesquisa será efetuada uma revisão bibliográfica envolvendo o contexto de *retrofit* de iluminação com as melhores estratégias energéticas empregadas.

O foco do trabalho será um *retrofit* de iluminação para uma intervenção energética em patrimônio histórico. As medidas de intervenção devem satisfazer as condições de conforto lumínico, incentivar o menor consumo de energia nas edificações, promovendo a sustentabilidade, e permitir que sejam dispostas a não comprometer as características de identidade cultural das edificações históricas. Em seguida, proporcionar uma estratégia de aplicabilidade de *retrofit* de iluminação no CCBM e Mercado Municipal usando o *software Dialux* para simular estratégias que possam proporcionar resultados satisfatórios nas disposições de iluminação dos espaços internos das edificações.

1.4 Estrutura do trabalho:

A estrutura do trabalho está dividida em seis capítulos. Este primeiro capítulo descreve sobre a introdução do tema, pontuando um breve histórico sobre as questões energéticas que abrangem o campo do patrimônio histórico, o impacto ambiental nos edifícios com a importância da inclusão da temática sustentável sobre essas medidas, junto com a abordagem da significação cultural dos edifícios históricos. Ainda a introdução está subdividida em seções que sustentam a justificativa, os objetivos e a

estratégia do trabalho, que serão aplicados na pesquisa, onde será apresentado o *software Dialux* para a simulação de iluminação interna no CCBM e Mercado Municipal.

O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre a luz na arquitetura, contextualizando a história da luz, como cada período estilístico estabelecia estratégias para melhor explorar a luz natural na arquitetura, e a relação da luz natural com a artificial.

No terceiro capítulo descreve-se sobre *retrofit* de iluminação, onde serão abordados conceitos e medidas de implementação de eficiência energética envolvendo o sistema de iluminação. O capítulo servirá de embasamento teórico para a aplicabilidade do *retrofit* de iluminação, estabelecendo parâmetros fundamentais para propor uma melhor economia de energia e menor custo de projeto.

No quarto capítulo será estabelecida a proposta de metodologia no CCBM e no Mercado Municipal. Através de aparelhos específicos de medição, no caso o luxímetro.

O quarto capítulo ainda descreve-se sobre as áreas de estudo do CCBM e mercado municipal e sobre os pontos de intervenção que o CCBM sofreu durante os anos.

No quinto capítulo descreve-se sobre os resultados obtidos nas simulações dos *softwares*. Por meio do *software* de simulação de iluminação (*Dialux*) serão feitos dois estudos, um no estado atual em que se encontra o sistema de iluminação das edificações, e outro baseando-se na proposta de intervenção, permitindo comparar as duas situações distintas, e, com isso, poder atender os objetivos estabelecidos na pesquisa. Também será feito o uso do *software sketchup* para estabelecer a simulação de luz e sombreamento nas fachadas das edificações.

O sexto e último capítulo estabelece as considerações finais do trabalho, sendo levantados os resultados obtidos na pesquisa e algumas recomendações para trabalhos futuros, apontando que a continuidade da pesquisa é muito importante para a temática de eficiência energética e *retrofits* de iluminação em patrimônio histórico.

2 ARQUITETURA DA LUZ: A RELAÇÃO DA LUZ COM A ARQUITETURA:

Durante o processo de intervenção sobre os objetos arquitetônicos, em um possível *retrofit* de iluminação, é fundamental o estudo da relação da luz com a arquitetura. A importância que a luz natural exerce sobre os espaços arquitetônicos com suas constantes variações entre o dia no estado de tempo e as estações do ano.

Costa (2013) afirma que a correta utilização da iluminação intensifica o impacto emocional e poético do projeto. Assim, pode referir-se que a luz não é algo vago e irrelevante, pois encontra-se sempre presente na Arquitetura, podendo considerar-se que é o recurso mais rico e luxuoso utilizado pelos arquitetos. Desta forma é importante aprofundar na temática da luz para a investigação das possibilidades de utilização e aplicação da iluminação natural e artificial na atividade de projeto de arquitetura.

Assim, o capítulo 2 é uma busca da relação da luz na arquitetura, tendo em conta os interesses humanos e da sua interação com a luz, a importância da luz natural, referindo-se à forma como a luz interage com o homem, das suas vantagens e desvantagens, da interferência no sistema visual, analisar as diferenças entre luz natural e artificial, de como ambas se relacionam num espaço, verificar as estratégias de iluminação e suas influências no espaço e na forma do edifício. Sendo assim, este torna-se fundamental para a compreensão do espaço interno do CCBM e do Mercado Municipal, devido à complexidade das aberturas e dos sistemas de iluminação existentes nas edificações, tratando-se de edificações que são tombadas e que possuem limitações nos processos de intervenções. Dessa forma, um entendimento de como a luz é explorada ajuda a compreender os espaços tanto em sua forma de concepção, quanto no estabelecimento de medidas que possam vir a favorecer o conforto dos usuários e uma economia do sistema.

2.1 Contextualização:

Costa (2013), Estêvão e Mara (2013) afirmam que a luz não só revela as formas arquitetônicas e os espaços produzidos por ela, como simultaneamente mostra o significado e as intenções que são determinadas através do processo de concepção, projeto e construção, determina a nossa percepção da arquitetura, permite-nos apreciar as diversas qualidades do espaço: a forma, a textura, a cor, entre outras. Desta forma, os autores chamam a atenção para o diálogo dos espaços arquitetônicos com os usuários

através dos significados e intensões proporcionados pela luz. Cada lugar tem a sua luz. A luz diz-nos onde estamos e como estamos num determinado lugar. A luz, as coisas e os lugares pertencem uns aos outros e apenas são compreendidos na sua mútua relação. A interação entre luz e clima é multidimensional. Sendo assim, a forma como a luz do dia era manipulada pelos arquitetos, reflete as características das diversas culturas.

A luz altera a percepção do espaço. Se o espaço é o vazio, a luz influencia o espaço que define a forma. A forma iluminada mostra os contornos, superfícies, texturas e cores. A luz pode fazer o espaço parecer mais quente ou mais frio, pode nos fazer sentir abertos e integrados ou ainda restritos, fechados e com intimidade. Sendo assim os autores exemplificam o quanto a luz pode trazer tipos de sensações diferentes ao usuário, dependendo das condicionantes de clima e período. A luz ainda ajuda a definir a compreensão dos limites do espaço e da forma através da iluminação destas áreas ou superfícies e controla a textura em graus variados.

Uma parede inteiramente de vidro, por exemplo, conecta o espaço interior ao exterior, pois não há limite visual entre os dois, sendo que o oposto seria facilmente realizado por uma parede de betão sem vãos para o exterior (BARBOSA, 2010; ESTÊVÃO, MARA, 2013).

Quando se trabalha com iluminação no design de interiores, a luz revela as cores e as formas tridimensionais, enquanto os focos de luz revelam a textura das superfícies e dos materiais. Esses elementos são importantes para o modo como percebemos um espaço que, sem o uso controlado e apropriado da luz, um projeto jamais consegue alcançar bons resultados (MEDEIROS; FARIA; SAIDON, 2017). Seguindo o conceito dos autores é importante delimitar na fase projetual as condicionantes luminotécnicas que irão favorecer as qualidades entre os ambientes para o maior conforto dos usuários.

Estêvão e Mara (2013) afirmam ainda que a luz pode conectar espaços interiores ou separá-los, pois é um artifício poderoso para prover orientação numa edificação, produzindo foco, desenvolvendo uma hierarquia ou sugerindo movimento.

A Catedral de Brasília, por exemplo, tira partido do efeito do ofuscamento momentâneo causado no processo de adaptação quantitativa, adaptação de um ambiente externo muito claro para um escuro do túnel de acesso, o que causa uma reação de parar e se reorientar, até ver novamente que existe luz no final, um novo contraste ao entrar no espaço, revelando um ambiente iluminado, divino, com anjos pendurados num céu de vitral, como numa visão. Estes contrastes criam impactos emocionais, pois é certo que nossa percepção reage aos contrastes, mas exceto em situações com este propósito,

o ofuscamento é um fator dispersivo e de desconforto (BARBOSA, 2010).

O processo de criação do projeto de iluminação no Brasil acontece de forma tardia, comparado a outras partes do mundo onde as renovações e avanços tecnológicos são mais frequentes nesta área (MEDEIROS; FARIA; SAIDON, 2017). A contextualização feita pelos autores evidencia que a tarefa da criação de um projeto de iluminação não é das mais simples a ser feita, principalmente em patrimônio histórico edificado, onde a concepção arquitetônica não satisfaz a captação controlada de luz natural e os sistemas de instalações elétricas são defasados. Sendo assim, a importância da pesquisa constante sobre a temática pode proporcionar novas estratégias e possibilidades de intervenções que não interfiram na identidade histórica da edificação.

2.3 História da Luz:

- I) **Luz primitiva:** A luz era apenas permitida na abertura da porta ou de um buraco na cobertura, permanecem evidências singulares que demonstram o crescimento da inteligência do homem, expressa através das pinturas realizadas no interior das cavernas onde viviam, (vide figura 01). Porém, a arquitetura pré-histórica adquire maior relevância no período Neolítico, através da construção do grande círculo de pedra em *Stonehenge*, no sul de Inglaterra. Assim, pode-se referir que o esforço para permitir a entrada da luz no interior de um edifício, tanto de forma simbólica, como atmosférica, iniciou-se nas culturas antigas. Desse modo, a luz aliou-se para exprimir valores religiosos e culturais, (vide figura 02), (COSTA, 2013).

Figura 01: capela sistina subterrânea.



Fonte: Folha de São Paulo (2021).

Figura 02: Grande círculo de Stonehenge, vista superior.

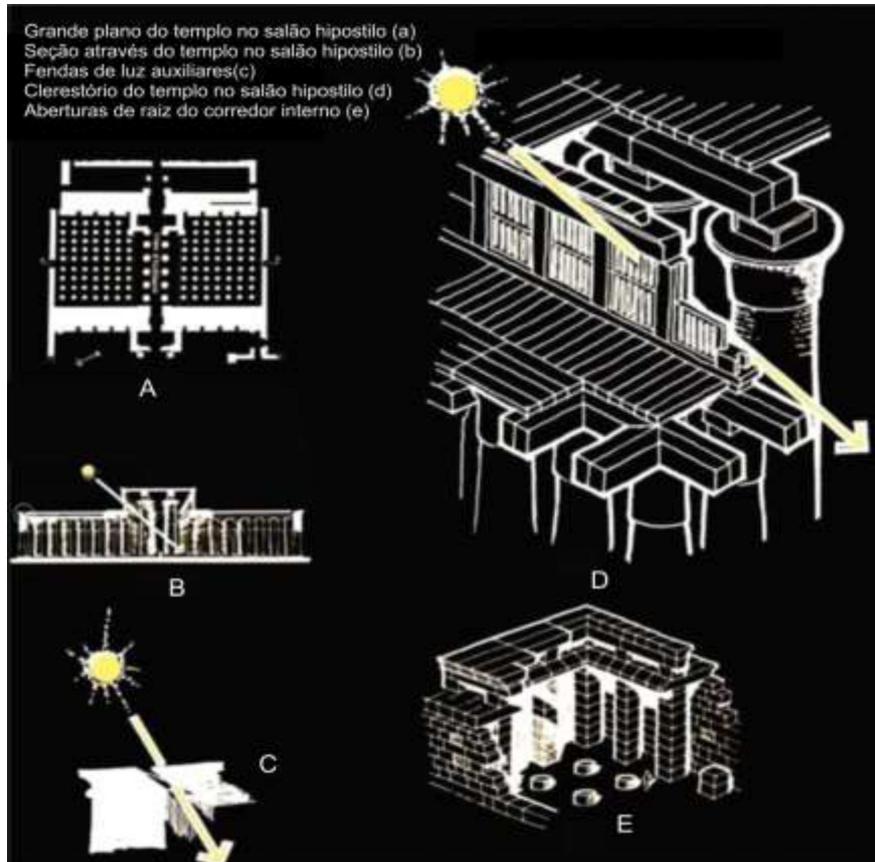


Fonte: Costa (2013).

- II) Luz na Antiguidade:** No Egito, a porta de entrada, orientada a nascente, é uma metáfora de “porta para o céu”. A sala principal era normalmente iluminada por uma claraboia central e era geralmente utilizada como sala de conferências, e, à medida que se ia percorrendo pelo edifício, os espaços iam

adquirindo dimensões cada vez mais reduzidas, sendo o término do percurso num compartimento fechado do santuário. À medida que se ia avançando, as divisões iam obscurecendo, até à penumbra, obtendo a luz um carácter essencialmente simbólico (vide figura 03). Na arquitetura clássica da Grécia Antiga, a luz natural passa essencialmente a ser utilizada como meio de definição da forma. Os edifícios eram estudados de forma a enfatizar o efeito da luz, sombra e cor (vide figura 04). Já os Romanos, trataram o espaço como uma substância modelar e articulável de escala monumental. Os Gregos desenvolveram uma arquitetura para ser vista à luz e de enorme beleza, os Romanos viram que a qualidade do espaço interno pode ser cenograficamente manipulado pelo manejo cuidadoso da luz. Assim, o espaço interior torna-se de grande qualidade devido à grandiosa forma de manipulação cenográfica e do cuidadoso manuseamento da luz, (vide figura 05), (COSTA, 2013).

Figura 03: Esquema de iluminação natural do Templo de Amón em Karnak (1530-323 a.C.) .



Fonte: Autor adaptado de Docplayer (2021).

Figura 04: Esquema de Formação da Grécia antiga.



Fonte: Planos de aula (2021).

Figura 05: Luz no interior do Parthenon de Roma.



Fonte: Puxe uma cadeira (2021).

III) Luz na Idade Média: No Gótico, a luz torna-se um elemento arrebatador do espaço (figura 06). Embora a existência do vitral advenha já do período Românico, é no Gótico que se dá a sua exaltação. Vidros coloridos e translúcidos convertem-se num filtro interior e exterior, tornando-se num sistema de iluminação, projetando cor em constante transformação. O emprego de sistemas estruturais, cada vez mais complexos, proporcionou o aumento da presença da luz dentro do corpo dos grandes edifícios religiosos. Posteriormente, a qualidade da luz nas catedrais góticas foi sendo aperfeiçoada, como Chartres (1194-1220), Reims (1211-1299) e no altar gótico de Amiens (1220-1270) e Beauvais (1220-1289) (COSTA, 2013).

Figura 06: Vitrais da Basílica de Saint Denis, Paris, França.



Fonte: Ben in Paris (2021).

IV) Luz na Idade Moderna: O Renascimento no século XV foi acompanhado por uma transformação significativa no tratamento da luz sem filtros que valorizava a luz natural. O edifício deixa de estar isolado da realidade e o espaço interior é caracterizado pela simplicidade das formas e por uma luz difusa, vinda do topo e que refletia nas paredes brancas, (vide figura 07). O Barroco viu a luz no coração dos seus princípios, e o controle da luz torna-se um dos temas principais. Os arquitetos daquela época eram excepcionalmente sensíveis aos efeitos das texturas, cores e luz. Os efeitos

criados pela luz começaram a ser produto de extrema técnica, fundindo a luz incidente e a luz refletida num mesmo cenário espacial, fortificando uma experiência teatral, (vide figura 08), (COSTA, 2013).

Figura 07: Interior da Cúpula de São Pedro, Roma.



Fonte: St. Peters Basilica Tickets (2021).

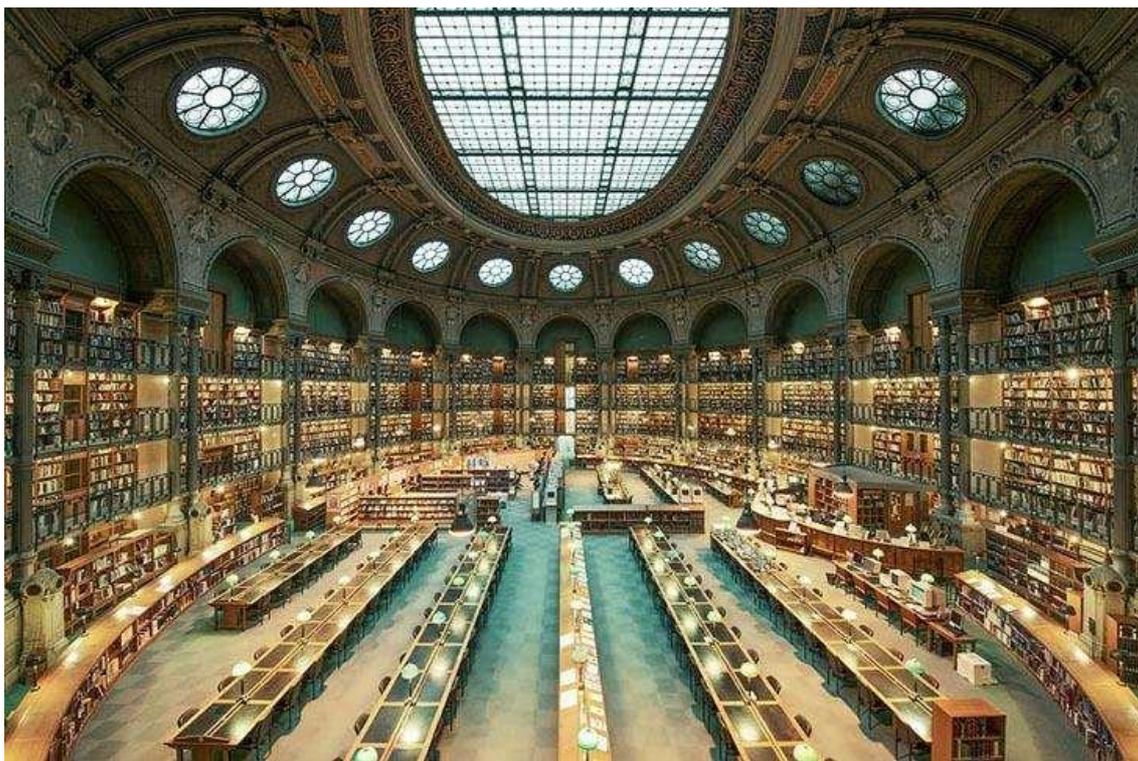
Figura 08: Capela da Santíssima Sindone, em Turim (1690).



Fonte: Full travel (2021).

V) **Luz na Idade Contemporânea:** A partir do século XVIII, a Revolução Industrial espoletou uma transformação radical na prática da arquitetura, libertando a estrutura e a forma, abrindo caminho para novas relações com a luz. Mas, foi no início do século XIX que se desenvolveram estruturas de ferro leve, dando início a uma nova linguagem estrutural em ferro e vidro, fazendo com que os interiores fossem, como nunca, iluminados pela luz natural. Os naturalistas e simbolistas da *Art Nouveau* exaltaram a luz durante anos. Para eles, a luz era o elemento fundamental da emoção estética. O uso do vidro de cor alargou o tema religioso para uma nova versão burguesa, celebrando uma classe de vida social ligada a sugestões mais poéticas, (vide figura 09), (COSTA, 2013), (ESTÊVÃO; MARA, 2013).

Figura 09: Iluminação natural da Biblioteca Nacional de Paris, França.



Fonte: Camila Klen (2021).

No século XX, a Revolução Elétrica, provocada por Joseph Swan e Thomas Edison, introduziu uma inovação importante, a integração de sistemas de iluminação artificial em edifícios. A iluminação artificial começa a ser usada de um modo extensivo e contínuo e não apenas como complemento à luz natural (COSTA, 2013).

Ainda segundo Costa (2013), descreve sobre a técnica de conceber a iluminação como parte do tratamento da fachada, que foi posteriormente adotada por Joseph Emberton, no edifício *Simpsons Piccadilly*, em Londres. Mas foi a era da *Bauhaus*, em Dessau, que proporcionou um enorme impacto na relação entre a luz e arquitetura. O programa da escola incluía o desenvolvimento de uma variedade de protótipos para produção industrial pelo arquiteto suíço Hannes Meyer. Porém, foi principalmente o trabalho de arquitetos, *designers* e artistas, como Walter Gropius, Ludwig Mies van der Rohe e László Moholy-Nagy, que possuiu maior relevância (COSTA, 2013).

Costa (2013) descreve sobre o potencial de crescimento da luz artificial, que gera uma alternância sobre a luz natural nos edifícios. As construções tornam-se cada vez mais leves e transparentes, permitindo uma enorme quantidade de luz natural, decompondo a divisão entre o espaço interno e externo. Le Corbusier, no escrito “*Vers une Architecture*” (1923), enumerou uma série de ideias simples sobre formas primárias da arquitetura, o cubo, o cone, a esfera e o cilindro. O Pavilhão *Art Deco*, em Paris (1925) e posteriormente a *Villa Savoye*, em *Poissy* (1930), são os primeiros trabalhos elaborados pelo arquiteto que evidenciam os seus pensamentos sobre a luz e sombra como forma escultural. Simultaneamente à contínua evolução na arquitetura, a luz elétrica era, cada vez mais, empregue de forma dinâmica e vibrante na era *Art Deco* (COSTA, 2013).

Nos 50 anos seguintes, a luz arquitetônica continua a desenvolver-se, apesar da tecnologia que se impunha rapidamente. Frank Lloyd Wright, nos seus trabalhos finais, demonstra o seu interesse da compatibilização entre a luz natural e a luz artificial. Tal é visível no Museu do *Guggenheim*, em Nova Iorque (1959), onde a iluminação indireta das paredes que cercam a famosa rampa que se desenvolve em espiral permite que a obra de arte seja examinada sem a distração da envolvente externa, (vide figura 10), (COSTA, 2013).

Costa (2013), explica que Le Corbusier realizou as primeiras teorias sobre a luz no seu trabalho na igreja *Notre-Dame-du-Haut*, em *Ronchamp* (1955) e no Convento de *Sainte-Marie de la Tourette*, em *Eveux* (1960). Ambos os edifícios apresentam uma qualidade poética intensa na qual a luz desempenha um papel fundamental. Arquitetos como Louis Kahn, Mies Van der Rohe e, posteriormente, Philip Johnson, começaram a trabalhar em conjunto com a nova geração de profissionais que se autodenominavam “*Lighting Designers*”. Ainda segundo a autora existia uma cooperação de trabalho entre arquitetos e engenheiros, desde o início do desenho, como parte da criação estimulando

um interesse renovado na “Luz Arquitetônica”. Já nas décadas de 1980 e 1990 foi observado um desenvolvimento considerável na tecnologia da iluminação artificial.

Em meados da década de 1990, o projeto de luminotécnica começa a receber outros olhares e novos estudos do uso da luz sobre o espaço arquitetônico. Assim, o que hoje damos o nome de “*Lighting Design*”, passa a conquistar espaço, abrangendo programações como cursos de formação, publicações e encontros de profissionais da área. Sendo assim, o conhecimento dessa atividade projetual exige um conhecimento em desenvolvimentos de programação das cores por computador e simulações, o que passa a exigir o uso de novas tecnologias e produtos do mercado (MEDEIROS; FARIA; SAIDON, 2017).

Figura 10: Cúpula do Museu do Guggenheim de Frank Lloyd Wright em Nova Iorque.



Fonte: História das artes (2021).

Contudo, alguns arquitetos exploraram o diálogo entre a luz natural e a artificial de uma maneira sem precedentes. A exploração da luz e das suas qualidades reflete-se através da preocupação com a correta orientação solar e no uso da luz com o objetivo de enaltecer determinada obra de arte. Desta forma a autora exemplifica que a captação de luz natural está diretamente relacionada com a orientação solar, sendo importante

estabelecer na fase projetual estratégias e simulações para um melhor entendimento sobre as relações do lugar com a captação de luz, o que irá interferir diretamente na implantação da edificação e nos métodos de proteção e absorção da luz para o interior da edificação.

2.3 Componentes da Luz natural:

Barbosa (2010) afirma que a luz da arquitetura, a luz aplicada como ciência e arte, recebe adjetivos que a qualificam e contribuem para o conceito ou essência do espaço: é homogênea, difusa, dramática, feérica, intensa, suave, dinâmica, colorida, pontual, luz e sombra. A entrada de luz pode ser canalizada para criar efeitos nos ambientes internos em geral, com fortes contrastes entre as superfícies iluminadas que acentuam características importantes do espaço.

Ainda segundo a autora, a captação de luz natural está associada a condicionante de projeto como o clima do lugar além dos requisitos funcionais (captação da luz e calor e/ou proteção contra seus excessos) demanda que se compreendam em profundidade procedimentos diferentes do projetar para compor, seja com a luz suave e matizada das atmosferas encobertas, seja com o brilho e agudeza da luz das regiões ensolaradas.

A luz natural também apresenta componentes, como de condução, controle e passagem.

Os elementos de condução são espaços de luz intermediários, tais como as galerias e pórticos, podendo ser internos, como os pátios, ou mesmo os átrios, A radiação direta é bem-vinda em situações para aquecimento, se for o caso, ou pelo forte atrativo e estímulo visual que exerce em nossa percepção. Os elementos de controle podem redirecionar a luz, desviando a direção dos raios solares, proteger da entrada de luz solar, ou até obstruí-la por completo. Os controles de entrada de luz têm interferência direta na quantidade e qualidade de luz distribuída no ambiente. Os componentes de passagem correspondem às superfícies transparentes ou translúcidas da envoltória da edificação por onde a luz solar passa e atinge os ambientes internos. Baker, Fanchiotti e Steemers (1993) apresentam uma classificação para os componentes da luz natural, inseridos no projeto de arquitetura, (vide Quadro 01).

Quadro 01: Classificação dos componentes para luz lateral.

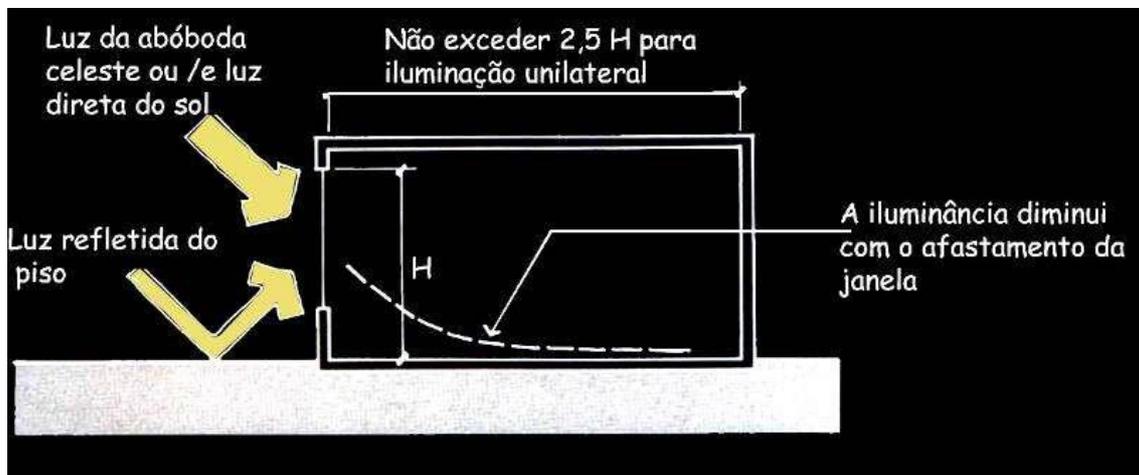
Componentes por condução	Componentes de passagem	Elementos de controle
Espaços de luz intermediários	Laterais	Superfícies de separação
Galeria	Janela	Separador convencional (janela)
Pórtico	Sacada	Separador ótico
Estufa	Parede translúcida	Separador prismático
	Cortina de vidro	Separador ativo
Espaços de luz internos	Zenitais	Proteções flexíveis
Pátio interno	Janela de cobertura	Toldo
Átrio	Lanternim	Cortina
Poço ou duto de luz	Shed	Proteções rígidas
Duto de luz solar direta	Domo	Beiral ou marquise horizontal
	Cobertura hemisférica	Prateleira de Luz /Peitoral
	Teto translúcido	Brise vertical
	Globais	Brise destacado
	Membrana	Filtros solares
		Persiana (interna ou externa)
		Veneziana (fixa ou móvel)
		Elemento vazado
		Obstrução solar
		Fechamento tampão

Fonte: Autor adaptado de Barbosa (2010).

2.4 Tipos de iluminação natural:

- I) **Lateral:** As aberturas laterais transparentes ou translúcidas correspondem às janelas, portas ou mesmo paredes de vidro. Podem ter proteções solares externas como beirais, brises, prateleiras de luz ou ainda filtros como persianas. A iluminação lateral não distribui a luz com uniformidade no espaço, apresentando, visivelmente, mais brilho próximo às janelas e diminuição expressiva com o distanciamento, (vide figura 11), (BARBOSA, 2010).

Figura 11: Esquema das aberturas laterais.



Fonte: Docplayer (2021).

Na arquitetura contemporânea, vamos encontrar o uso de tecnologia e materiais novos para o controle solar com sensores e sistemas integrados de automação, como o Instituto do Mundo Árabe de Jean Nouvel e o Banco Hong Kong de Norman Foster, (vide figuras 12 e 13), (BARBOSA, 2010).

Figura 12: Instituto do Mundo Árabe, Paris, de Jean Nouvel.



Fonte: Flickr (2021).

Figura 13: Banco Hong Kong, Japão, de Norman Foster.



Fonte: Archdaily (2021).

- II) Zenital:** A iluminação zenital é feita através de aberturas localizadas na cobertura das edificações. Em geral é utilizada em ambientes com grandes profundidades, onde a iluminação lateral não é suficiente para promover

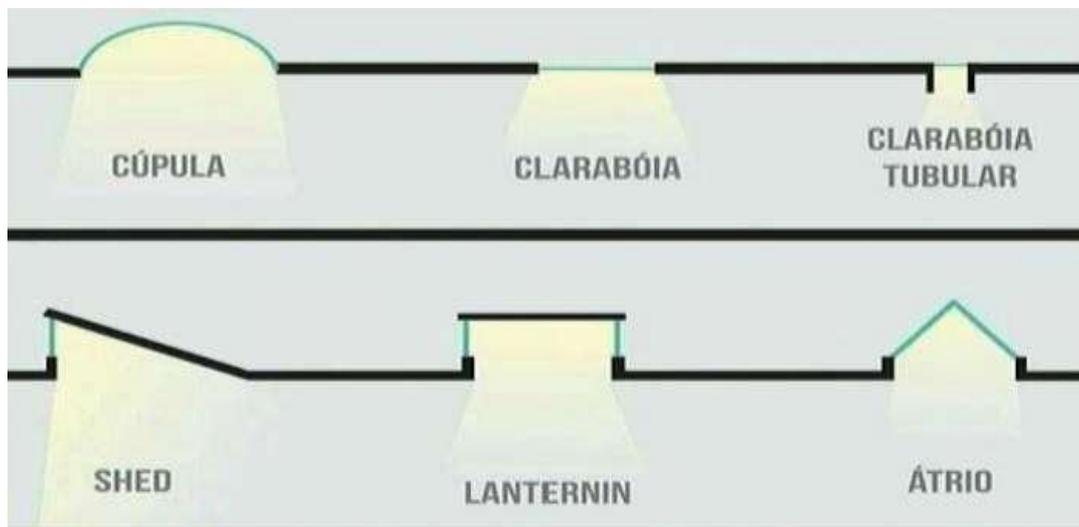
a iluminação com mais uniformidade. A iluminação zenital promove maior uniformidade conforme a distribuição das aberturas na coberta, assim como a altura do pé-direito do espaço, (vide figura 14 e 15), (BARBOSA, 2010).

Figura 14: Galeria Vittorio Emanuele, Milão. Luz zenital uniforme.



Fonte: Viagem e turismo (2021).

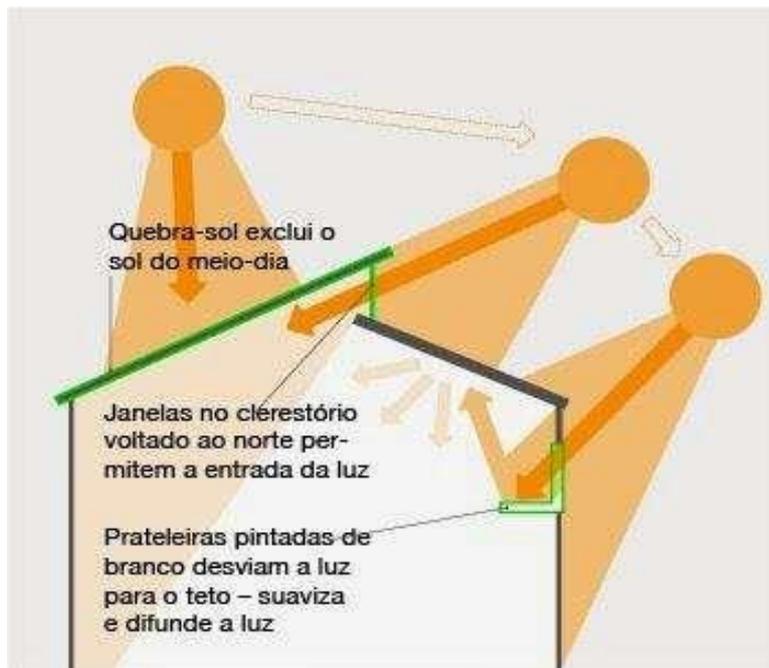
Figura 15: Iluminação zenital, aberturas superiores.



Fonte: Passei direto (2021).

A luz zenital trabalhada com recursos e elementos de controle permite entrada de luz sem radiação direta. A luz é filtrada, reduzindo ou impedindo parcialmente a visão da abóbada celeste. Em áreas de trabalho e de exposição, a qualidade da luz permite criar condições mais apropriadas de conforto luminoso, (vide figura 16), (BARBOSA, 2010).

Figura 16: Iluminação zenital, trabalhada com recursos e elementos de controle.



Fonte: Dica da arquiteta (2021).

Sendo assim este capítulo foi fundamental para um maior entendimento da evolução das técnicas para a exploração da luz na arquitetura, relatando sua história, seus componentes e os tipos de iluminação, e estabelecendo uma ligação para o próximo capítulo onde será tratado pelo partido de uso das técnicas estabelecidas, através de *retrofit* de iluminação.

3. RETROFIT DE ILUMINAÇÃO:

Neste capítulo serão abordados os conceitos de iluminação voltados para as novas tecnologias, envolvendo eficiência energética e *retrofits* de iluminação. Será feita uma breve descrição sobre as unidades e grandezas de iluminação de acordo com a NBR CIE/ISO 8995-1, abordando conceitos sobre intensidade luminosa, fluxo luminoso, iluminância, refletância, índice de reprodução de cor, temperatura de cor correlata, potência e eficácia luminosa.

Será feita uma descrição sobre as fontes de luz natural e elétricas, conceituando os tipos de lâmpadas, pontuando suas vantagens e desvantagens. Além do conceito sobre outras tecnologias de iluminação, contextualizando os avanços tecnológicos sobre as novas demandas energéticas.

O capítulo ainda descreve sobre os sistemas de iluminação, as vantagens da iluminação natural e o conforto luminoso, a importância dos sistemas de controle, e pontua sobre os itens essenciais para um projeto de iluminação.

Sendo assim, a importância deste capítulo é fundamental para o entendimento do conceito de *retrofit* de iluminação para a intervenção no objeto de estudo da pesquisa. O CCBM e o Mercado Municipal são duas arquiteturas antigas que apresentam um sistema de iluminação defasado; pelas condições atuais, a aplicação do *retrofit* de iluminação nos dois patrimônios históricos proporcionaria um ganho econômico em consumo energético, além de promover a eficiência energética em contrapartida com a sustentabilidade do patrimônio histórico edificado.

3.1 Contextualização:

Segundo Moreira (2010, p.65) “a implantação de sistemas de iluminação eficientes em edificações existentes necessariamente passa pela necessidade de modificações ou reformas nas instalações. Estas reformas também são comumente denominadas por *retrofit* (GHISI, 1997), efficientização (POOLE; GELLER, 1997); readequação (REGINO, 2002); otimização (KRUGER *et al.*, 2002) e revitalização (PROCEL, 2008)”.

Conto (2012) e Nascimento (2019) mencionam que o desgaste dos sistemas elétrico e de iluminação dos edifícios é inevitável, devendo considerar inclusive que a substituição de componentes do sistema de iluminação antigos por novos e com maior

eficiência pode economizar até 50% do consumo de energia com iluminação de um edifício, bem como manter ou melhorar a qualidade visual do ambiente de trabalho.

Ghisi e Lamberts (1998) e Moreira (2010) afirmam que o *retrofit* nos sistemas de iluminação deve sempre objetivar a economia de energia, sem, entretanto, comprometer o conforto e satisfação dos usuários. Ainda de acordo com o argumento dos autores, tratando-se de uma intervenção em um patrimônio cultural, devem-se respeitar as características físicas da edificação. Na maioria das vezes os espaços internos dessas edificações favorecem uma intervenção de iluminação.

De acordo com Ghisi (1997) e Moreira (2010) as medidas a serem adotadas na reforma do sistema de iluminação são determinadas pela iluminância necessária para a realização da tarefa visual, pelo nível desejado de melhoria e pelas metas de redução de consumo de energia elétrica.

Caddet (1995) afirma que a instalação de sensores é uma alternativa bastante eficiente para as metas de economia, podendo resultar numa economia de 20% do consumo final de energia.

A maioria dos trabalhos de *retrofit* de iluminação tem o retorno do investimento inicial em até 5 anos. As melhorias no sistema de iluminação trazem a satisfação do usuário e aumento de sua produtividade, tornando-se um fator importante na análise econômica e nos benefícios imediatos (BENYA; LEBAN, 2011).

3.2 Eficiência energética em iluminação:

Segundo Sobreira (2017, p. 30), “quando se fala em eficiência energética aplicada a iluminação, a primeira coisa que pensamos é na substituição de lâmpadas por outras lâmpadas mais eficientes”, mas, existem outros fatores que contribuem negativamente para os gastos com iluminação, como por exemplo: iluminação em excesso, falta de aproveitamento da iluminação natural, falta de comandos (interruptores) das luminárias, ausência de manutenção (depreciação do sistema) e hábitos de uso inadequados.

De acordo Ghisi (1997), é importante que todos os Sistemas de Iluminação (SI) proporcionem um ambiente visual adequado, ou seja, funcionalidade para os usuários atendendo adequadamente as suas exigências no período de execução das tarefas visuais e que satisfaçam as condições estabelecidas pelo espaço edificado.

Souza (2005) menciona que a integração entre os padrões arquitetônicos com a utilização de produtos e materiais energeticamente eficientes e a implementação adequada de projetos de eficiência energética, possibilita reduções de até 60% no consumo de energia de edificações residenciais, segundo a ABILUX - Associação Brasileira da Indústria de Iluminação.

Ghisi (1997) afirma que o uso correto da luz depende da otimização dos níveis de iluminação, do índice de reprodução de cor e da temperatura de cor da fonte de luz, das taxas de luminâncias e contrastes. Assim, o desenvolvimento das tarefas visuais e o conforto dos usuários não devem ser prejudicados pelas intervenções. A adoção de tecnologias energeticamente eficientes com medidas que favoreçam o ambiente edificado torna possível a integração de estratégias: 1) aproveitamento da iluminação natural através da utilização de sistemas de controle da iluminação artificial para minimizar o tempo de utilização desse sistema; 2) uso de sensores de presença e temporizadores para áreas com ocupação intermitente.

De acordo com Rodrigues (2002) e Krasnhak (2016), a eficiência dos sistemas de iluminação artificial está diretamente ligada às características técnicas, ao rendimento e eficiência de um conjunto de elementos, dentre eles: lâmpadas, luminárias, reatores, circuitos de distribuição e controle, iluminação natural, cores das superfícies internas e mobiliárias.

Ghisi (1997) afirma que o investimento inicial pode custar mais do que numa instalação ineficiente. No entanto, o retorno do investimento ocorre geralmente em poucos anos através da economia de eletricidade e de redução nos custos de reposição de equipamentos, sendo assim os *retrofits* poderão ser economicamente vantajosos, devido a fatores como:

- Substituição de equipamentos ineficientes;
- Instalação de sistemas de controle de iluminação artificial através do uso de iluminação natural ou de sensores de presença;
- Iluminância necessária para a realização da tarefa visual;
- Metas de redução no consumo de eletricidade;

Caddet (1995), Pereira (1995) e Ghisi (1997), descrevem a necessidade de utilização da iluminação natural nos ambientes internos, pois, segundo EPRI (1993), (*Electric Power Research Institute*) esta é termicamente mais eficiente que a iluminação

artificial, ou seja, a carga térmica inserida no ambiente pela iluminação natural é menor do que a criada pela artificial. Para comprovar esta afirmação, faixas de eficácia luminosa para a iluminação natural citada por Pereira (1995), são apresentadas no Quadro 02.

Quadro 02: Faixas de eficácia luminosa para iluminação natural.

Condições de iluminação natural	Eficácia luminosa (lm/w)
Sol direto (altitude solar 60°)	90 a 115
Radiação global com céu claro	95 a 125
Radiação difusa com céu claro	100 a 145
Céu encoberto	100 a 130

Fonte: Autor adaptado Ghisi (1997).

Com efeito, comparativo, o Quadro 03 apresenta faixas de eficácia luminosa para as principais lâmpadas fluorescentes, determinadas através da análise de catálogos fornecidos por diferentes fabricantes. Segue abaixo a eficácia luminosa das principais lâmpadas fluorescentes.

Quadro 03: Faixas de eficácia luminosa para lâmpadas fluorescentes.

Lâmpadas	Eficácia luminosa
Fluorescente de 53 W	62 lm/W
Fluorescente de 85 W	64 lm/W
Fluorescente de 105 W	60 lm/W
Fluorescente tubular de 28 W	79 lm/W

Fonte: Autor, adaptado do Catálogo Geral de Iluminação Alumbra, 2019.

De acordo com Casagrande, Almeida e Braga (2014, p.06) “A eficácia luminosa de uma lâmpada fluorescente pode variar, dependendo do modelo e do fabricante, em torno de 50 a 95 lm/W. Sua vida útil pode variar entre 7.500 e 20.000 horas e o IRC

entre 50 e 90%. A qualidade do IRC, por exemplo, está associada à natureza da camada de pó fluorescente que reveste internamente o bulbo”.

3.3 Unidades e Grandezas de Iluminação de acordo com a NBR CIE/ISO 8995-1:

i) Intensidade luminosa (I):

Nascimento (2019) define como intensidade do fluxo luminoso. Sua unidade de medida é candelas (cd). Quanto menor o feixe de abertura da lâmpada, mais “forte” é aquela luz, ou seja, maior quantidade de candelas. Quando mais aberto for o ângulo da lâmpada, mais a luz se distribui e, portanto, menor quantidade de candelas. A figura 17 exemplifica todos os conceitos como fluxo luminoso, iluminância e luminância.

ii) Fluxo luminoso (Φ):

O fluxo luminoso é a radiação (ou a quantidade de luz) total emitida pela fonte luminosa em todas as direções, por unidade de tempo. O fluxo luminoso é representado pela letra grega Φ (fi) e sua unidade de medida é o lúmen (lm).

iii) Iluminância (E):

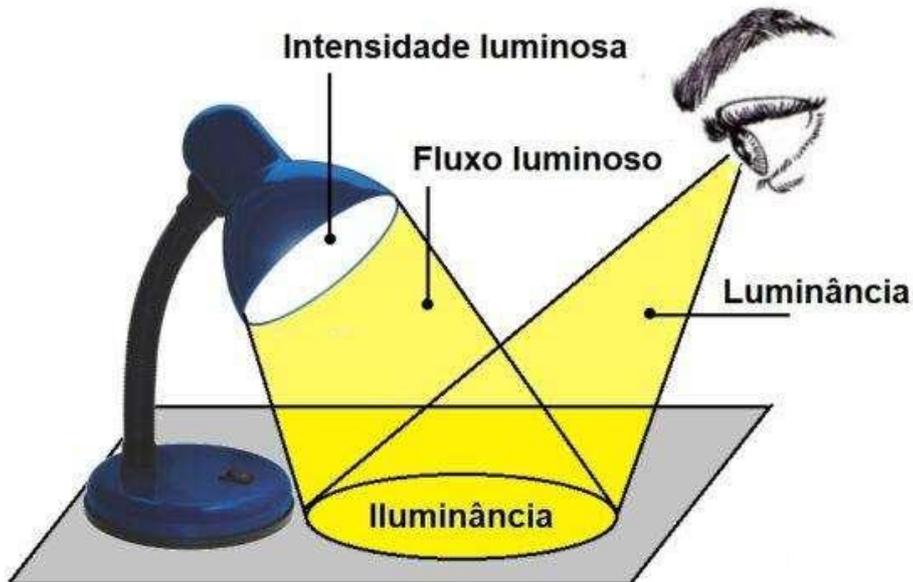
Segundo Nascimento (2019, p. 12). “é a quantidade de luz (o fluxo luminoso) incidida em determinada área. Como o fluxo luminoso não tem uma distribuição uniforme, a medida da iluminância não terá os mesmos valores em todos os pontos de uma mesma superfície”. Sua unidade é expressa em lux (lx).

iv) Luminância (L):

Luminância é a luz refletida nas superfícies. Podemos definir também que a luminância é a percepção da claridade no ambiente pelo observador. Luminância e Iluminância estão relacionados, considerando que a iluminância é usada para emissões de luz a partir da fonte luminosa, e luminância é usada para luz emitida a partir de superfícies (NASCIMENTO, 2019).

De acordo com Casagrande (2016) a luminância está ligada à excitação visual, na comparação entre tons claros e escuros; as partes sombreadas são as que apresentam menor luminância, ao contrário das mais iluminadas, cuja luminância é maior. Sua unidade é a cd/m^2 .

Figura 17: Unidades e grandezas de iluminação.



Fonte: Guia de Engenharia (2021).

v) Refletância:

Segundo Casagrande (2016), a refletância é a relação entre o fluxo luminoso refletido e o incidente numa superfície, sendo expressa em porcentagem. Depende das características da superfície em questão, como cor, textura, etc. Ainda de acordo com o autor, existe uma relação entre refletância e luminância, sendo que a luminância é medida a partir da luz que emana da superfície e a refletância é puramente uma característica típica da superfície, existindo independente da presença ou não da luz. Naturalmente, a luminância medida num meio iluminado depende da refletância da superfície que recebeu a luz. Em outras palavras, a luz que provocará efetivamente excitação visual no observador depende das refletâncias das superfícies ao redor.

vi) Índice de reprodução de cor (IRC):

Nascimento (2019) descreve que o índice de reprodução de cor demonstra a relação entre a cor real e a aparência percebida onde a luz artificial incide (vide Figura 18). Quando mais próximo de 100, significa que as cores apresentam maior fidelidade, mais próximo à reprodução de cores pela iluminação natural. Quanto mais baixo for o índice do IRC, mais deficiente é a reprodução de cores. Um IRC em torno de 70 pode ser suficiente. Porém, se o IRC for um requisito essencial para o projeto (como em supermercados) então as lâmpadas devem ter um índice de 90 ou mais. IRC 80 é um índice médio (considerado boa reprodução de cor) especificado na maioria dos projetos.

Figura 18: Demonstração do índice de reprodução de cor (IRC).



Fonte: Nascimento (2019).

vii) Temperatura de Cor Correlata (TCC):

De acordo com Casagrande (2016), além do IRC, utiliza-se outra grandeza importante relacionada às cores: a temperatura de cor correlata (TCC). Essa grandeza está associada à aparência de cor da luz emitida por uma fonte luminosa. Sua unidade no SI é o kelvin (K). Ainda de acordo com o autor, a temperatura de cor de uma lâmpada não tem qualquer relação com a temperatura física da lâmpada. A escala de temperatura das cores é obtida através da comparação da cor com a luz emitida pelo corpo negro em cada temperatura.

Deve-se ter o cuidado de não confundir IRC com TCC. Duas fontes de luz podem ter TCC próximas e ainda assim apresentar índices de reprodução de cores diferentes. Da mesma forma, lâmpadas que apresentem IRC próximos podem ter

temperaturas de cor distintas; e a classificação de luz quente, neutra ou fria não tem nenhuma relação com a temperatura da lâmpada, mas sim com a sensação psicológica que a cor da lâmpada provoca no ser humano (CASAGRANDE, 2021).

Segundo Nascimento (2019), quanto maior a temperatura de cor (K), diz-se que a tonalidade de luz é mais “fria” (com a luz de TCC), quanto mais baixa for a temperatura (com a luz de TCC mais baixa), mais “quente”, com um tom amarelado. Em ambientes internos, normalmente usa-se temperaturas de cor variando de 2500K a 6500K mais elevada. (vide figura 19).

Figura 19: Escala de temperatura de cores de acordo com os ambientes.



Fonte: Aalok (2021).

viii) Potência (W) e Eficácia Luminosa (lm/W):

A potência é energia produzida ou transferida ou consumida por unidade de tempo. A eficácia luminosa é “a maior ou menor capacidade de produzir luz a partir do mesmo consumo de energia” (VIANNA; GONÇALVES, 2001). A eficácia é, portanto, a razão entre o fluxo luminoso emitido e a potência (lm/W). Quanto mais eficiente for a lâmpada, maior o seu fluxo luminoso (lm) e menor a sua potência (W) (NASCIMENTO, 2019).

3.4 Fontes de Luz Artificial e Elétrica:

Ghisi (1997) afirma que desde os primórdios o homem sentia necessidade de vencer a barreira da escuridão noturna e, cada vez, mais dependia de condições que permitiriam o desenvolvimento de atividades durante a noite. Cabe, portanto, aos profissionais da iluminação, em conjunto com os engenheiros e arquitetos responsáveis pelo projeto da edificação, o estudo da possibilidade de utilização e a especificação de procedimentos ou sistemas que permitam o uso consciente da iluminação natural como aliada na redução do consumo de energia elétrica em edificações, bem como o uso inteligente de tecnologias disponíveis atualmente no mercado.

De acordo com Nascimento (2019), o projeto luminotécnico começa a ser desenvolvido a partir da definição do tipo de iluminação que o ambiente precisa, isto é, de acordo com a sua função. A partir do escopo do que se deseja obter, são definidas as fontes de luz, os sistemas de iluminação e sua distribuição no ambiente. Sendo assim, é importante estabelecer qual tipo de fonte de luz artificial elétrica será usada.

As lâmpadas elétricas atuais são classificadas, segundo seu mecanismo de produção de luz, em (I) lâmpadas incandescentes; (II) lâmpadas de descarga, sendo que as lâmpadas fluorescentes fazem parte desse segundo grupo; e (III) há um grupo importante hoje que é a iluminação de estado sólido, a partir de semicondutores ou outros materiais sólidos. Os LEDs e OLEDs fazem parte desse terceiro grupo.

i) Luz incandescente:

Promovida pelas lâmpadas incandescentes, segundo Silva (2016). Esse tipo de lâmpada possui como vantagens seu baixo custo e alto índice de reprodução de cores (IRC=100), porém, tem como desvantagens a baixa vida útil, cerca de 1000 horas, e principalmente, o baixo rendimento (10 lm/W) (BRAGA, *et al.*, 2014). Devido à Portaria Interministerial do Ministério de Minas e Energia nº1. 007/2010, que trata da eficiência energética de lâmpadas incandescentes, determinou-se que esse tipo de lâmpada não garante uma eficiência energética mínima, variável em função das potências de cada lâmpada e o nível de tensão da rede, 127 ou 220 V, e, desse modo, as lâmpadas incandescentes que não se enquadrarem na regulamentação da portaria foram retiradas do mercado (BASTOS, 2011).

ii) Lâmpadas incandescentes halógenas:

Segundo o manual da GE Iluminação (2002), as lâmpadas halógenas foram inventadas pela GE Lighting em 1957. As lâmpadas halógenas proporcionam ao usuário uma fonte de luz pequena. Diferente das incandescentes comuns, as lâmpadas halógenas usam o gás halógeno que permite à lâmpada brilhar mais intensamente, sem sacrificar a vida útil. O resultado é uma lâmpada com valores de eficácia luminosa (lumens por watt) maiores do que as lâmpadas incandescentes comuns similares. Ainda assim, sua eficácia é muito baixa comparada com outras tecnologias, como fluorescente e LED. São usadas em locais em ambientes interiores onde exige extrema qualidade na reprodução de cores. Em iluminação externa, usa-se multivapores metálicos ou LEDs com elevado IRC.

iii) Lâmpadas fluorescentes:

As lâmpadas fluorescentes, desde o seu surgimento, tornaram-se a fonte de luz eficiente mais utilizada. Segundo EPRI (1992), estas lâmpadas, ao contrário das incandescentes, têm sua vida diminuída quando operam em baixa voltagem. As lâmpadas fluorescentes compactas são a menor versão das fluorescentes tradicionais.

São indicadas para substituir as incandescentes. São muito mais eficientes do que as incandescentes e tem vida muito maior, desta forma a substituição pode ser altamente benéfica (GHISI, 1997). Porém com a chegada das lâmpadas a LEDs no mercado, sendo estas ainda mais eficientes, as lâmpadas fluorescentes não é hoje a melhor tecnologia, e vem gradualmente perdendo espaço para outras tecnologias mais eficientes.

iv) Lâmpadas de LED:

De acordo com Krasnhak (2016), as lâmpadas de LED (*light-emitting diode*, diodos emissores de luz) apresentam grandes benefícios comparados às lâmpadas comuns e fluorescentes, pelas inúmeras vantagens que oferecem, entre elas: sua vida útil pode atingir 100.000 horas; baixo custo de manutenção; baixo consumo de energia (possuem excelente eficiência energética); efeito visual máximo (possibilidade de colorir superfícies com luz); acendimento imediato; resistente a grandes variações de

temperatura e vibração; não liberam calor; são ecologicamente corretos (não utilizam vapor de mercúrio nem chumbo); não emitem radiação ultravioleta (não atraem mosquitos e insetos); operam em baixa tensão e oferecem segurança para os usuários durante instalação e operação (ELEKTRO, 2014). Sendo assim, o Quadro 04 ilustra um quadro comparativo entre as lâmpadas: comum (incandescentes), fluorescentes e de LED, indicando suas especificações de acordo com os procedimentos de durabilidade, consumo, economia, emissão de calor, ecologia e eficiência.

Outra vantagem dessas lâmpadas é a capacidade de poderem ser usadas tanto para a iluminação de interiores, quanto para a iluminação externa.

Quadro 04: Análise comparativa entre os diferentes tipos de lâmpadas.

	Comum	Fluorescente	LED
Tipo			
Durabilidade	1 ano	5 anos	15 anos
Consumo	50 W	10 W	5 W
Economia	x	até 80%	até 95%
Emissão de calor	ALTA	MÉDIA	BAIXA
Ecológica	Não contém mercúrio	Contém mercúrio	Não contém mercúrio
Eficiência	Pouca	Mediana	Muita

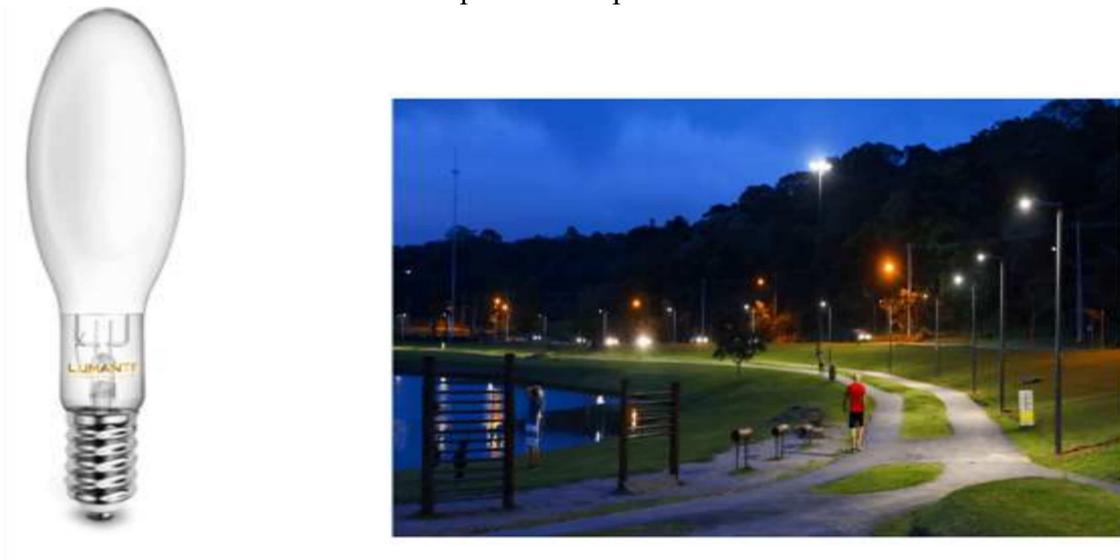
Fonte: Arqitetizze (2021).

v) **Lâmpadas de descarga:**

Segundo Rosito *et al.* (2013) e Casagrande (2021), durante muito tempo, as lâmpadas incandescentes predominaram no cenário da IP (iluminação pública) brasileira. Na década de 1950, houve a substituição por lâmpadas fluorescentes e, a partir da década de 1960, iniciou-se a utilização em maior escala das lâmpadas de descarga em alta pressão. Sendo assim, o cenário da iluminação pública no país passou a utilizar tecnologias como: vapor de mercúrio em alta pressão, vapor de sódio em alta pressão e multivapores metálicos, sendo esses os mais usados no país. Casagrande (2021) apresenta essas tecnologias, a saber:

- **Lâmpadas Vapor de Mercúrio em Alta Pressão:** As lâmpadas vapor de mercúrio em alta pressão (HPMV, *high pressure Mercury vapour*) (vide Figura 20) em 2021 representam cerca de 31% das tecnologias utilizadas na IP no Brasil. Apenas a tecnologia vapor de sódio em alta pressão é mais utilizada atualmente no parque de iluminação pública brasileiro.

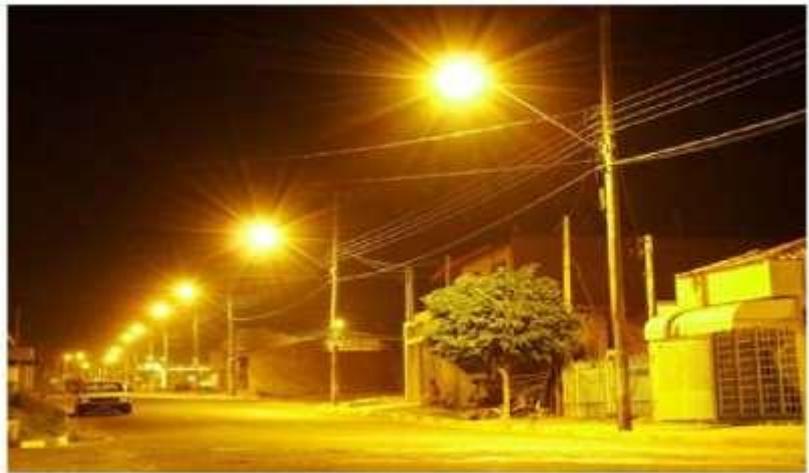
Figura 20: Lâmpada vapor de Mercúrio em alta pressão. À esquerda, foto de uma lâmpada vapor de mercúrio (LUMANTI, 2021). À direita, rua iluminada por lâmpadas vapor em alta pressão.



Fonte: Lumanti (2021).

- **Lâmpadas Vapor de Sódio em Alta Pressão:** Essas lâmpadas apresentam elevada eficácia luminosa, podendo variar de 80 até 150 lm/W, e vida útil de 18.000 a 32.000 horas (vide Figura 21). O IRC é baixo, entre 22 a 25%, o que torna essa lâmpada inadequada para aplicações em que se deseja boa reprodução de cores. No entanto, seu fluxo luminoso intenso e elevada eficácia luminosa tornam-na adequada para utilização na iluminação pública, situação em que a reprodução de cores não é tratada como primordial. Um aspecto característico da descarga em sódio é a emissão de uma luz fortemente amarelada, quase monocromática, sendo uma lâmpada com reprodução de cores muito baixa.

Figura 21: Lâmpada vapor de sódio em alta pressão. À esquerda, foto de uma lâmpada HPS tubular (PHILIPS, 2012). À direita, rua iluminada por lâmpadas vapor de sódio em alta pressão, com o característico aspecto amarelado.



Fonte: Casagrande (2016).

- **Lâmpadas Multivapores Metálicos:** É também uma lâmpada de descarga em alta pressão, de funcionamento semelhante ao das lâmpadas de vapor de sódio e vapor de mercúrio (vide Figura 22), porém com uma mistura de gases e vapores que lhe confere uma ótima composição espectral de cores. Essas lâmpadas são geralmente aplicáveis em áreas externas onde se deseja boa reprodução de cores, como quadras esportivas e estádios de futebol. Na IP, ela costuma ser utilizada na iluminação de monumentos, praças e outros espaços de valor turístico, especialmente se for desejável criar iluminação de destaque.

Figura 22: Lâmpada multivapores metálicos. À esquerda, foto de uma lâmpada (PHILIPS, 2012). À direita, iluminação de uma quadra esportiva com esse tipo de lâmpada.



Fonte: Casagrande (2016).

3.5 Outras tecnologias de Iluminação:

Uma tecnologia pouco conhecida, embora já existente há algum tempo, é a lâmpada eletroluminescente capacitiva. Essa lâmpada é basicamente constituída de um capacitor cujo dielétrico (um cristal ou um tipo de fósforo) torna-se luminescente ao ser alimentado por uma tensão alternada, devido à variação do campo elétrico. Em anos recentes, porém, vem surgindo uma nova apresentação dessas lâmpadas, no formato de fitas e fios luminosos (LUMIDEAS, 2012). Essa nova geração de lâmpadas eletroluminescentes capacitivas possui maior eficiência, sendo alimentadas por pequenos inversores e interfaces microprocessadas, funcionando em baixas tensões (MOREIRA, 1999), (CASAGRANDE; ALMEIDA E BRAGA, 2014). São flexíveis e extremamente finas, fáceis de instalar e aplicáveis em superfícies curvas, proporcionando uma iluminação uniforme.

Uma versão mais moderna da iluminação eletroluminescente surge com as lâmpadas da tecnologia **FIPEL** (*Field-induced polymer electroluminescence* ou polímero eletroluminescente induzido por campo elétrico), também chamadas de lâmpadas de plástico. A luz emitida possui um ótimo espectro luminoso, resultando em excelente IRC. Além disso, com boa eficácia e vida útil entre 25.000 e 50.000 horas, essas lâmpadas poderão no futuro se tornar competitivas com relação aos LEDs. Outra

vantagem é que essa tecnologia não utiliza produtos químicos tóxicos como o mercúrio, presente nas lâmpadas fluorescentes.

Outra tecnologia recente que pode se tornar importante no futuro são as **lâmpadas de plasma** (PARK *et al.*, 2007 e EDEN *et al.*, 2011), (CASAGRANDE; ALMEIDA E BRAGA, 2014). Essas lâmpadas são formadas por um sanduíche de duas folhas de alumínio separadas por uma finíssima camada isolante de óxido de alumínio (safira). O princípio de geração de luz no plasma ionizado é semelhante ao que ocorre nas lâmpadas fluorescentes, no entanto, o plasma dessas novas lâmpadas, por estar contido em cavidades microscópicas, consome menos energia e se mostra mais estável, além de dispensar refletores e mercúrio, o que é bom quanto à questão ambiental. Os painéis de lâmpadas de plasma poderão ser usados na iluminação residencial e comercial e também em algumas aplicações biomédicas. Para se produzir lâmpadas em cores diferentes, basta que se modifique a composição do gás no interior das microcavidades e o fósforo utilizado. Isso também abre novas oportunidades para o *design* de sistemas de iluminação, assim como os painéis de OLEDs flexíveis. O principal obstáculo à comercialização é o alto custo, exigindo a fabricação de grandes volumes para atingir um custo compatível com outras tecnologias.

Além da lâmpada capacitiva, da FIPEL e da lâmpada de plasma, merecem destaque também as fibras de LEDs (DONG, 2012), (CASAGRANDE; ALMEIDA E BRAGA, 2014). Essa nova tecnologia transforma LEDs em fibras luminosas flexíveis, originando os e-tecidos, ou tecidos eletrônicos. O próximo passo será otimizar a durabilidade e a tensão limite para emissão de luz e desenvolver melhor a conexão dessas fibras de LED aos circuitos externos, para aplicações optoeletrônicas e têxteis-eletrônicas.

Mais uma tecnologia que pode representar um grande avanço para a iluminação no futuro é a lâmpada bioluminescente (ALAM, 2012), (CASAGRANDE; ALMEIDA E BRAGA, 2014). Cientistas da Universidade de Siracusa, nos Estados Unidos, descobriram uma forma de sintetizar a luz natural produzida por alguns animais, em especial, insetos como o vagalume (*Photinus pyralis*), reproduzindo artificialmente o fenômeno da bioluminescência. Segundo os pesquisadores que desenvolveram a bioluminescência artificial, pode-se aumentar a eficiência do sistema por diminuir a distância entre a enzima e a superfície do bastão, além de otimizar a arquitetura dos bastões. Além disso, alterando o tamanho do núcleo e o comprimento do nanobastão, é possível alterar a cor da luz produzida. O próximo passo será reproduzir os

experimentos em maior escala e de forma sustentada por longos períodos, com o objetivo de desenvolver aplicações práticas. Talvez, no futuro, a bioluminescência artificial possa ser usada em lâmpadas semelhantes aos LEDs sem a necessidade de energia elétrica (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2012), (CASAGRANDE; ALMEIDA E BRAGA, 2014).

Existe ainda um novo tipo de lâmpada chamada **lâmpada ESL** (*Electron Stimulated Luminescence* - Luminescência Estimulada por Elétrons). Desenvolvida pela empresa VU1, pode vir a substituir lâmpadas fluorescentes e lâmpadas de LEDs, oferecendo economia de energia, com uma eficiência semelhante à de uma lâmpada fluorescente, porém com uma qualidade mais natural de luz, ou seja, melhor IRC (SCIENTIFIC AMERICAN, 2012), (CASAGRANDE; ALMEIDA E BRAGA, 2014). A luz emitida tem boa composição espectral e, portanto, proporciona uma reprodução de cores bem natural. Além disso, acendem mais rápido, emitem fluxo luminoso em todas as direções em vez de emitir um feixe estreito, possuem alto fator de potência, são dimerizáveis e seu custo é baixo quando comparadas às lâmpadas de LEDs (ENERGIA E TECNOLOGIA, 2010). Observa-se, portanto, que essas lâmpadas possuem um grande potencial de se tornarem competitivas. A principal desvantagem é que a lâmpada é muito mais pesada, com quase meio quilo.

Os OLEDs ou LEDs orgânicos (*Organic Light Emitting Diodes* – Diodos Orgânicos Emissores de Luz), além de prometerem muitos dos benefícios dos LEDs convencionais, como maior eficácia luminosa e bom índice de reprodução de cores (IRC), possuem como característica notável a possibilidade de serem flexíveis, o que permite uma grande variedade de aplicações, como a iluminação difusa de amplas superfícies. Os OLEDs (LEDs orgânicos), que já são usados em telas de celular e TVs mais modernas e talvez sejam uma solução futura interessante na iluminação de interiores, quebrando paradigmas, como inexistência de pontos de luz, iluminação difusa. Tem um grande apelo pra arquitetura, para projetos de decoração de interiores. (CASAGRANDE; ALMEIDA E BRAGA, 2014).

3.6 Sistemas de iluminação:

De acordo com Willing (2012), o foco de qualquer sistema de iluminação deve ser prezar pela melhor qualidade de iluminação possível, utilizando-se como base três pilares: bem-estar individual, arquitetura e aspecto financeiro. Em toda aplicação, cada um destes três pilares ganha maior ou menor peso. Por exemplo, em aplicações industriais, o pilar financeiro prevalece sobre o de arquitetura, mas, no escritório da mesma fábrica, o pilar da arquitetura tem um peso maior devido à imagem da empresa. No entanto, nenhum dos três deve ser totalmente negligenciado.

Nascimento (2019) afirma que os sistemas de iluminação são classificados de acordo com a sua distribuição e seu efeito produzido no ambiente. São comumente definidos como: iluminação direta, iluminação indireta, iluminação geral, iluminação localizada ou de tarefa, iluminação de destaque.

i) Iluminação direta:

Segundo Nascimento (2019) e Quintino e Bonício (2020), o fluxo luminoso é incidido diretamente sobre a superfície que se quer iluminar. A luz direta pode estar associada à iluminação geral ou de destaque, dependendo de como for a luminária e sua aplicação (vide Figura 23). Uso mais comum em home office; locais de estudo; mesas de refeição; bancadas de trabalho da cozinha; quartos, para momentos de leitura; sala, evitando apenas direcionar o fecho de luz para a televisão; banheiros, especialmente com lâmpadas inferiores a 15 watts de potência.

Figura 23: Iluminação direta dirigida para uma das paredes do ambiente.



Fonte: Angela Abdalla (2021).

ii) Iluminação indireta:

É quando a fonte de luz não é vista e o ambiente é iluminado pela luz refletida. Em projetos de interiores a fonte de luz fica escondida na sanca criada no gesso (vide Figura 24), reflete no teto e ilumina o ambiente de forma geral. Geralmente usados em home office, com iluminação branca; quartos, cozinhas, salas de jantar e de estar; hall de entrada, utilizando spots direcionados no piso.

Figura 24: Iluminação indireta, criada a partir de sanca aberta feita no forro.



Fonte: Telha norte (2021).

iii) Iluminação Geral:

Segundo Nascimento (2019, p.20) a Iluminação geral é “quando a luz é direcionada a iluminar o ambiente por completo (vide Figura 25), podendo ser de forma indireta ou direta. Em locais onde se quer obter maior conforto visual, por exemplo, a iluminação geral pode ser projetada com luz indireta, criando uma ambiência mais amena”. Em ambientes de trabalho a iluminação é mais uniforme com a iluminação direta, de maneira que a luz seja distribuída de forma mais homogênea.

Figura 25: Iluminação geral em um galpão.



Fonte: Fotos habitismo (2021).

iv) Iluminação localizada ou de tarefa:

É quando a luminária é direcionada para concentrar a luz em determinado local de interesse (vide Figura 26). É muito utilizada em áreas de trabalho, como mesas de escritório, ou tarefas de fábricas, por exemplo. A iluminação localizada sempre é complementada com iluminação geral, a fim de atingir maior uniformidade da iluminância no entorno ao plano de tarefa, como determina a norma (NASCIMENTO, 2019).

v) Iluminação de destaque:

É quando há uma concentração maior de luz em determinada direção para destacar uma região específica (vide Figura 27). Para este efeito, é necessário um alto contraste entre a iluminação de destaque e a iluminação geral. Sendo assim a autora afirma que os sistemas e efeitos de iluminação podem ser usados juntos, num mesmo ambiente, de acordo com a proposta do projeto e que também é possível empregar sistemas de controle, adaptando os acendimentos, circuitos e fluxos luminosos, através de equipamentos auxiliares, de acordo com a necessidade de projeto (NASCIMENTO, 2019).

Figura 26: Iluminação localizada ou de tarefa em um ambiente de trabalho.



Fonte: Archdaily (2021).

Figura 27: Iluminação de destaque.



Fonte: Viva decora (2021).

3.7 Requisitos de Iluminação:

A NBR 8995-1 (ABNT (2013), p.06), afirma que:

Uma boa iluminação requer igual atenção para a quantidade e qualidade da iluminação. Embora seja necessária a provisão de uma iluminância suficiente em uma tarefa, em muitos exemplos a visibilidade depende da maneira pela qual a luz é fornecida, das características da cor da fonte de luz e da superfície em conjunto com o nível de ofuscamento do sistema. Nesta Norma foi levado em consideração não apenas a iluminância, mas também o limite referente ao desconforto por ofuscamento e o índice de reprodução de cor mínimo da fonte para especificar os vários locais de trabalho e tipos de tarefas. Os parâmetros para criar as condições visuais confortáveis estão propostos no corpo desta Norma. Os valores recomendados foram considerados, a fim de representar um balanço razoável, respeitando os requisitos de segurança, saúde e um desempenho eficiente do trabalho. Os valores podem ser atingidos com a utilização de soluções energeticamente eficientes.

Ghisi (2007) afirma que o excesso de brilho na iluminação pode provocar o ofuscamento, impedindo a visão de detalhes e interferindo na qualidade da iluminação. Sendo assim deve-se evitar o posicionamento de fontes de luz dentro de um ângulo de 30° entre a linha de visão horizontal e a direção da fonte para se evitar o ofuscamento (NETO, 1980).

Segundo Barbosa (2007), em 1 de julho de 2000 surgiram procedimentos recomendados pela 9ª edição do “IESNA Illuminating Engineering Society of North América”, que estão baseados, substancialmente, no conceito de qualidade da iluminação e abrangem as convicções e descobertas sobre a qualidade da iluminação e sua aplicação às tipologias da edificação e as atividades exercidas nos locais. Mas, de acordo com o autor, ainda não existe uma garantia de cumprimento desses procedimentos, o que dificulta a garantia plena de uma excelente iluminação.

i) Iluminância nos ambientes de trabalho:

O principal objetivo da iluminação de ambientes de trabalho é permitir que a atividade visual se faça de forma confortável, sem dificuldades e com segurança, além de garantir o menor consumo possível aliado a maior eficiência do sistema. A iluminação deve ser adaptada e adequada às necessidades visuais da tarefa a ser realizada. A quantidade de iluminação e a qualidade da iluminação são fatores de extrema importância, sendo que quantidade de luz desejada e necessária para qualquer instalação depende, em primeiro lugar, da tarefa a ser executada (GHISI, 1997).

ii) Iluminação de ambientes com microcomputadores:

De acordo com IIDA (1990) e Albuquerque (1998) o nível de iluminação interfere diretamente no mecanismo fisiológico da visão e, também, na musculatura que comanda o movimento dos olhos. Portanto, a iluminação é condição fundamental no desenvolvimento da tarefa, influenciando decisivamente no comportamento do usuário e na sua eficiência.

IESNA (1995) e Ghisi (1997) afirmam que os escritórios amplos, com computadores colocados em qualquer posição, o sistema de iluminação poderá afetar a visibilidade da tela. Assim, divisórias atrás da tela podem aliviar as reflexões no vídeo e divisórias localizadas na frente da tela podem limitar o ofuscamento direto provocado por luminárias e janelas.

A (NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), estabelece o planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade de cor (ver Tabela 01).

Tabela 01: Requisitos da normalização Brasileira (NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), para escritórios.

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	Em lux	UGRL	Ra	Observações
22 Escritórios				
Arquivamento, cópia, circulação etc.	300	19	80	
Escrever, teclar, ler, processar dados	500	19	80	Para trabalhos com VDT, VER 4.10.
Desenho técnico	750	16	80	
Estações de projeto assistido por computador	500	19	80	Para trabalhos com VDT, VER 4.10.
Salas de reunião e conferência	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável
Recepção	300	22	80	
Arquivos	200	25	80	

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

iii) Iluminação de corredores:

De acordo com IESNA (1995) e Ghisi (1997) estes ambientes, apesar de apresentarem ocupação intermitente, devem ser iluminados adequadamente e de forma a evitar desperdícios e garantir a segurança dos usuários. No entanto, sugere a adoção de uma iluminância de, no mínimo, 1/3 da iluminância das áreas adjacentes de forma a evitar-se elevados graus de adaptação do olho ao se entrar e sair de um corredor. Da mesma forma, sugere-se a adoção de refletâncias de paredes igual ou superior àquela das áreas adjacentes. A NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013) estabelece o planejamento para as áreas gerais das edificações incluindo os corredores (ver tabela 02).

Tabela 02: Requisitos da normalização Brasileira NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013) para ambientes de áreas gerais da edificação.

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade.	<i>E_m</i> lux	<i>UGRL</i>	<i>R_a</i>	Observações
1 Áreas gerais da edificação				
Saguão de entrada	100	22	60	
Sala de espera	200	22	80	
Áreas de circulação e corredores	100	28	40	Nas entradas e saídas, estabelecer uma zona de transição, a fim de evitar mudanças bruscas.
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150	25	40	
Rampas de carregamento	150	25	40	
Refeitório/Cantinas	200	22	80	

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

iv) Iluminação em ambientes de exposição:

De acordo com Cruz (2018), a presença da luz e sua extração de significados, suas superfícies, formas e cores, onde a luz é transformada em imagem pelo cérebro humano possibilitando a sensação e a percepção fundamental para o desenvolvimento da interpretação de espaço. Portanto, torna-se papel de ambientes de exposição explorar os significados ocultos dentro da exposição para a percepção da utilização de técnicas que possibilitam maior apreensão desses conteúdos dos objetos. Desta forma, a iluminação deve proporcionar boa visibilidade das peças sem deturpação de suas cores e suas funções; devem se estender e atender aos diversos aspectos relativos à concepção de exposição. A luz também deve dar destaque àquilo que é desejado, podendo levantar inúmeras formas de percepção para um mesmo espaço, proporcionando a imersão do visitante na exposição. A NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013) estabelece o planejamento para os locais de entretenimentos (ver tabela 03).

Tabela 03: Requisitos da normalização Brasileira NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013) para casos em ambientes de entretenimentos.

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	<i>Em lux</i>	<i>UGRL</i>	<i>Ra</i>	Observações
25 Locais de entretenimento				
Teatros e salas de concertos	200	22	80	
Salas com multiuso	300	22	80	
Salas de ensaios e camarins	300	22	80	É necessário que a iluminação do espelho seja isenta de ofuscamento para a maquiagem.
Museus (em geral)	300	19	80	Iluminação adequada para atender aos requisitos de exibição, proteção contra os efeitos de radiação.

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

v) Iluminação em bibliotecas:

Segundo Pinto (2008), num edifício para bibliotecas é difícil usar apenas a iluminação natural para suprir as necessidades dos leitores. Sendo assim, a presença da iluminação artificial é inevitável para complementar à luz natural e viabilizar o funcionamento noturno do edifício. Neste tipo de edificação o binômio luz natural e artificial deve ter uma relação estreita e complementar, objetivando a criação de ambientes agradáveis, confortáveis e econômicos do ponto de vista energético. A NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013) estabelece o planejamento para os ambientes de biblioteca (ver tabela 04).

Tabela 04: Requisitos da normalização Brasileira NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013) para ambientes de bibliotecas.

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	Em lux	UGRL	Ra	Observações
22 Bibliotecas				
Estantes	200	19	80	
Área de leitura	500	19	80	
Bibliotecárias	500	19	80	

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

vi) Iluminação em Mercados:

De acordo com Chou (2006), a utilização eficiente qualitativa e quantitativamente de sistemas integrados de iluminação natural e artificial nos mercados proporciona aos usuários ambientes agradáveis e prazerosos, evitando desperdício de energia elétrica e proporcionando o retorno em curto prazo do investimento inicial de sistemas tecnologicamente eficientes. A percepção visual, qualidade da luz, cor, luminâncias, ofuscamento e efeitos subjetivos são tópicos que devem ser analisados ao propor soluções de iluminação para ambientes comerciais.

Sendo assim, a iluminação nos mercados deve apresentar cores e texturas, com qualidade e quantidade correta de luz e ser capaz de reproduzir bem com focos capazes de dar um destaque apropriado ao produto. Sem uma iluminação adequada, a mercadoria não se destaca, desperta pouco interesse e simplesmente não vende. A iluminação é uma arma indispensável como fator de diferenciação perante a concorrência.

A NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013) estabelece o planejamento para os ambientes de mercado (ver tabela 05).

Tabela 05: Requisitos da normalização Brasileira NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013) para ambientes de mercado.

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	Em lux	UGRL	Ra	Observações
8 Indústria de alimentos				
Locais de trabalho em zonas de cervejarias, maltagem, lavagem, enchimento de barris, limpeza, peneiração, descascamento, alimentos em conserva, fábrica de chocolate, locais de trabalho e zonas em fábrica de açúcar, para secagem e fermentação de tabaco cru, câmara de fermentação.	200	125	80	
Triagem e lavagem de produtos, moagem, mistura e embalagem	300	25	80	
Locais de trabalho e zonas para abatedouros, açougues, leiteiras, áreas de filtragem, em refinarias de açúcar.	500	19	80	
Corte e triagem de frutas e vegetais	300	25	80	

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

3.8 Vantagens do aproveitamento da luz natural e o conceito de conforto luminoso:

De acordo com Pinto (2008), a luz natural apresenta uma qualidade superior se comparada às fontes artificiais; adapta-se melhor ao olho humano, reproduz as cores com maior fidelidade e quando utilizada na iluminação dos ambientes, agrega os aspectos estéticos, fisiológicos e psicológicos para o conforto dos usuários.

Nascimento (2019) afirma que, quanto melhores forem as condições propiciadas pelo ambiente, menor será o esforço físico que o olho terá de fazer para se adaptar às condições ambientais, e, portanto, maior será a sensação de conforto do indivíduo (OSRAM, 2019). Sendo assim, para obter um melhor conforto luminoso, o ambiente deve estar adaptado às condições fisiológicas dos usuários. Durante a concepção do projeto, é importante que o arquiteto ou engenheiro estude a variabilidade de luz solar no local e planeje a forma que a luz natural estará incorporada nos ambientes.

Nascimento (2019, p. 31) cita o seguinte argumento:

Dentro da relação entre iluminação natural e artificial, colocaríamos a seguinte premissa básica: é a luz natural que caracteriza o espaço. A artificial é um apoio necessariamente subordinado a ela. Esta premissa é realmente polêmica e deve ser relativizada. Primeiro, lembrando-se da condição noturna, quando a luz natural já não está presente. Segundo, considerando-se casos onde, pelas características do edifício, a luz natural não pode chegar (VIANNA; GONÇALVES, 2001).

Sendo assim, um bom planejamento do sistema de iluminação artificial deve fornecer o desenvolvimento das tarefas do ambiente. Para tal, são definidos os sistemas de iluminação artificial, o posicionamento das luminárias de acordo com as aberturas dos ambientes, e a distribuição dos circuitos e utilização de controles de atendimento de forma coerente.

3.9 Sistemas de controle:

De acordo com Ghisi (2007), a necessidade de evitar o desperdício de energia elétrica tornou necessária a evolução de alguns mecanismos de controle de luz e os sensores de ocupação.

i) Sistemas de controle de luz:

Os sistemas de controle não só garantem que a energia não será consumida desnecessariamente como regulam o suprimento de luz baseados em um mínimo necessário. Este mínimo depende dos padrões de ocupação e do total de iluminação natural disponível. Sendo assim o autor Ghisi (2007) exemplifica os métodos descritos a seguir:

- **Liga e desliga manual:** A iluminação artificial é desligada manualmente sempre que a iluminância interior produzida pela luz natural for maior que a de projeto.
- **Liga e desliga automático:** A utilização de fotocélulas constitui um sistema que desliga a iluminação artificial sempre que os níveis de iluminação natural são superiores à iluminância especificada em projeto em função das atividades desenvolvidas.
- **Controle manual do fluxo:** Também conhecido como dimerização, através do controle do fluxo luminoso evitam-se alterações abruptas no nível de iluminação e permite melhor adaptação visual. No entanto, o controle ainda depende dos usuários.
- **Controle gradativo automático:** Neste caso o sistema de iluminação artificial é desligado de forma sucessiva à medida que os níveis de iluminação natural aumentam.
- **Controle automático do fluxo:** É o sistema mais eficiente, pois altera constantemente o fluxo luminoso das lâmpadas em função dos níveis de luz natural de forma a manter a iluminância de projeto.
- **Sensores de ocupação:** Os sensores de ocupação são detectores de movimento que desligam as lâmpadas automaticamente em ambientes desocupados, acendendo-as, da mesma forma, quando o ambiente é ocupado.
- **Sensores passivos de infravermelho:** Estes sensores reagem à energia do calor infravermelho emitida pelas pessoas. São considerados passivos porque apenas detectam radiação, não a emitem.
- **Sensores ultrassônicos:** Os sensores de ocupação ultrassônicos ativam um cristal de quartzo que emite ondas ultrassônicas através do espaço, fazendo com que a unidade controladora perceba a frequência das ondas refletidas.
- **Temporizadores:** São controladores que desligam automaticamente as lâmpadas após um período pré-determinado (GHISI, 1997).

- **Telegerenciamento ou telegestão:** É um conjunto de hardware e *software* que funciona acoplado à luminária do poste de iluminação e serve, entre outras coisas, para controlar de forma remota as lâmpadas. De acordo com Casagrande (2016), são soluções tecnológicas que têm como grande atrativo a possibilidade de aumentar a eficiência energética dos sistemas de IP, além de proporcionar iluminação de melhor qualidade, maior segurança e vida útil mais longa.

3.10 Projeto de Iluminação:

Segundo Ghisi (2007) para a elaboração de um projeto luminotécnico criterioso é necessário o conhecimento de alguns fatores, tais como:

- Dimensões do ambiente a ser iluminado;
- Cor das paredes, teto e piso;
- Disposição das janelas;
- Tipo de atividade a ser desenvolvida;
- Localização da superfície de trabalho;
- Período de utilização do ambiente;
- Fluxo luminoso da lâmpada a ser utilizada;
- Coeficiente de utilização da luminária a ser utilizada;
- Tipo de reator a ser utilizado;
- Condições de higiene do ambiente e o intervalo de manutenção;
- Especificação da instalação elétrica.

A próxima etapa define-se em escolher os métodos de iluminação, que será definido pela análise do ambiente a ser iluminado e da tarefa a ser executada: a escolha da lâmpada deve ser feita em função do local e da natureza do trabalho; e a escolha da luminária, que além da direção do fluxo, deve-se considerar a sua eficiência, isto é, a porcentagem de perda de luz em virtude da sua absorção pelas partes que compõem a luminária. O Quadro 05 exemplifica as condições necessárias para obter lâmpadas e luminárias mais adequadas.

Quadro 05: Condições adequadas para lâmpadas e luminárias.

Lâmpadas condições necessárias	Luminárias condições necessárias
Dimensões e forma do local a iluminar	Possibilidade de adaptação ao local
Tipo de tarefa visual a ser executada	Efeito estético
A iluminância necessária	Qualidade do material de fabricação
O período de funcionamento do sistema de iluminação	Propriedades reflexivas de seu refletor
O custo inicial e de operação do sistema	Facilidade de manutenção
A vida útil da lâmpada	Facilidade na substituição de lâmpadas
A temperatura de cor e o índice de reprodução de cor da lâmpada	
Modularidade para a luminária.	Assim, se certa parte da luminária dá defeito, é possível trocar somente a parte defeituosa, seja ela o circuito de acionamento (Driver, reator, etc), a fonte luminosa (lâmpada ou módulo de LED), o sistema de proteção (fusível), o sistema de refrigeração (dissipador de calor), etc.
A eficiência luminosa da lâmpada	

Fonte: Autor adaptado Ghisi (2007).

Conclui-se que todos os tópicos abordados durante os capítulos sobre a eficiência energética e iluminação são de importância para a aplicabilidade do estudo, uma vez que esses conceitos devem ser respeitados cuidadosamente sobre norma técnica, para realizar qualquer tipo de intervenção, no caso desta pesquisa, sobre iluminação interna. Nos capítulos posteriores será abordado a contextualização do objeto de estudo, sobre o conjunto do CCBM e os procedimentos de intervenção das edificações.

4 PROCEDIMENTO METODÓLOGICOS:

As informações necessárias serão obtidas através da revisão bibliográfica, e do levantamento lumínico da atual situação que se encontra as edificações, todas as informações colhidas serão necessárias para atender os objetivos do trabalho propostos.

Deve-se iniciar a coleta de informações, neste primeiro momento, mais ligadas à rotina de funcionamento e sobre as condições de conforto aos usuários aos diversos ambientes, verificar no complexo quais são os tipos de lâmpadas usadas, quais são as condições das aberturas para iluminação artificial, quais são as condições de eficácia das lâmpadas existentes, a disposição, posicionamento e organização dessas lâmpadas de acordo com os ambientes e fazer a medição da iluminância através do equipamento luxímetro para verificar a quantidade de lux fornecido pelas lâmpadas para cada ambiente.

Também serão descritos neste capítulo as etapas de intervenção elaborada na pesquisa, como: visita técnica para os levantamentos dos equipamentos de iluminação das edificações; simulação de *software* (sketchup) para a localização e geometria solar das edificações; simulação no *software Dialux* para a comparação dos dados, além dos resultados estabelecidos.

Após feita a avaliação das condições atuais de iluminação no complexo, será usado o programa *Dialux* para uma nova simulação da eficiência de iluminação no objeto de estudo e poder-se-á comparar o uso final com iluminação e sua representatividade em relação ao consumo de energia, sendo assim segue as etapas:

- 1) Medição (luxímetro) e avaliação local (diagnóstico) - inspeção visual e informações (tipo de lâmpadas, potência, características do ambiente, etc.). As medições com luxímetro devem seguir a metodologia de medição de iluminância prescrita pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013).
- 2) Simulações no *Dialux* reproduzindo as condições atuais.
- 3) Simulações no *Dialux* propondo melhorias - *retrofit*.

Sendo que o *Dialux* é uma ferramenta paramétrica de modelagem e cálculo luminotécnico, voltada para obtenção de resultados técnicos mensuráveis da luz, que permite calcular e visualizar os dados e resultados por meio de uma interface gráfica intuitiva sendo capaz de proporcionar no final da simulação um relatório completo e personalizado contendo todos dados.

A validação da proposta é apresentar os recursos materiais necessários para que se possa elaborar o estudo da viabilidade de implantação de *retrofit* de iluminação em patrimônio histórico. Uma vez definida a necessidade de implantação de *retrofit*, deve-se iniciar a elaboração do novo projeto luminotécnico exequível do ponto de vista financeiro.

Para o desenvolvimento proposto da simulação de iluminação nos ambientes arquitetônicos, foi preciso seguir alguns procedimentos, entre eles a autorização da coordenação do CCBM e Mercado Municipal, para realizar o levantamento e condições de iluminação das edificações. Seguindo da autorização, foi realizada a medição da iluminância das lâmpadas dos ambientes utilizando o aparelho medidor de lux (digital lux meter), luxímetro digital Minipa , modelo MLM-1011, (vide figura 28).

Figura 28: Luxímetro digital.

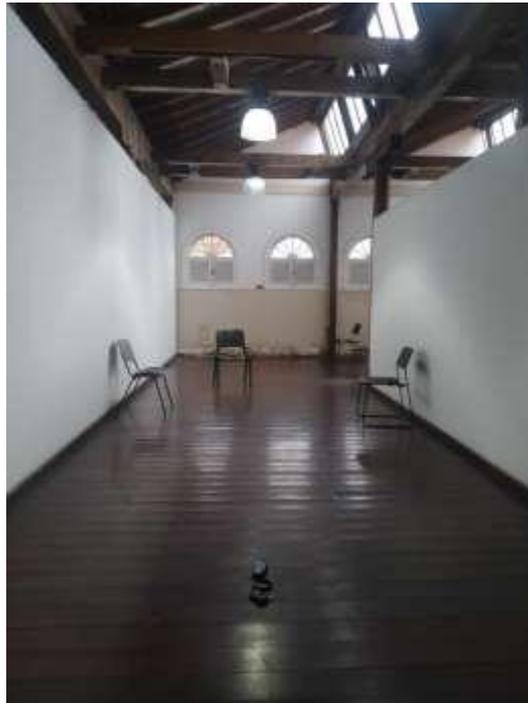


Fonte: Autor (2022).

Posteriormente, seguindo a (NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), foram estabelecidos os pontos para a medição da quantidade de lux, de acordo com as especificações pela norma. Um fator a ser considerado é que nos ambientes do CCBM

alguns estavam com a mobília desorganizada e outros com os espaços arquitetônicos vazios, (vide figuras 29 e 30), devido ao processo de intervenção arquitetônica que o CCBM está passando, entre eles a troca de telhado. Desta forma, a medição sofreu algumas interferências que podem ter impactado nos resultados.

Figura 29: Ambiente vazio devido ao processo de intervenção no CCBM.



Fonte: Autor (2022).

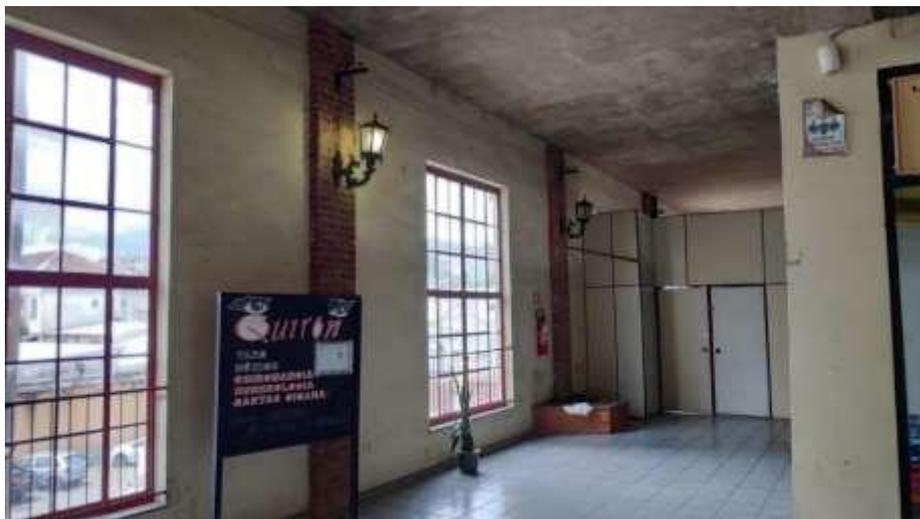
Figura 30: Ambiente desorganizado devido ao processo de intervenção no CCBM.



Fonte: Autor (2022).

No mercado municipal, o levantamento também passou por algumas dificuldades nas medições, devidas a algumas mudanças de layout, entre elas as repartições estabelecidas nas salas por biombos para divisão de partes administrativas, (vide figura 31).

Figura 31: Divisões administrativas por biombos.

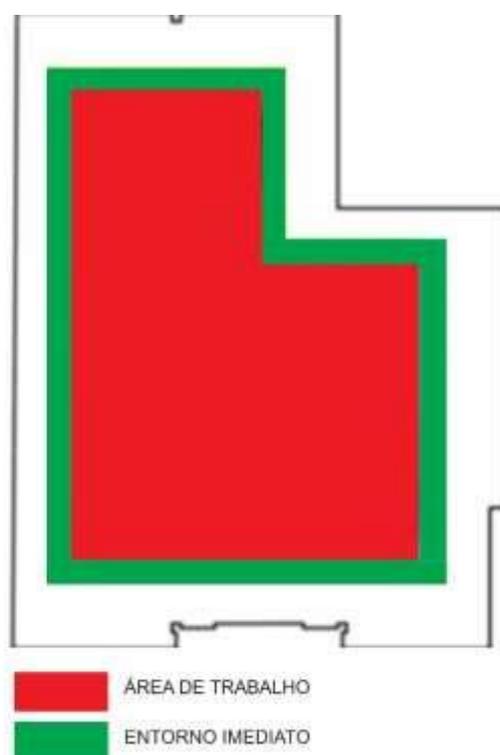


Fonte: Autor (2022).

Desta forma, seguindo os procedimentos estabelecidos pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013) e respeitando as condições dos ambientes entre os espaços arquitetônicos, foi possível estabelecer as condições satisfatórias para realização das medições, a fim de elaborar a simulação de iluminação proposta pelo trabalho utilizando o *software Dialux*.

Sendo assim, seguindo a norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), foi realizado os procedimentos de como foi feito a medição dos pontos, escolhendo a sala de exposição 1 S7 do CCBM como exemplo de acordo com a figura 32.

Figura 32: Divisões da área do ambiente.



Fonte: autor 2022.

Os procedimentos seguiram as etapas:

- 1) Como a maioria dos ambientes estavam vazios, os arranjos das salas foram desconsiderados, de acordo como propõem a norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), sendo assim a área de trabalho foi considerada a sala inteira menos a faixa marginal.

- 2) Em seguida foi determinada a malha de cálculo dos ambientes para determinar as iluminâncias e uniformidades médias, depende do tamanho e da forma da superfície de referência (área da tarefa, local de trabalho ou arredores), da geometria do sistema de iluminação, da distribuição da intensidade luminosa das luminárias utilizadas, da precisão requerida e das quantidades fotométricas a serem avaliadas conforme propõem a norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013).
- 3) Foi estabelecido o número de pontos de acordo com a malha de cada ambiente para captar a iluminância.
- 4) Através do Luxímetro digital com base no piso das salas, foi possível captar os índices de iluminância para cada ponto, formando desta forma a entrada de dados de iluminância dos ambientes para a simulação no *software Dialux*.

4.1 Áreas de estudo: complexo Bernardo Mascarenhas (CCBM) e Mercado Municipal:

Neste capítulo, são descritos o CCBM e o Mercado Municipal, contextualizando os fatores históricos, a importância das edificações para o patrimônio histórico da cidade de Juiz de Fora, bem como os processos de intervenção que essas edificações já sofreram ao longo dos anos.

A compreensão histórica e espacial destas edificações é importante para estabelecer qualquer tipo de intervenção, e determinar tomadas de decisões que não afetarão na identidade do patrimônio cultural e que favoreçam melhor conforto para os usuários.

O processo de escolha da pesquisa por essas edificações enfatiza o contexto social que essas edificações possuem, no processo de transformação do CCBM de fábrica para centro cultural, e com a fundação do Mercado Municipal, que são resultados da participação da sociedade no desejo de ocupação dos espaços. Sendo assim, hoje o conjunto histórico do CCBM (Centro cultural Bernardo Mascarenhas, Biblioteca Municipal Murilo Mendes, Mercado Municipal, Secretaria Municipal de Educação e Centro de Educação Dr. Geraldo Moutinho de Jovens e Adultos) marca a importância cultural do espaço para a cidade de Juiz de Fora. Por isso a importância da pesquisa em contribuir com procedimentos que possam vir a melhorar a qualidade de

iluminação interna dos objetos arquitetônicos e valorização do patrimônio histórico da cidade.

4.2 O Centro Cultural Bernardo Mascarenhas:

A história do CCBM começa com a escolha dos terrenos para a construção da fábrica por Bernardo Mascarenhas no século XIX, que desfrutavam da centralidade e proximidade com a estação ferroviária, a Estrada União e Indústria e também da usina hidrelétrica que o mesmo visionário viria a construir, (vide Figura 32).

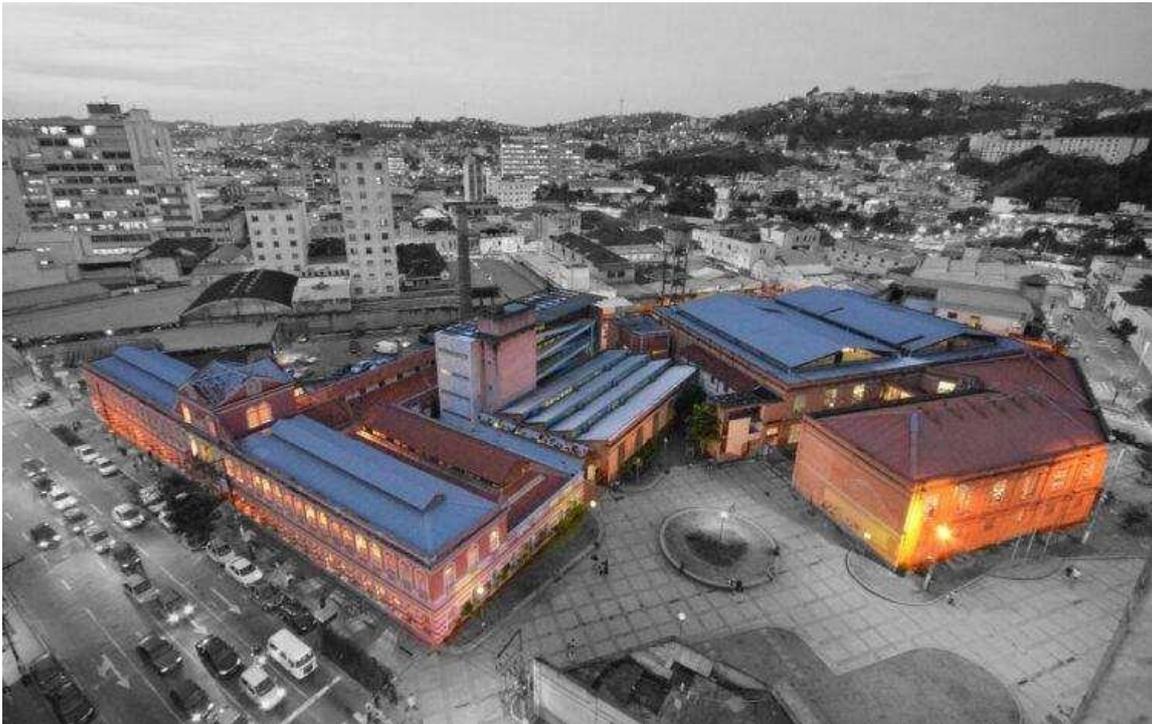
De acordo com Moratori e Paiva (2016, p. 01) “o atual Núcleo Histórico e Arquitetônico Complexo Mascarenhas teve sua origem em 1888, sendo a primeira indústria a utilizar energia elétrica, contribuindo no reconhecimento da cidade de Juiz de Fora, fundada em 1850, como Manchester Mineira”.

Também foi a primeira cidade da América do Sul a ter uma usina hidrelétrica de grande porte, em 1889. A energia alimentava a fábrica de Mascarenhas, mas o excedente da energia era destinado à iluminação pública.

Apesar de todo avanço tecnológico alcançado pela companhia durante os anos de atividade, não foi capaz de resistir aos impactos negativos das mudanças políticas e econômicas no Brasil. Neste contexto, a Companhia Têxtil Bernardo Mascarenhas encerrou suas atividades em janeiro de 1984, depois de 96 anos de funcionamento.

Entretanto, antes de finalizar suas atividades, a prefeitura da cidade tinha manifestado interesse na preservação do complexo, iniciando no ano de 1982, e, em 10 de janeiro de 1983, foi assinado o termo de tombamento. A compra das instalações do complexo pela prefeitura foi realizada entre os anos de 1983 a 1987, sendo totalmente restaurado para abrigar o Centro Cultural e o Mercado Municipal (MORATORI; BARBOSA. 2016).

Figura 33: Complexo Centro Cultural Bernardo Mascarenhas.



Fonte: Autor Adaptado de Tribuna de Minas (2020).

Segundo Moratori (2016), a simetria do CCBM está embasada em corpo central constituído de três pavimentos, com frontões retos com dupla arcada cega arrematando a composição em suas quatro faces que compõe seu coroamento e marcando o eixo de simetria, ladeado por extensas alas horizontais de dois pavimentos. No térreo abrem-se três vãos de portas, enquanto o segundo nível possui amplas janelas rasgadas por inteiro, com vergas retas, balcões protegidos por grades metálicas apoiadas sobre consoles ornamentados. As fachadas seguem um ritmo regular da sequência de vãos arqueados, com vedações de madeira e vidro, com bandeira fixa, caixilho tipo guilhotina na parte superior e veneziana na inferior, (vide figura 33).

Figura 34: Fachada do CCBM.

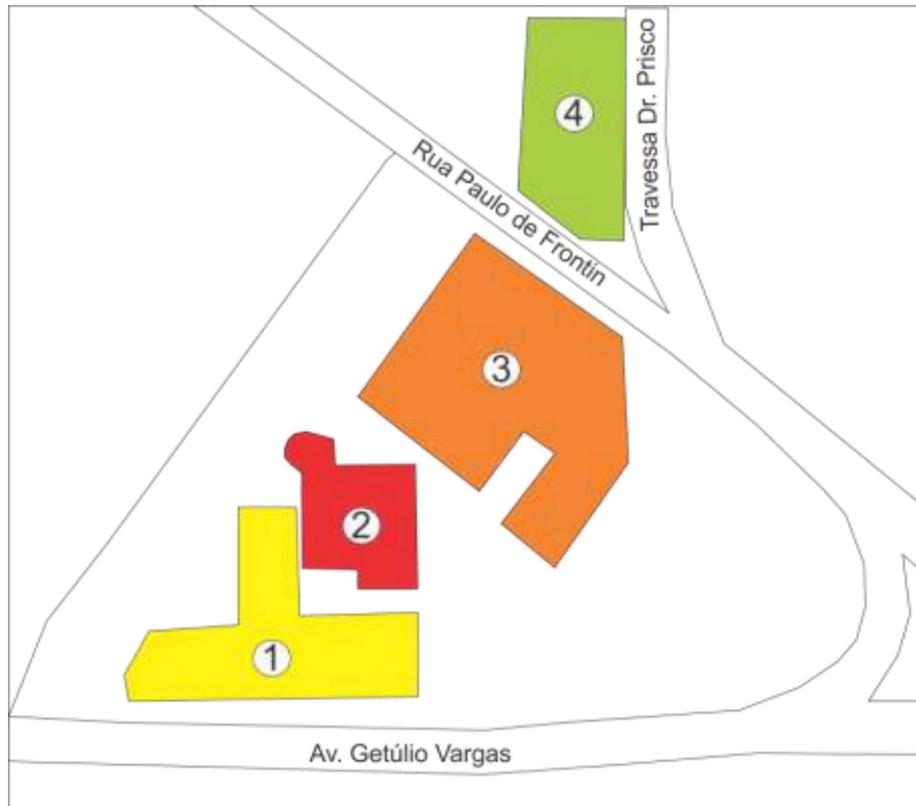


Fonte: Autor (2021).

Conforme Moratori, Paiva e Barbosa (2016, p. 196), as configurações e detalhes do complexo são detalhadas abaixo:

Todo o conjunto de edifícios tem cerca de 12.498 m², sendo que 11.233 m² são de área construída e 1.264 m² são áreas livres, tais como: estacionamento, áreas de carga e descarga, praças cívicas e áreas de circulação. Hoje, o Complexo Cultural Bernardo Mascarenhas (vide figura 34) é composto por quatro edificações: o Centro Cultural Bernardo Mascarenhas (CCBM) (1); a Biblioteca Municipal Murilo Mendes (2); o Mercado Municipal e a Secretaria Municipal de Educação (3); e o Centro de Educação Dr. Geraldo Moutinho de Jovens e Adultos (CEM) (4). (MORATORI, PAIVA, BARBOSA, 2016 p.196).

Figura 35: Situação das edificações do complexo Centro Cultural Bernardo Mascarenhas.



Fonte: Autor (2021).

4.3 Pontos de intervenções que passaram o conjunto do CCBM:

Ao pleitear o tombamento, além do objetivo de salvaguardar as edificações, era também proposta uma iniciativa de direcionar o uso para um museu municipal, que viria a narrar a trajetória industrial de Juiz de Fora. Entrava em choque com o destino que os proprietários do conjunto planejavam exercer, como por exemplo, a construção de um prédio para abrigar a sede da delegacia da Receita Federal naquele local (Dipac/PJF. Processo 3649/82) (MORATORI; PAIVA, 2016).

A partir do esvaziamento da função fabril e da representatividade das edificações no cenário municipal, a comunidade iniciou um processo no sentido de destinar o espaço para atividades culturais, nascendo assim, em 1983, o famoso

movimento social “Mascarenhas, meu amor!”, apoiado por expoentes das artes em Minas Gerais e no Brasil (PEREIRA, 2013; MORATORI; PAIVA, 2016).

Em 14 de setembro de 1985, foram contratados pela prefeitura quatro profissionais, que deram início ao processo de levantamento na edificação, e segundo o JTM (Jornal Tribuna de Minas), a prefeitura priorizaria as verbas públicas para que as obras acontecessem rapidamente. Em 1986, ficou a cargo do IPPLAN o processo de recuperação do imóvel, já o projeto funcional ficou a cargo da FUNALFA, que definiria o que o centro cultural comportaria. Porém a falta de recursos financeiros é colocada como empecilho de realizar as intervenções como um todo no CCBM, e o "sonho é substituído pela opção viável”. A condição provisória no funcionamento do espaço é levada por quase uma década. Já em 30 de outubro de 1997, o JTM anuncia as condições insatisfatórias do espaço cultural para atendimento ao público, o que levou ao fechamento das suas portas para uma reforma que propiciaria uma maior integração da comunidade com o espaço cultural (MORATORI, PAIVA, 2016).

Sobre o consumo energético do CCBM, Moratori e Barbosa (2016) afirmam que:

O edifício tem um sistema de ar condicionado ineficiente, comprometendo o *conforto térmico* e onerando os custos com energia, bem como as iluminações zenitais, estilo *shed* e lanternim, que recebem raios solares diretamente, provocando aquecimento do ambiente. Nota-se a necessidade de adicionar sistemas de proteção solar nos períodos de maior incidência do sol, reduzindo gastos energéticos e promovendo ao edifício maior conforto interno sem recorrer a dispositivos mecânicos. O edifício tem em sua cobertura dois tipos de telhas: cerâmica e telha metálica trapezoidal, a última, por não ser termoacústica, não reduz o aquecimento interno contribuindo para o aumento da temperatura interna da edificação. Como o edifício foi projetado antes de Juiz de Fora possuir energia elétrica, as aberturas e constituição dos elementos arquitetônicos se deram em função de uma maior captação de entrada da luz e ventilação naturais, como várias janelas nas fachadas em todos os pavimentos, bem como entradas de luz zenital, com *shed's* e lanternim, que mantém os ambientes bem iluminados. Sendo assim, dentro dos horários de luz solar abundante, não há carência que gere necessidade de iluminação elétrica em grande quantidade, o que em aspecto de uma iluminação geral, torna a edificação eficiente. Porém, essa iluminação natural combinada à genérica iluminação artificial, se tornam negativas quando analisamos as necessidades (MORATORI, BARBOSA, 2016, p.04).

Desta forma, fica evidente que por mais que essas aberturas sejam significativas para a iluminação do espaço interno e gerem uma economia de energia, o excesso de luz

proporciona um aquecimento interno do ambiente, sendo assim, o interessante seria alinhar a pesquisa de *retrofit* de iluminação com uma possível pesquisa futura sobre proteções em envoltória de edifícios históricos, para ter um sistema de eficiência energética mais completo.

4.4 O Mercado Municipal:

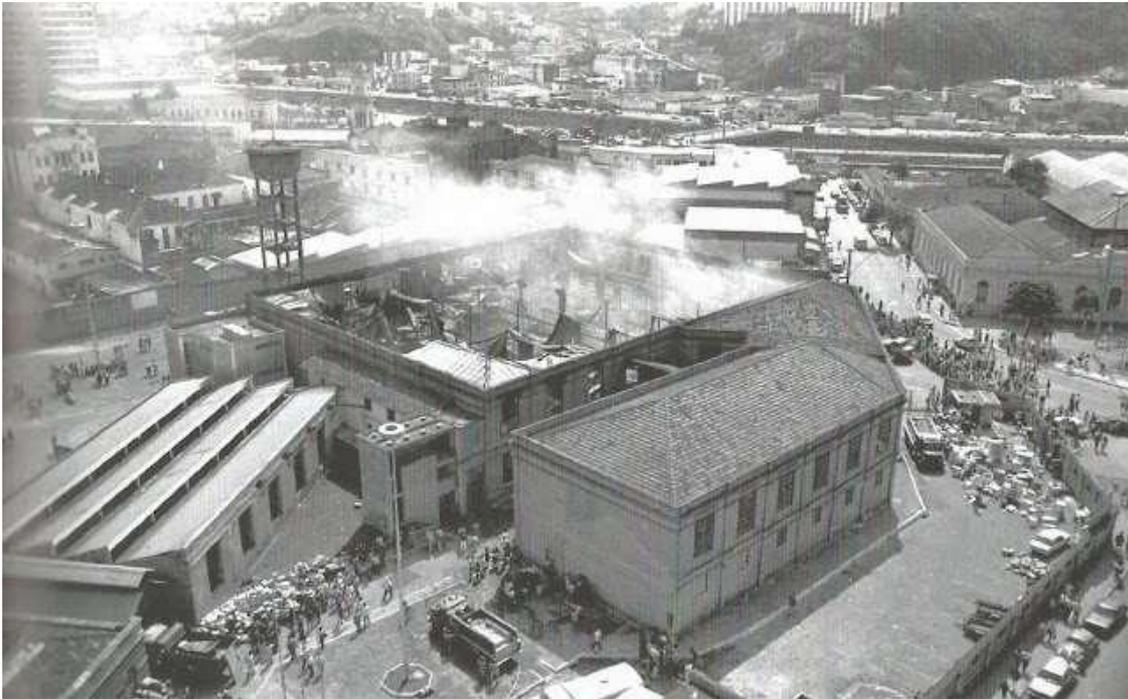
A edificação com construção datada de 1920 como função de galpão de apoio da fábrica passou a ter a função de comércio, sendo sede do Mercado Municipal, contando com espaço de entretenimento, o “Bar da Fábrica”, que fomenta a atividade noturna no complexo. Com dois pavimentos, o bloco segue a mesma orientação construtiva com tijolos maciços aparentes e ornamentação no entablamento intermediário e superior em ziguezague, reentrantes e salientes (FUNALFA, 2015; MORATORI; PAIVA, 2016).

O processo de restauro aconteceu junto com a área destinada ao CCBM, sendo os primeiros meses usados nos levantamentos, projetos e reestruturação do imóvel, com a participação popular efetiva através da comunicação da gestão municipal com a sociedade, como em convocação pública no JTM de 27 de julho de 1985, que convida toda a sociedade civil pública a participar da política de utilização da antiga fábrica, ou, como em matéria de 14 de agosto do mesmo ano, os interessados em conhecer e discutir o projeto de restauração do futuro Mercado Municipal são convocados à sede do IPPLAN (MORATORI; PAIVA, 2016).

No JTM de 13 de setembro de 1986, a recuperação do Mercado Municipal é narrada e são divulgadas as consultas feitas a cerca de 200 produtores locais, assim como a entidades de lojistas, sobre as expectativas deles em relação às decisões tomadas nos projetos. A prefeitura, que sempre apoiou a salvaguarda do CBM, manteve em sua postura a tentativa de inserção do Mercado Municipal compartilhando as edificações com o espaço cultural, ideia que ganhou força e apoio, e, apesar de bem sucedida, poucos anos após a inauguração ocorreu um incêndio que destruiu o Mercado Municipal internamente (ALMEIDA 2012; MORATORI; PAIVA, 2016).

Em 04 de fevereiro de 1993, o JTM narrou à situação dos lojistas que trabalhavam no espaço que fora destruído. Em locação provisória, eles relataram perda de metade das vendas e condições de trabalho insustentáveis. Na matéria de 11 de fevereiro de 1993, foi narrada a conclusão do projeto preliminar de reconstrução do Mercado após o incêndio de 1991 (vide figura 35).

Figura 36: Incêndio no Mercado Municipal em 1991.



Fonte: Mauricio resgatando o passado (2022).

Houve a viabilidade do aproveitamento das colunas metálicas internas de sustentação, das esquadrias de fechamento, janelas e portas, além da alvenaria de tijolos maciços, que proporcionou a possibilidade de manutenção de características originais da edificação. Ainda nessa reportagem, o Diretor do IPPHAN, Marcos Kopschitz, levanta a questão do uso do imóvel como mercado, e das características específicas espaciais e de conforto ambiental que esse uso exige como ventilação e iluminação. Pode-se pontuar com isso que foram adotadas adaptações técnicas necessárias às exigências relacionadas à conservação e comercialização de produtos alimentícios, que são demandas diferentes das quais a construção original foi elaborada para atender. Em 1995, o Mercado Municipal voltou a funcionar de maneira improvisada, e assim permaneceu até que, em 2000, quando foi reformado completamente e reinaugurado, foi comportando na edificação, no segundo pavimento, uso público da sede da Secretaria de Educação a nível municipal, onde são locados os profissionais de seis diferentes departamentos, o centro de qualificação de professores e ainda os gabinetes executivos (MORATORI; PAIVA, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Neste capítulo serão abordados os resultados obtidos através das simulações do *software sketchup*, usado para a simulação da incidência de luz e sombreamento nas edificações, e o *software* que foi usado para a simulação do *retrofit* de iluminação nas edificações foi o *Dialux*. Para as simulações da incidência de luz e sombreamento foi preciso ser feito antes o estudo sobre o clima, a localização e a geometria solar, para a inserção correta dos dados, de modo que a simulação correspondesse de forma fiel as condições geográficas reais do espaço urbano e arquitetônico.

Para a simulação de iluminação nas edificações, foi preciso fazer antes um levantamento das lâmpadas e luminárias presentes nos ambientes internos, foi preciso verificar quais eram os sistemas de iluminação utilizados e as condições dos de conforto dos usuários. O capítulo ainda descreve em forma de tabela os resultados do levantamento e da simulação para cada ambiente, desta forma podendo facilitar na comparação do antes e depois da proposta.

Sendo assim, a importância deste capítulo é fundamental para o entendimento da proposta da pesquisa. A aplicabilidade de novas lâmpadas foi fundamental para proporcionar resultados satisfatórios e incentivar a prática de *retrofits* em sistemas obsoletos.

5.1 Clima, Localização e Geometria Solar:

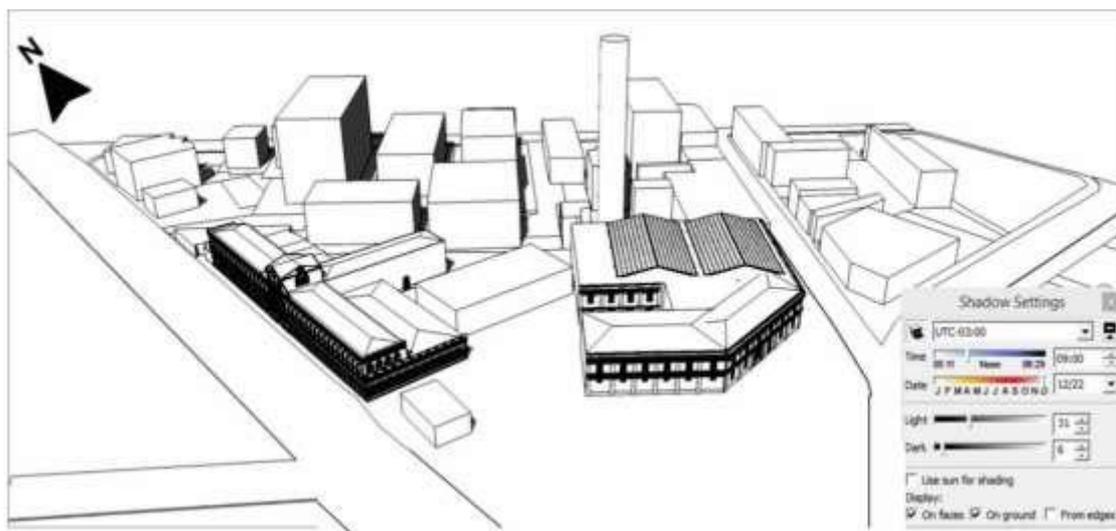
As edificações estão localizadas na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais, cujo clima (Cwa, segundo Koeppen) é classificado como clima Tropical de Altitude, com dois períodos distintos, um mais quente e chuvoso e um menos quente e mais seco, Zona Z3 no zoneamento bioclimático Brasileiro (NBR 15220). Os edifícios estão implantados no Sudeste do Estado de Minas Gerais; Mesorregião Geográfica da Zona da Mata Mineira; Microrregião 065, latitude 21° 41' 20" Sul (Estação climatológica da UFJF), longitude, 43° 20' 40" Oeste (Estação climatológica da UFJF) (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 2022).

Com os dados de latitude e longitude foi possível estabelecer o estudo solar das edificações através do programa *Sketchup*, para estimular a incidência de luz nas edificações, sendo assim, foram estabelecidas duas estações do ano, verão e inverno,

com três horários distintos, 09h00min, 13h00min e 17h00min, para cada estação (vide figuras 37, 38, 39, 40 e 41).

Diante das imagens simuladas para o estudo solar de verão, é possível determinar que os horários de maior insolação nas fachadas do CCBM e do Mercado Municipal ocorrem no período de 09h00min a 13h00min, não apresentando índice de sombra nas fachadas dos edifícios de acordo com a figura 37.

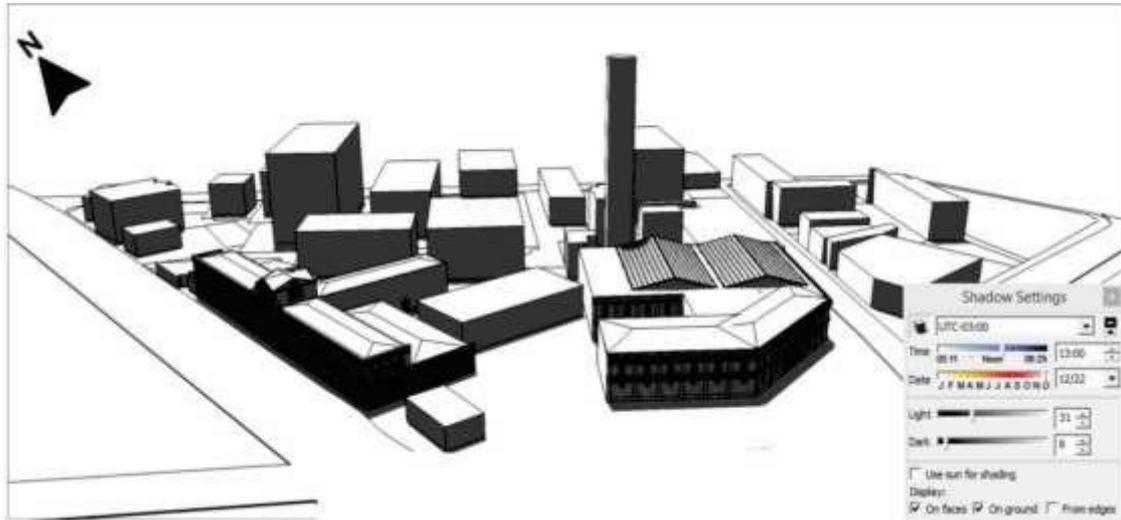
Figura 37: Estudo solar no verão, horário 09h00min.



Fonte: Autor (2022).

A figura 38 apresenta sinais de sombreamento nas fachadas, sendo representadas por tons de cinza mais escuro, mas em contrapartida, neste horário de 13h00min as 17h00min é o de maior intensidade solar nas coberturas, o que gera um maior aquecimento interno para as edificações.

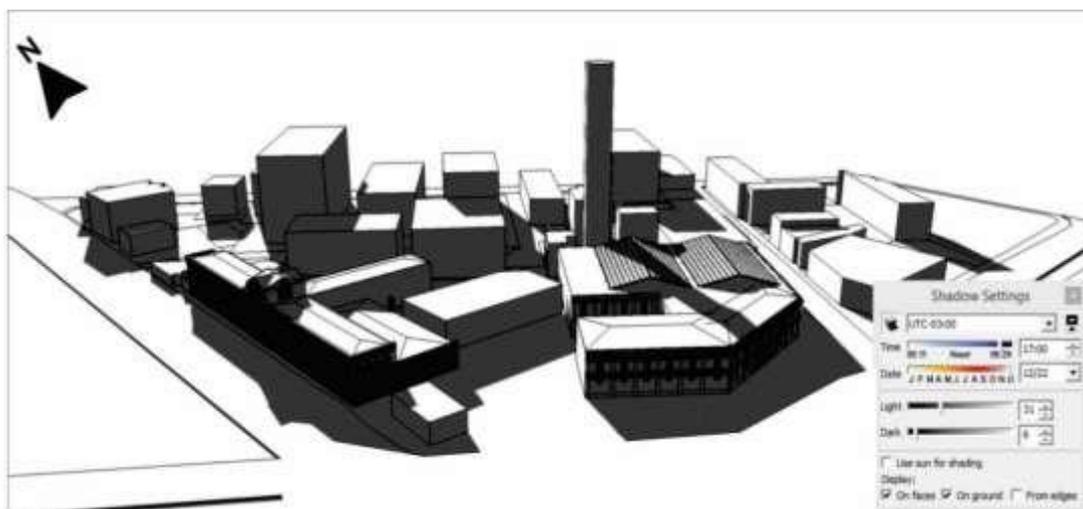
Figura 38: Estudo solar no verão, horário 13h00min.



Fonte: Autor (2022).

Já na figura 39, que estabelece o horário de 17h00min, fica evidente a maior intensidade de sombreamento nas fachadas das edificações, porém, as coberturas ainda recebem uma carga de insolação durante este período.

Figura 39: Estudo solar no verão, horário 17h00min.

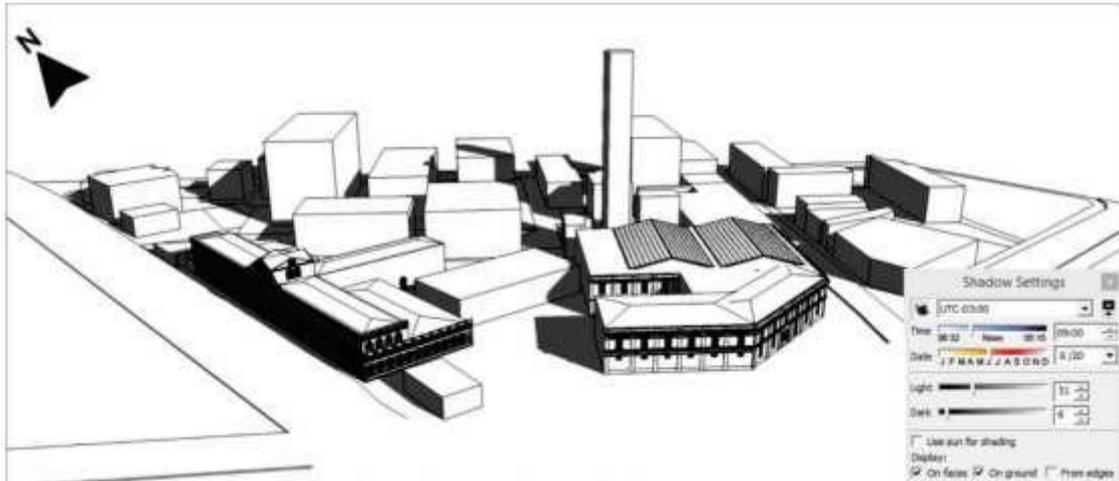


Fonte: Autor (2022).

A figura 40 simula o horário de 09h00min no período de inverno. Diante da figura é possível verificar que as fachadas Oeste das edificações são as que recebem maiores incidências de sombras durante o período de 09h00min a 13h00min, porém,

como as fachadas principais do Mercado Municipal seguem a orientação Leste e Sul, acaba recebendo insolação durante este período, o que não acontece com o CCBM, que recebe insolação neste horário apenas na fachada lateral em orientação Sul.

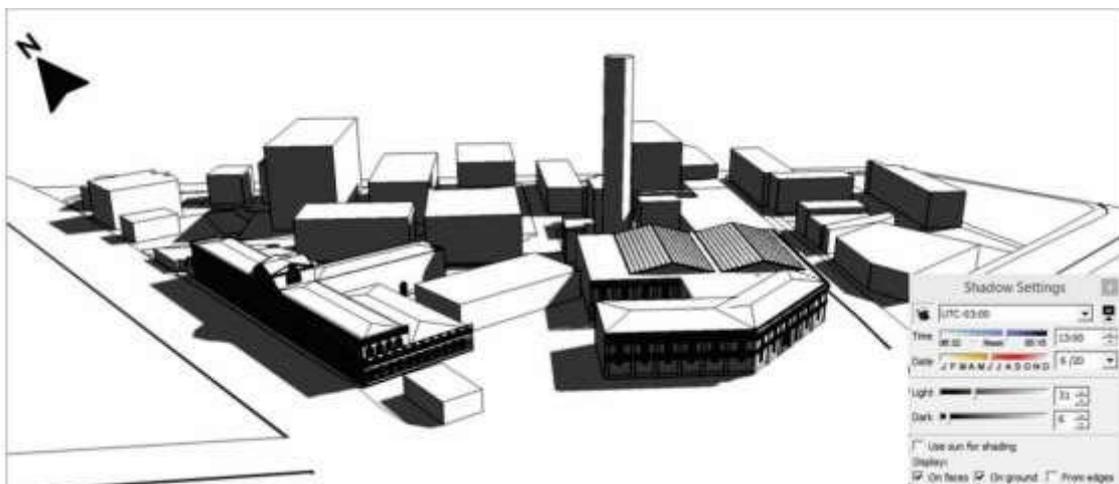
Figura 40: Estudo solar no inverno, horário 09h00min.



Fonte: Autor (2022).

Na figura 41, durante o horário de 13h00min as 17h00min é possível verificar que a fachada sul do Mercado Municipal já recebe sombreamento, o que não acontece com a mesma fachada do CCBM. Devido à implantação diferenciada das edificações, observa-se também que a intensidade de sombreamento nas fachadas aumenta referente ao horário das 09h00min.

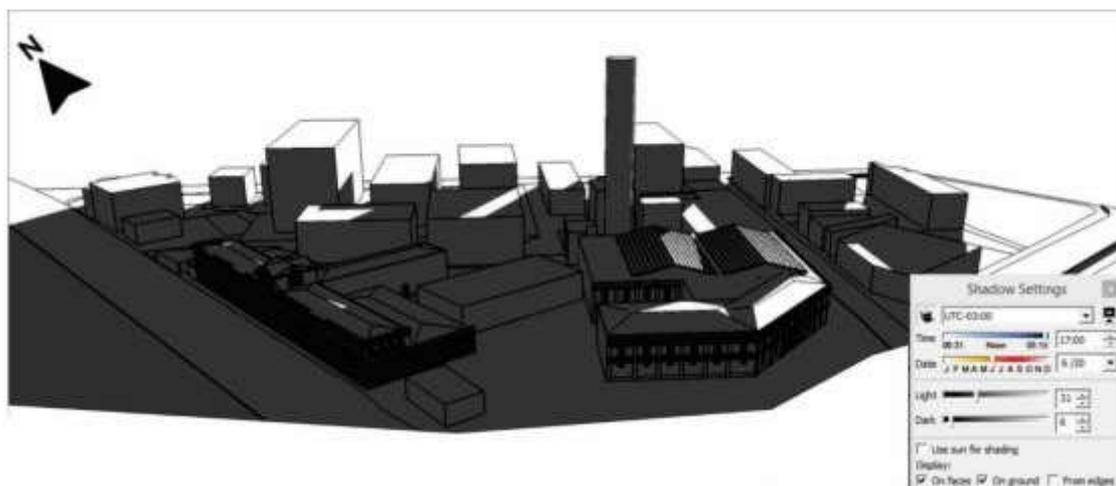
Figura 41: Estudo solar no inverno, horário 13h00min.



Fonte: Autor (2022).

A figura 42 estabelece a simulação para o horário de 17h00min, no inverno, que é o período em que praticamente todo o terreno é encoberto pela sombra, com pequenos pontos de insolação na cobertura das edificações. Sendo assim, é o período em que gera um menor aquecimento interno para as edificações.

Figura 42: Estudo solar no inverno, horário 17h00min.



Fonte: Autor (2022).

5.2 Resultados da simulação no CCBM e Mercado Municipal:

Abaixo serão mostrados os resultados obtidos diante dos levantamentos e entradas de dados para o *software Dialux*.

I) Centro Cultural Bernardo Mascarenhas:

A simulação Atual do Centro Cultural Bernardo Mascarenhas apresentou resultados comparativos em alguns ambientes muito acima do exigido pela norma (NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013)). Assim, foi necessário estabelecer o resultado próximo do indicado pela norma (NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013)), para cada tipo de ambiente. Vale ressaltar que havia muitas lâmpadas de multivapores metálicos de 250 W no local, que geralmente não são recomendadas ou muito comuns na iluminação de ambientes internos. Ambientes com cerca de 900 lux, como ficaram algumas simulações do atual (muitas vezes pelo auxílio de luz natural dentro do ambiente que fez

aumentar a quantidade de lux), são indicados somente para locais com atividade muito detalhada (como montagens precisas ou manipulação de instrumentos delicados). Desta forma a medição da iluminância média no local estava acima da exigida pela norma.

Sendo assim, não é o caso desses locais, de acordo com o levantamento proposto. Houve também dois locais nos quais foram necessários instalar mais luminárias que o atual, mas, mesmo assim, houve redução de consumo de energia. O aumento de luminárias foi para atender a uniformidade, pois eram poucas luminárias para o tamanho do ambiente, o que deixava as extremidades pouco iluminadas, (vide tabelas 06 e 07) e as figuras das plantas 43 e 44.

Tabela 06: Resultados do levantamento das lâmpadas e luminárias no local para o CCBM.

Simulação	Setor	Ambiente	Luminárias	Lâmp. por luminária	Total	Luminária	Lâmpada	Potência (W)	Tecnologia Proposta	Potência Proposta (W)	Qntd Proposta
0	Primeiro pavimento	Administração	4	1	4	Difusor	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	100	igual atual
1	Primeiro pavimento	Banheiro	1	1	1	Arandela	Fluorescente Compacta	25	Bulbo LED	20	igual atual
2	Primeiro pavimento	Circulação 1	1	1	1	Difusor	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	40	2
3	Primeiro pavimento	Copa	1	2	2	Chanfrada	Fluorescente Tubular	16	Tubular LED	8,5	igual atual
4	Primeiro pavimento	Almoxarifado	1	2	2	Chanfrada	Fluorescente Tubular	16	Tubular LED	8,5	igual atual
5	Primeiro pavimento	Reserva técnica (depósito)	2	2	4	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	17	igual atual
6	Primeiro pavimento	Sala de exposição 2	4	1	4	Difusor	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	100	igual atual
7	Primeiro pavimento	Sala de exposição 1	5	1	5	Difusor	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	100	igual atual
8	Primeiro pavimento	Circulação 2	3	1	3	Difusor	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	40	igual atual
8	Primeiro pavimento	Circulação 2	4	1	4	Arandela	Fluorescente Compacta	25	Bulbo LED	12	igual atual
9	Primeiro pavimento	Camarmim pequeno	1	2	2	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	17	igual atual
10	Primeiro pavimento	Elétrica	1	2	2	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	17	igual atual
11	Primeiro pavimento	Banheiro	1	1	1	Arandela	Fluorescente Compacta	25	Bulbo LED	20	igual atual
12	Primeiro pavimento	Teatro	4	2	8	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	17	igual atual
12	Primeiro pavimento	Teatro	2	1	2	Difusor	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	100	igual atual
12	Primeiro pavimento	Teatro	4	2	8	Chanfrada	Fluorescente Tubular	16	Tubular LED	8,5	igual atual
13	Primeiro pavimento	Camarmim	2	2	4	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	17	igual atual
14	Primeiro pavimento	Teatro - Banheiro feminino	1	2	2	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	17	igual atual
15	Primeiro pavimento	Teatro - Banheiro masculino	1	2	2	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	17	igual atual

16	Primeiro pavimento	Circulação 3	2	2	4	Chanfrada	Fluorescente Tubular	16	Tubular LED	8,5	igual atual
17	Primeiro pavimento	Circulação 4	14	1	14	Difusor	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	40	igual atual
18	Primeiro pavimento	Desenho	2	1	2	Plafon	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	100	igual atual
19	Primeiro pavimento	Cerâmica	4	1	4	Difusor	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	100	igual atual
20	Primeiro pavimento	Gravura	4	1	4	Plafon	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	100	igual atual
21	Primeiro pavimento	Pintura	4	1	4	Plafon	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	100	igual atual
22	Primeiro pavimento	Sala livre	2	1	2	Plafon	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	100	igual atual
23	Segundo pavimento	Arte contemporânea	12	1	12	Plafon	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	100	igual atual
24	Segundo pavimento	Banheiro masculino	1	2	2	Chanfrada	Fluorescente Tubular	16	Tubular LED	8,5	igual atual
24	Segundo pavimento	Banheiro masculino	2	1	2	Plafon	Fluorescente Compacta	25	Bulbo LED	20	igual atual
25	Segundo pavimento	Banheiro feminino	1	2	2	Chanfrada	Fluorescente Tubular	16	Tubular LED	8,5	igual atual
25	Segundo pavimento	Banheiro feminino	2	1	2	Plafon	Fluorescente Compacta	25	Bulbo LED	20	igual atual
26	Segundo pavimento	Hall 1	4	1	4	Difusor	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	100	igual atual
27	Segundo pavimento	Hall 2	2	1	2	Difusor	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	100	igual atual
28	Segundo pavimento	Videoteca	14	1	14	Spot	Halógena	50	Spot LED	9	igual atual
28	Segundo pavimento	Videoteca	8	1	8	Chanfrada	Fluorescente Tubular	16	Tubular LED	8,5	igual atual
29	Segundo pavimento	Sala 1	2	1	2	Plafon	Fluorescente Compacta	25	Bulbo LED	20	igual atual
30	Segundo pavimento	Depósito	2	1	2	Difusor	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	40	igual atual
31	Segundo pavimento	Sala 2	2	1	2	Difusor	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	40	igual atual
32	Segundo pavimento	Corredor 1	1	1	1	Difusor	Vapor Metálico	250	Bulbo LED	20	4

Fonte: Autor (2022).

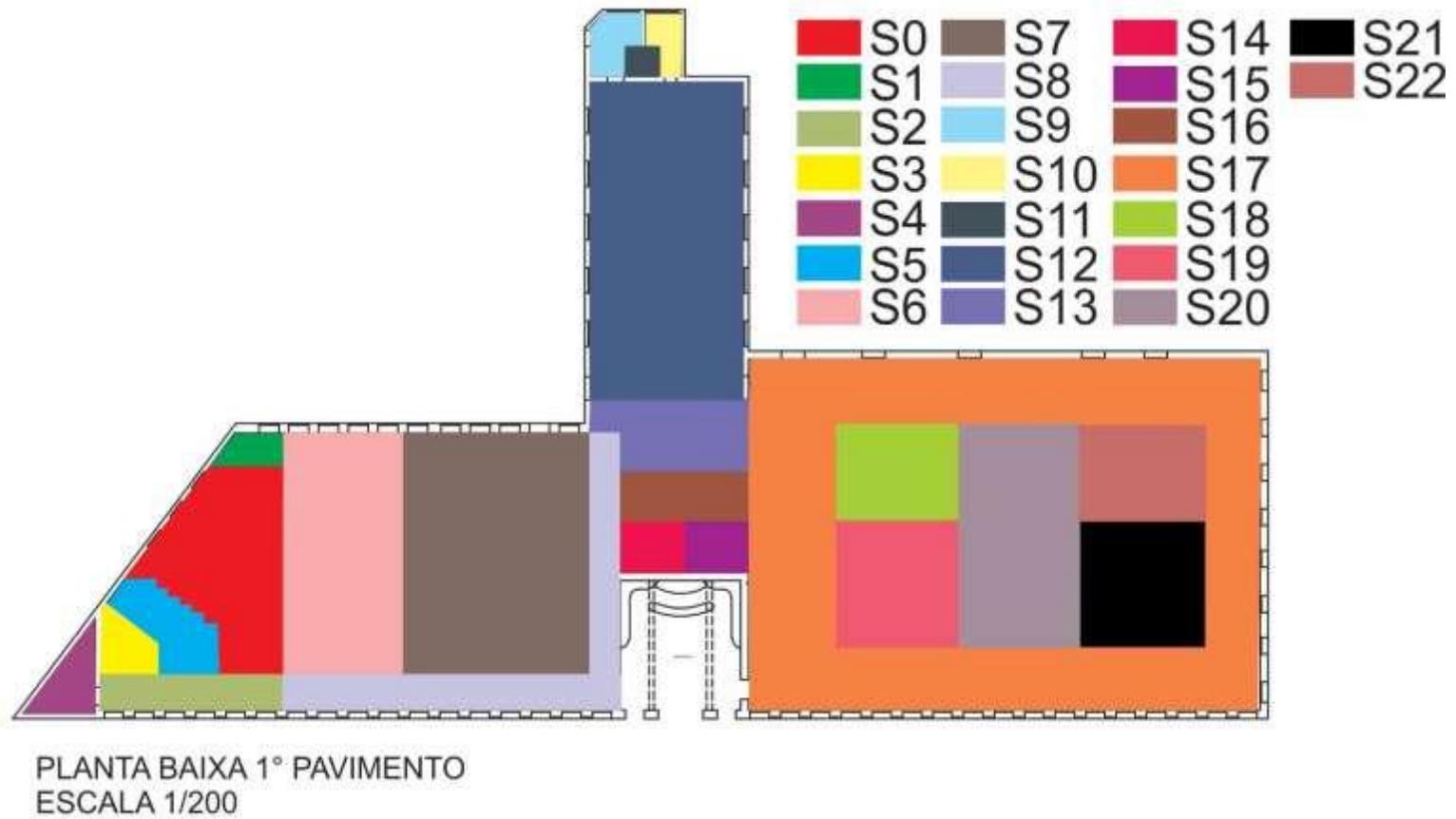
Tabela 07: Resultados da Simulação *Dialux* obtida por meio de medição no local para o CCBM.

Ambiente	Referência Norma	Iluminância Norma (lux)	Iluminância Atual (lux)	Iluminância Proposta (lux)	Uniformidade Atual (Emin/Emed)	Uniformidade Proposta (Emin/Emed)
Primeiro pavimento- administração	22. Escritórios (escrever, teclado etc)	500	890	530	0,55	0,73
Primeiro pavimento - banheiro	1. Áreas gerais (banheiros)	200	193	243	0,62	0,76
Primeiro pavimento - circulação 1	1. Áreas gerais (corredores)	100	374	210	0,34	0,64
Primeiro pavimento - copa	1. Áreas gerais (refeitório)	200	193	232	0,70	0,71
Primeiro pavimento - almoxarifado	1. Áreas gerais (depósito)	100	88	106	0,73	0,71
Primeiro pavimento - reserva técnica (depósito)	1. Áreas gerais (depósito)	100	187	205	0,82	0,82
Primeiro pavimento - sala de exposição 2	25. Locais de entretenimento (multiuso)	300	618	341	0,55	0,73
Primeiro pavimento - sala de exposição 1	25. Locais de entretenimento (multiuso)	300	573	322	0,54	0,67
Primeiro pavimento - circulação 2	1. Áreas gerais (corredores)	100	472	145	0,32	0,62
Primeiro pavimento - camarim pequeno	25. Locais de entretenimento (camarim)	300	282	308	0,73	0,71
Primeiro pavimento - elétrica	7. Indústria elétrica (bobinagem)	300	348	379	0,64	0,66
Primeiro pavimento - anexo camarim pequeno (banheiro)	1. Áreas gerais (banheiros)	200	220	239	0,55	0,69
Primeiro pavimento - teatro	25. Locais de entretenimento (teatro)	200	312	205	0,37	0,61
Primeiro pavimento - camarim (banheiro)	1. Áreas gerais (banheiros)	200	243	266	0,63	0,65
Primeiro pavimento - banheiro feminino	1. Áreas gerais (banheiros)	200	243	266	0,70	0,70
Primeiro pavimento - banheiro masculino	1. Áreas gerais (banheiros)	200	262	256	0,78	0,78
Primeiro pavimento - circulação 3	1. Áreas gerais (corredores)	100	93	112	0,59	0,60
Primeiro pavimento - circulação 4	1. Áreas gerais (corredores)	100	502	139	0,46	0,31
Primeiro pavimento - desenho	22. Escritórios (escrever, teclado etc)	500	880	502	0,52	0,71
Primeiro pavimento - cerâmica	22. Escritórios (escrever, teclado etc)	500	900	538	0,72	0,86
Primeiro pavimento - gravura	22. Escritórios (escrever, teclado etc)	500	976	518	0,73	0,88

Primeiro pavimento - pintura	22. Escritórios (escrever, teclar etc)	500	911	543	0,74	0,88
Primeiro pavimento – Sala livre	22. Escritórios (escrever, teclar etc)	500	889	501	0,51	0,68
Segundo pavimento - arte contemporânea	25. Locais de entretenimento (multiuso)	300	501	307	0,59	0,75
Segundo pavimento - banheiro masculino	1. Áreas gerais (banheiros)	200	230	263	0,74	0,71
Segundo pavimento - banheiro feminino	1. Áreas gerais (banheiros)	200	223	255	0,71	0,71
Segundo pavimento - hall 1	1. Áreas gerais (saguão de entrada)	100	463	228	0,59	0,80
Segundo pavimento - hall 2	1. Áreas gerais (saguão de entrada)	100	417	203	0,55	0,72
Segundo pavimento - videoteca	25. Locais de entretenimento (teatro)	200	73	204	0,69	0,66
Segundo pavimento - sala 1	1. Áreas gerais (depósitos)	100	108	129	0,56	0,64
Segundo pavimento - depósito	1. Áreas gerais (depósitos)	100	460	117	0,51	0,64
Segundo pavimento - sala 2	1. Áreas gerais (depósitos)	100	512	127	0,52	0,63
Segundo pavimento - corredor 1	1. Áreas gerais (corredores)	100	193	115	0,07	0,73

Fonte: Autor (2022).

Figura 43: Planta baixa primeiro pavimento CCBM.



Fonte: Autor (2022).

Figura 44: Planta baixa segundo pavimento CCBM.



Fonte: Autor (2022).

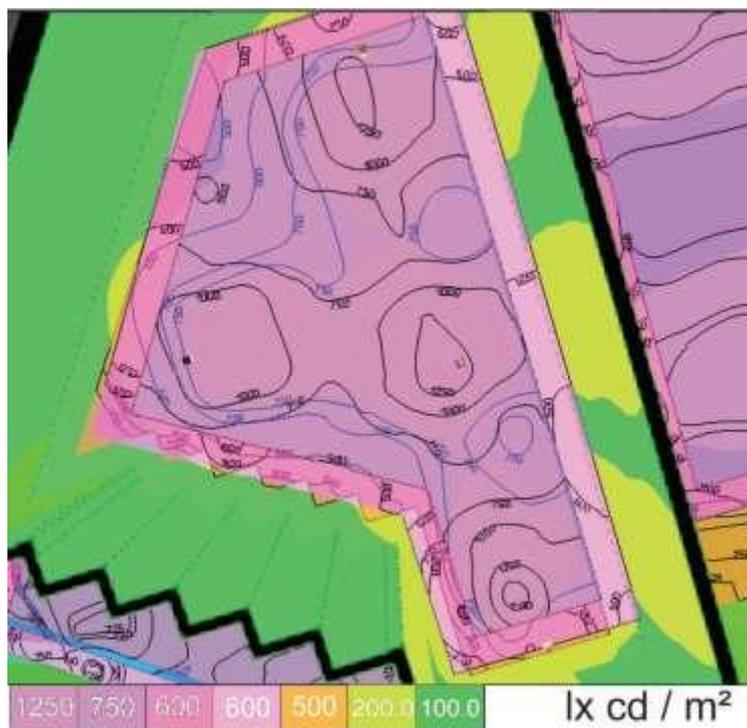
De acordo com as tabelas de resultados e com as plantas baixas, o ambiente S0, denominado como primeiro pavimento administração, com luminárias difusoras, foi proposta a troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 100 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 500 lux sendo que a iluminância atual foi medida com 890 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 530 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,55 Emin/Emed (iluminância mínima dividida pela iluminância média) passou para 0,73 Emin/Emed. (vide tabela 06, 07) e figuras 43, 45, 46 e 47.

Figura 45: Ambiente primeiro pavimento administração S0.



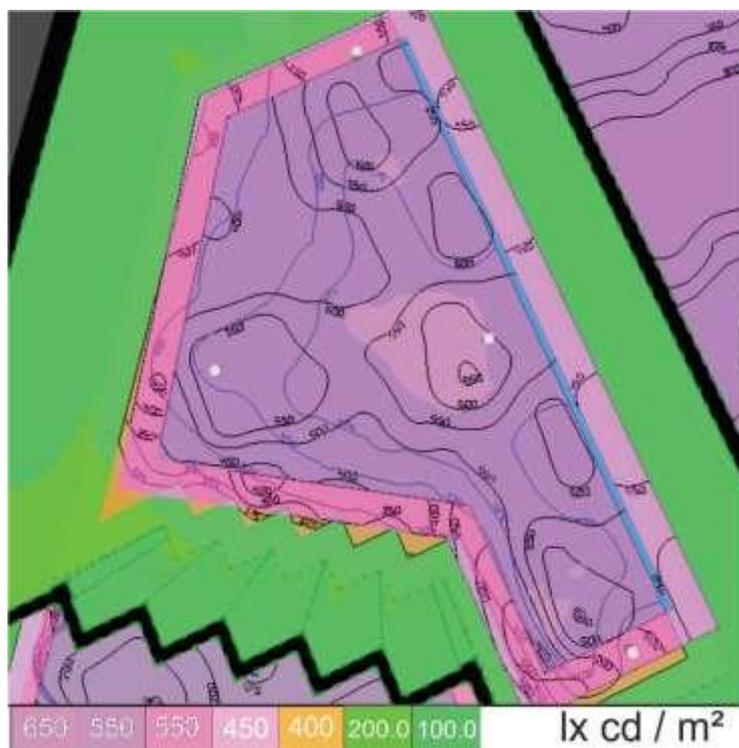
Fonte: Autor (2022).

Figura 46: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento administração S0 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 47: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento administração S0 proposto.



Fonte: Autor (2022).

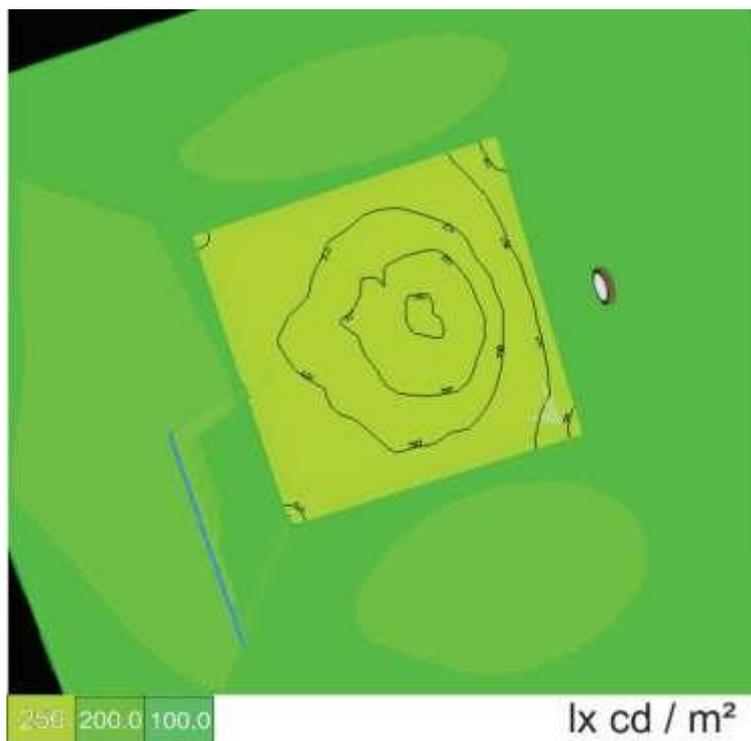
No ambiente S1, denominado como primeiro pavimento banheiro, com luminárias do tipo arandela, foi proposta a troca das lâmpadas fluorescentes compactas com a potência de 25 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 100 w. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 200 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 193 lux. A iluminância proposta pela simulação ficou em 243 lux. O índice de uniformidade, que no estado atual era de 0,62 Emin/Emed, passou para 0,76 Emin/Emed. (vide tabela 06, 07) e figuras 43, 48, 49 e 50.

Figura 48: Ambiente primeiro pavimento banheiro S1.



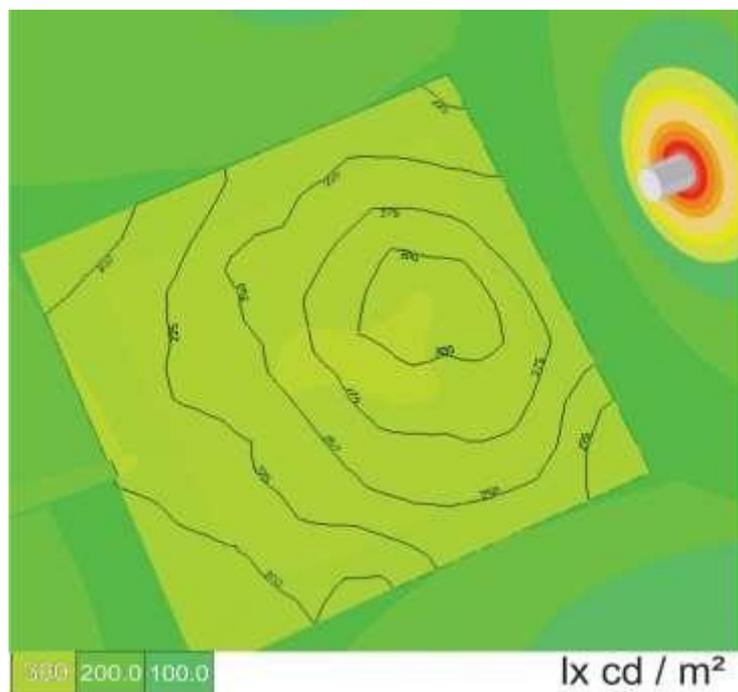
Fonte: Autor (2022).

Figura 49: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento banheiro S1 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 50: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento banheiro S1 proposto.



Fonte: Autor (2022).

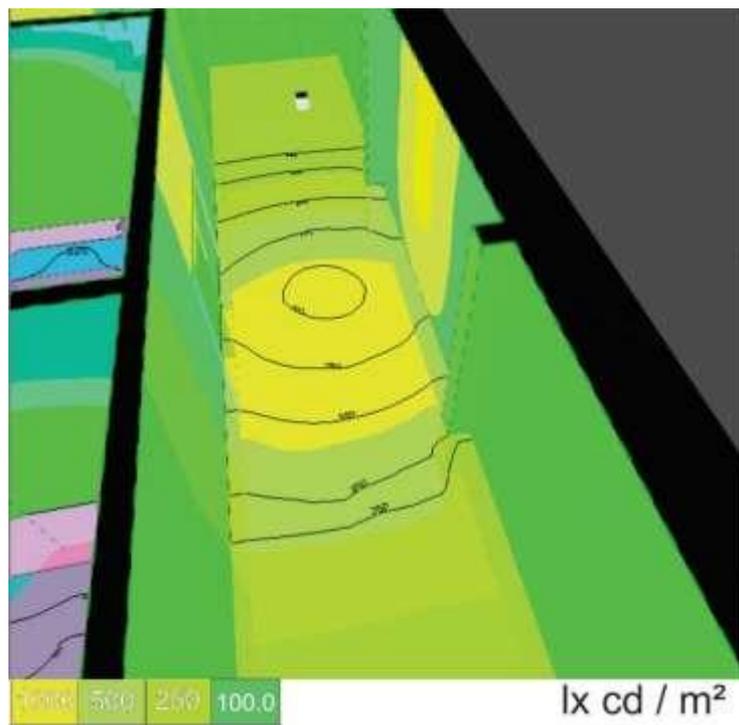
O ambiente S2, denominado como primeiro pavimento circulação 1, com luminárias difusoras foi proposta a troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 40 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 374 lux, e a iluminância proposta pela simulação ficou em 210 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,34 Emin/Emed, passou para 0,64 Emin/Emed. (vide tabela 06, 07) e figuras, 43, 51, 52 e 53.

Figura 51: Ambiente primeiro pavimento circulação 1 S2.



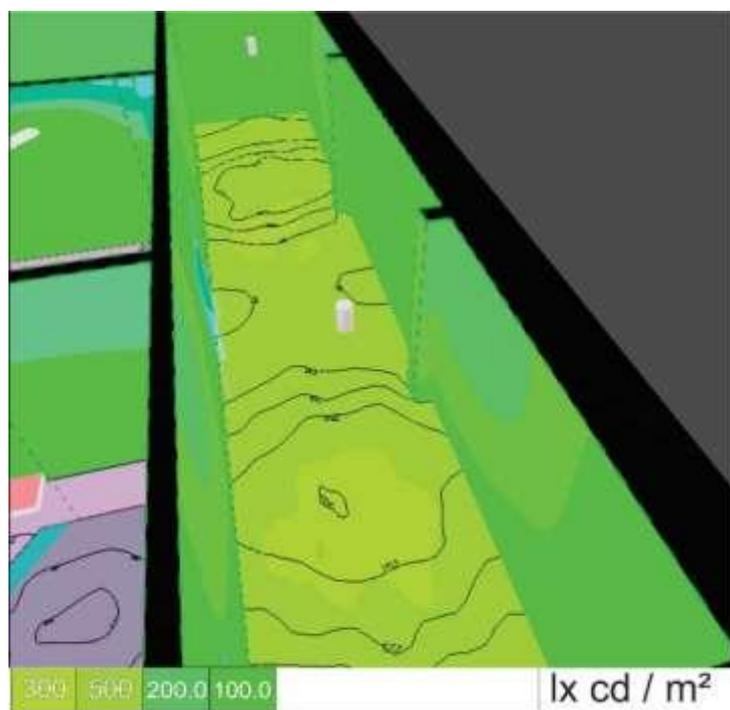
Fonte: Autor (2022).

Figura 52: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento circulação 1 S2 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 53: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento circulação 1 S2 proposto.



Fonte: Autor (2022).

No ambiente S3, denominado como primeiro pavimento copa, com luminárias chanfradas, foi proposta à troca das lâmpadas fluorescentes tubulares com a potência de 16 W por lâmpadas tubulares LED com potência de 8,5 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 200 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 193 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 232 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,70 Emin/Emed, passou para 0,71 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras 43, 54, 55 e 56.

Figura 54: Ambiente primeiro pavimento copa S3.



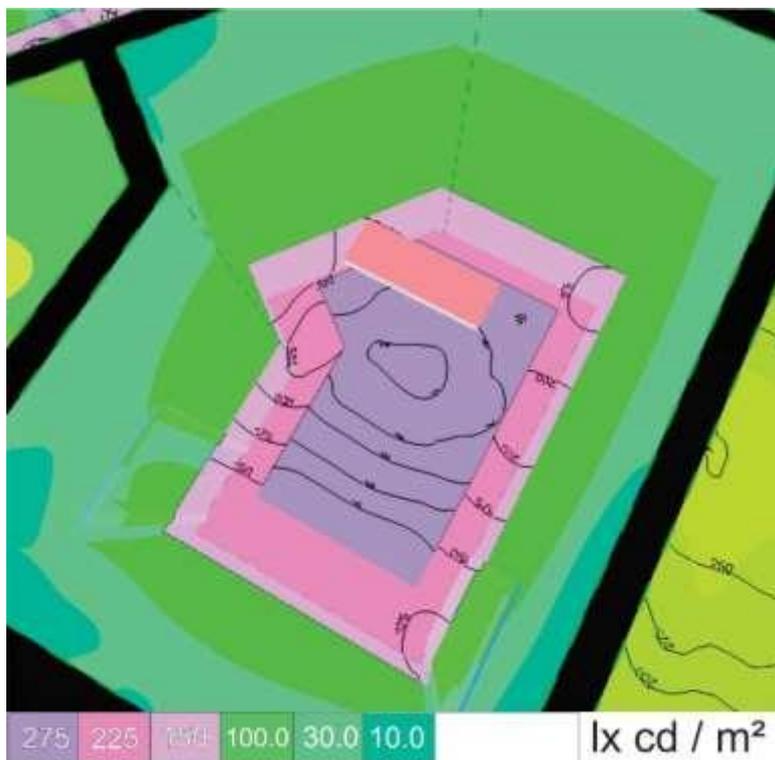
Fonte: Autor (2022).

Figura 55: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento copa S3 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 56: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento copa S3 proposto.



Fonte: Autor (2022).

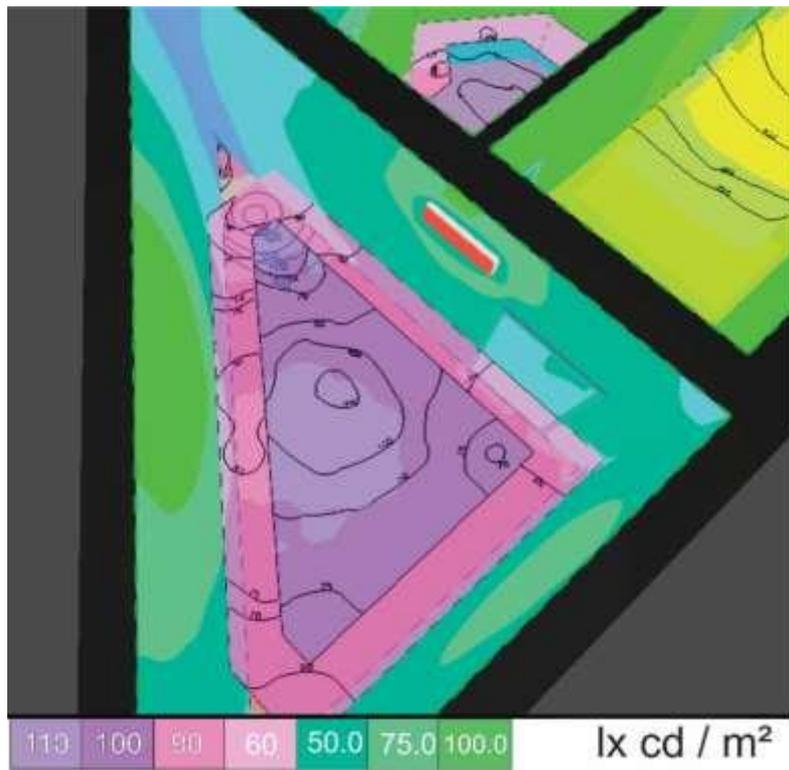
No ambiente S4, denominado como primeiro pavimento almoxarifado, com luminárias chanfradas, foi proposta a troca das lâmpadas fluorescentes tubulares com a potência de 16 W por lâmpadas tubulares LED com potência de 8,5 W, a iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 88 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 106 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,73 Emin/Emed, passou para 0,71 Emin/Emed. (vide tabela 06, 07) e figuras 43, 57, 58 e 59.

Figura 57: Ambiente primeiro pavimento almoxarifado S4.



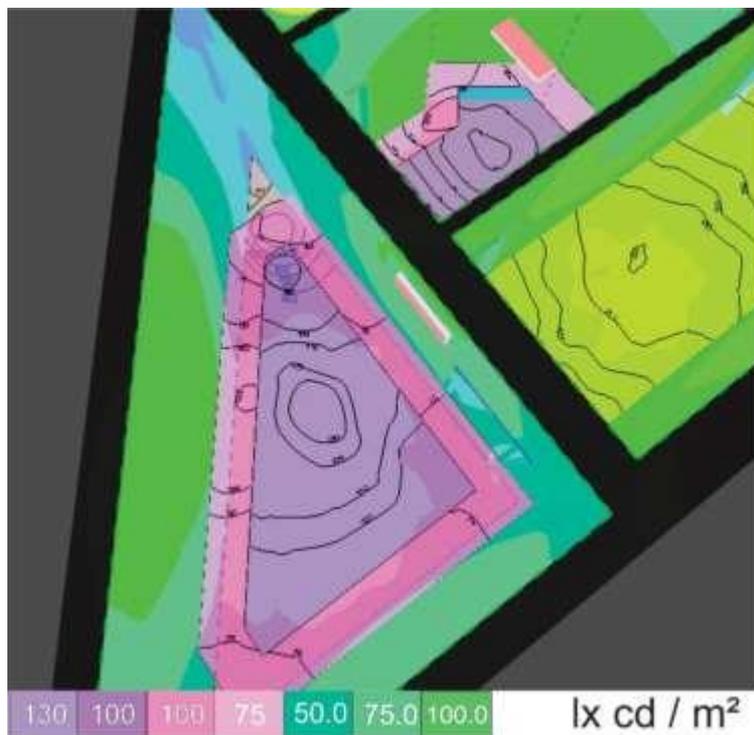
Fonte: Autor (2022).

Figura 58: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento alboxarifado S4 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 59: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento alboxarifado S4 proposto.



Fonte: Autor (2022).

No ambiente S5, denominado como primeiro pavimento reserva técnica, com luminárias chanfradas, foi proposta à troca das lâmpadas fluorescentes tubulares com a potência de 32 W por lâmpadas tubulares LED com potência de 17 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 187 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 205 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,82 Emin/Emed manteve-se com 0,82 Emin/Emed. (vide tabela 06, 07) e figuras 43, 60, 61 e 62.

Figura 60: Ambiente primeiro pavimento reserva técnica S5.



Fonte: Autor (2022).

Figura 61: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento reserva técnica S5 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 62: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento reserva técnica S5 proposto.



Fonte: Autor (2022).

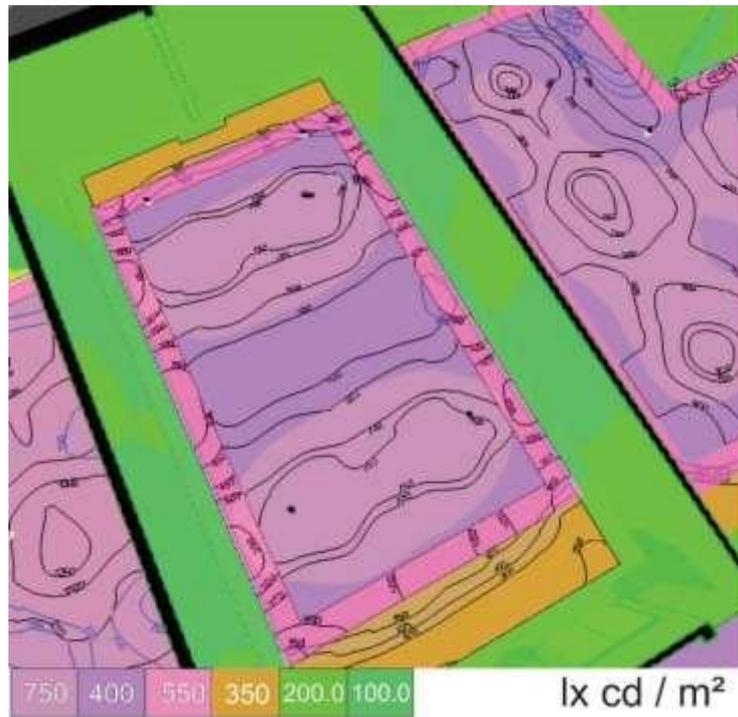
No ambiente S6, denominado como primeiro pavimento sala de exposição 2, com luminárias difusoras foi proposta à troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 100 W. A iluminância estabelecida pela NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 300 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 618 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 341 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,55 Emin/Emed, passou para 0,73 Emin/Emed. (vide tabela 06, 07) e figuras 43, 63, 64 e 65.

Figura 63: Ambiente primeiro pavimento sala de exposição 2 S6.



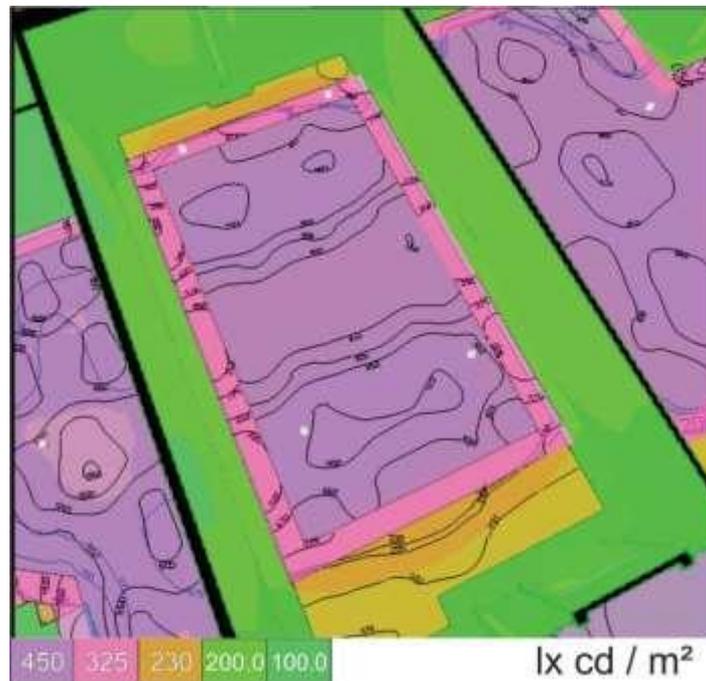
Fonte: Autor (2022).

Figura 64: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento sala de exposição 2 S6 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 65: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento sala de exposição 2 S6 proposto.



Fonte: Autor (2022).

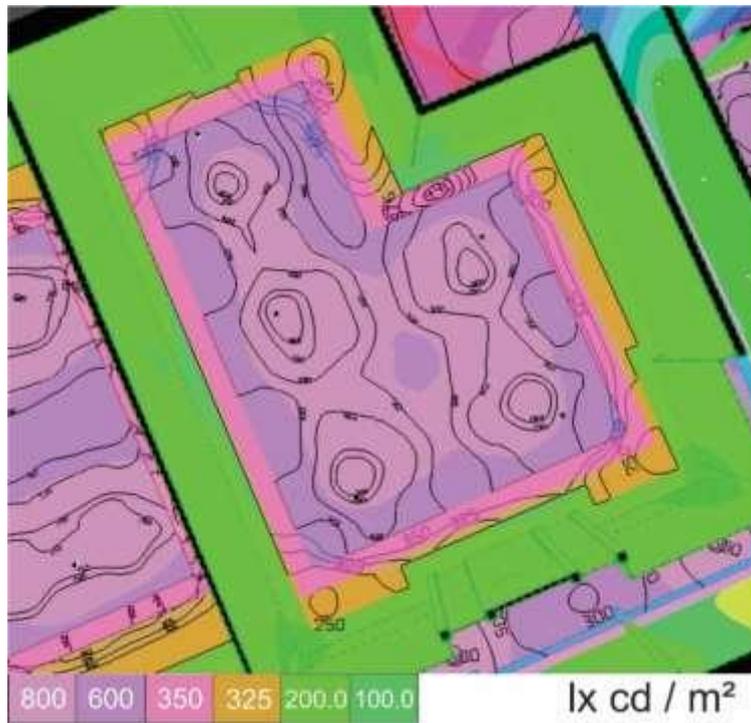
No ambiente S7, denominado como primeiro pavimento sala de exposição 1, com luminárias difusoras foi proposta a troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 100 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 300 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 573 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 322 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,54 Emin/Emed, passou para 0,67 Emin/Emed. (vide tabela 06, 07) e figuras 43, 66, 67 e 68.

Figura 66: Ambiente primeiro pavimento sala de exposição 1 S7.



Fonte: Autor (2022).

Figura 67: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento sala de exposição 1 S7 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 68: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento sala de exposição 1 S7 proposto.



Fonte: Autor (2022).

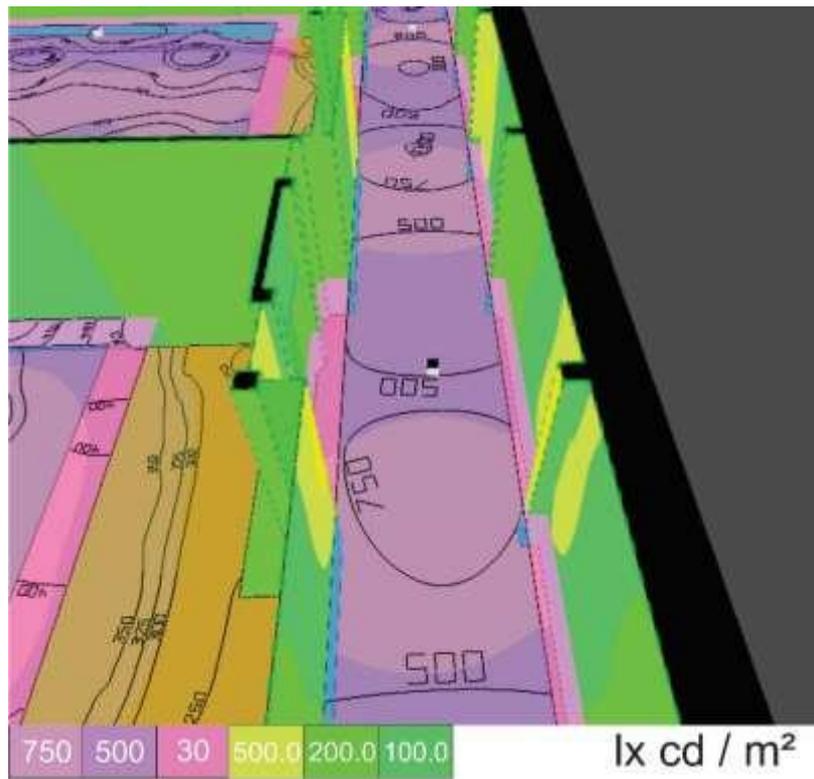
No ambiente S8, denominado como primeiro pavimento circulação 2, com luminárias difusoras foi proposta à troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 40 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 472 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 145 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,32 Emin/Emed, passou para 0,62 Emin/Emed. (vide tabela 06, 07) e figuras 43, 69, 70 e 71.

Figura 69: Ambiente primeiro pavimento circulação 2 S8.



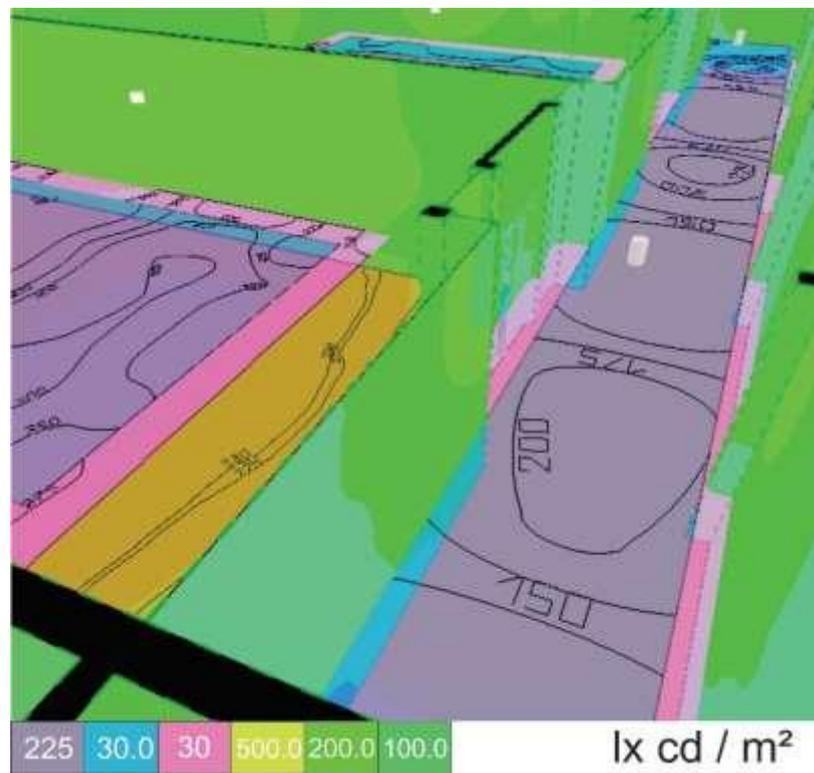
Fonte: Autor (2022).

Figura 70: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento circulação 2 S8 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 71: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento circulação 2 S8 proposto.



Fonte: Autor (2022).

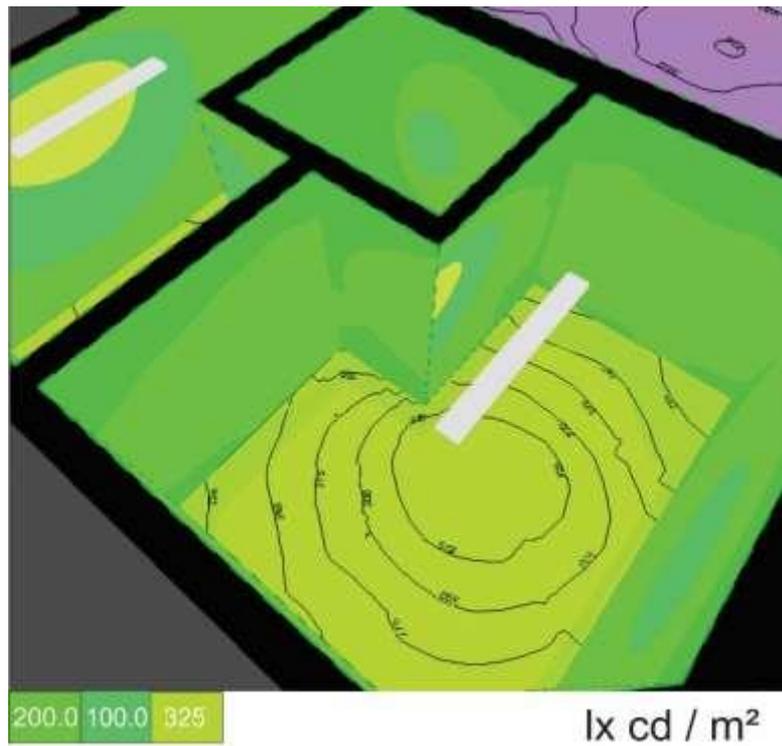
No ambiente S9, denominado como primeiro pavimento camarim pequeno, com luminárias chanfradas foi proposta à troca das lâmpadas fluorescentes tubulares com a potência de 32 W por lâmpadas tubulares LED com potência de 17 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 300 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 282 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 308 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,73 Emin/Emed, passou para 0,71 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras 43, 72, 73 e 74.

Figura 72: Ambiente primeiro pavimento camarim pequeno S9.



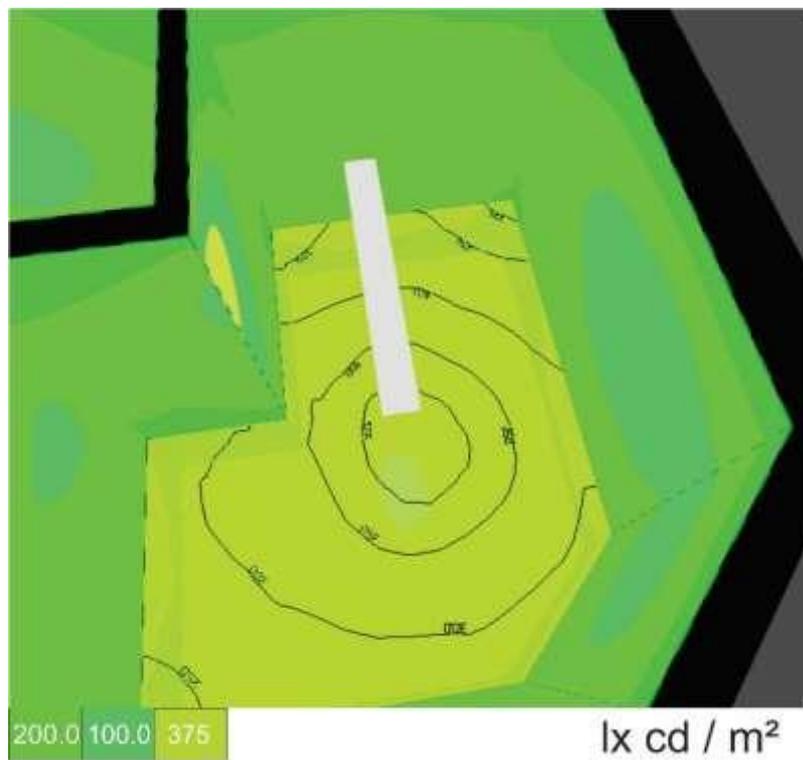
Fonte: Autor (2022).

Figura 73: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento camarim pequeno S9 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 74: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento camarim pequeno S9 proposto.



Fonte: Autor (2022).

No ambiente S10, denominado como primeiro pavimento elétrica, com luminárias chanfradas, foi proposta à troca das lâmpadas fluorescentes tubulares com a potência de 32 W por lâmpadas tubulares LED com potência de 17 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 300 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 348 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 379 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,64 Emin/Emed, passou para 0,66 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras 43, 75, 76 e 77.

Figura 75: Ambiente primeiro pavimento elétrica S10.



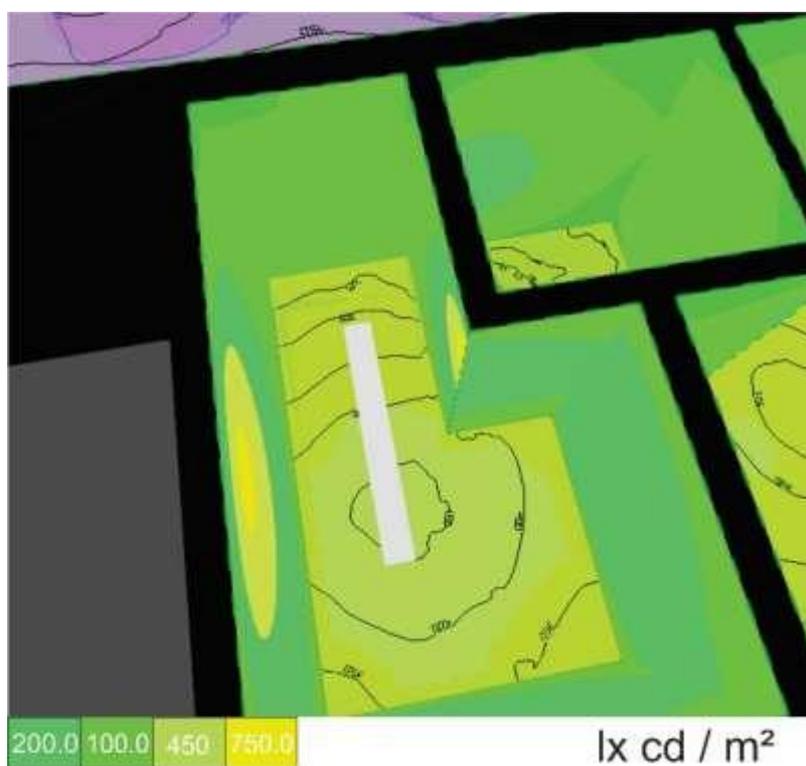
Fonte: Autor (2022).

Figura 76: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento elétrica S10 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 77: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento elétrica S10 proposto.



Fonte: Autor (2022).

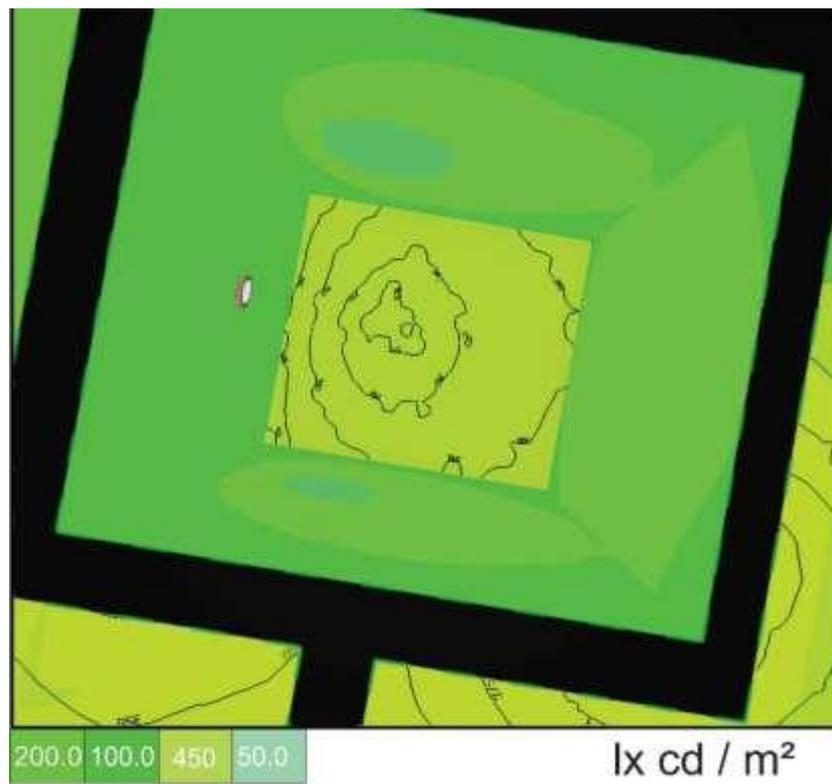
No ambiente S11, denominado como primeiro pavimento anexo banheiro (camarim), com luminárias arandela, foi proposta à troca das lâmpadas fluorescentes compactas com a potência de 25 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 20 W, a iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 200 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 243 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 266 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,63 Emin/Emed, passou para 0,65 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras 43, 78, 79 e 80.

Figura 78: Ambiente primeiro pavimento anexo banheiro (camarim) S11.



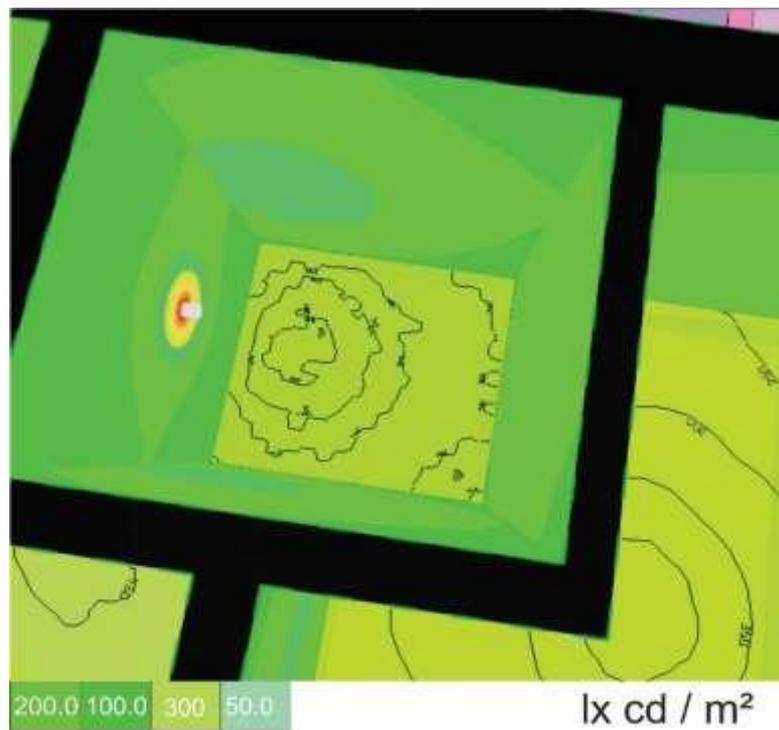
Fonte: Autor (2022).

Figura 79: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento anexo banheiro S11 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 80: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento anexo banheiro S11 proposto.



Fonte: Autor (2022).

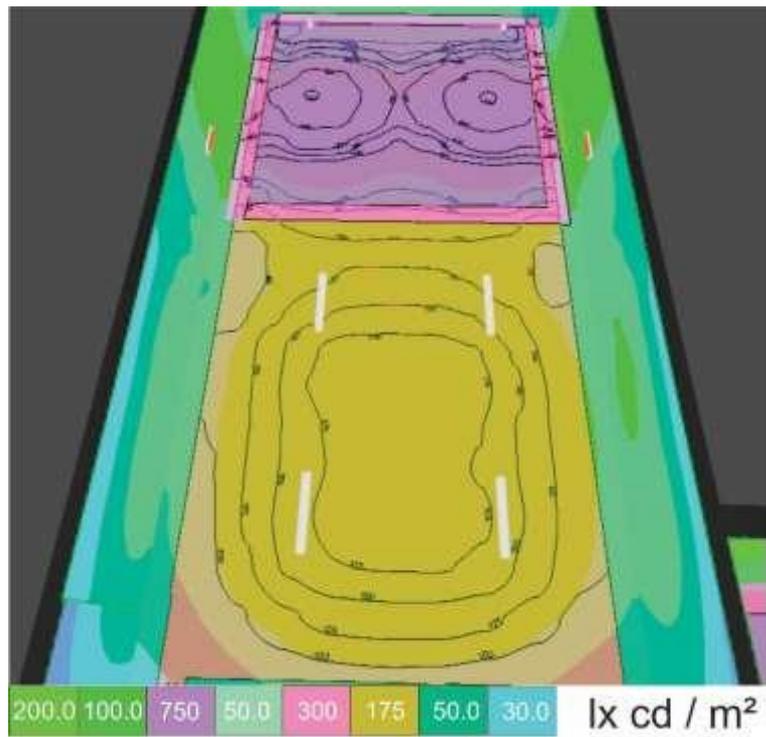
No ambiente S12, denominado como primeiro pavimento teatro, com luminárias chanfradas e com lâmpadas fluorescentes tubulares com as potências de 17 W e 8,5 W e uma luminária de difusor com lâmpada de vapor de mercúrio de 250 W, foi proposta à troca por lâmpadas bulbo LED com potência de 17 W e 8,5 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 200 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 312 lux, e a iluminância proposta pela simulação ficou em 205 lux. O índice de uniformidade, que no estado atual era de 0,37 Emin/Emed, passou para 0,61 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras 43, 81, 82 e 83.

Figura 81: Ambiente primeiro pavimento teatro S12.



Fonte: Autor (2022).

Figura 82: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento teatro S12 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 83: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento teatro S12 proposto.



Fonte: Autor (2022).

No ambiente S13, denominado como primeiro pavimento camarim (banheiro), com luminárias chanfradas, foi proposta à troca das lâmpadas fluorescentes tubulares com a potência de 32 W por lâmpadas tubulares LED com potência de 17 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 200 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 243 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 266 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,63 Emin/Emed, passou para 0,65 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras 43, 84, 85 e 86.

Figura 84: Ambiente primeiro pavimento camarim (banheiro) S13.



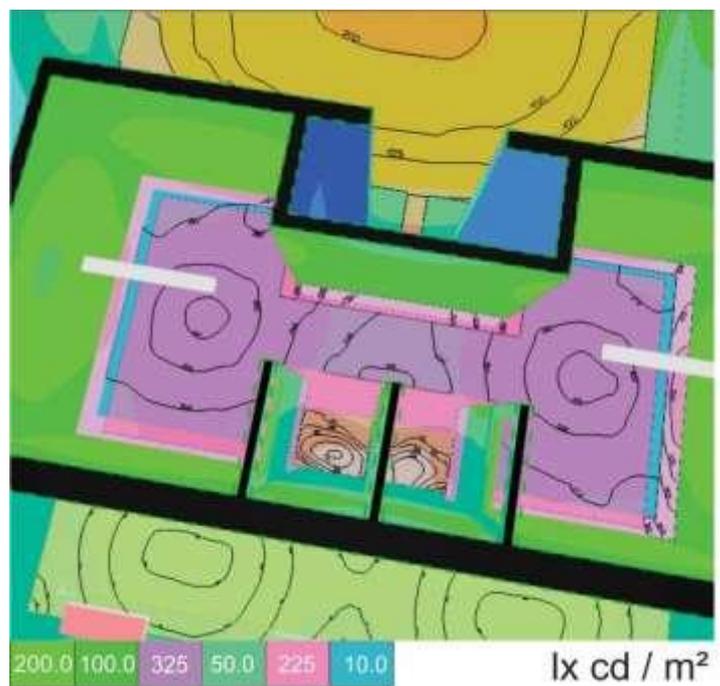
Fonte: Autor (2022).

Figura 85: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento camarim (banheiro) S13 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 86: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento camarim (banheiro) S13 proposto.



Fonte: Autor (2022).

No ambiente S14, denominado como primeiro pavimento teatro banheiro feminino, com luminárias chanfradas foi proposta à troca das lâmpadas fluorescentes tubulares com a potência de 32 W por lâmpadas tubulares LED com potência de 17 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 200 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 243 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 266 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,63 Emin/Emed, e se manteve em 0,70 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras 43, 87, 88 e 89.

Figura 87: Ambiente primeiro pavimento teatro banheiro feminino S14.



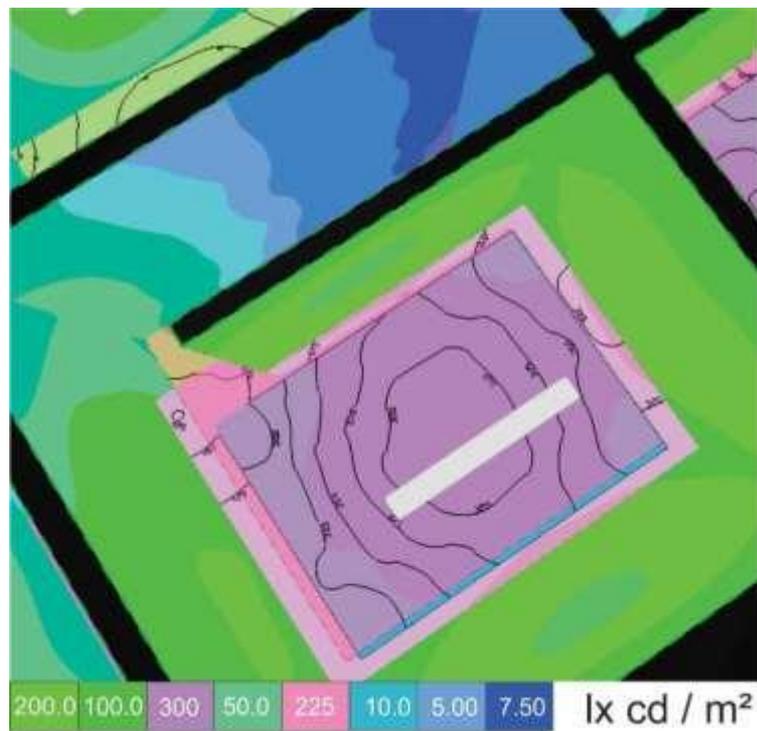
Fonte: Autor (2022).

Figura 88: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento teatro banheiro feminino S14 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 89: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento teatro banheiro feminino S14 proposto.



Fonte: Autor (2022).

No ambiente S15, denominado como primeiro pavimento teatro banheiro masculino, com luminárias chanfradas foi proposta à troca das lâmpadas fluorescentes tubulares com a potência de 32 W por lâmpadas tubulares LED com potência de 17 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 200 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 262 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 256 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,78 Emin/Emed, e se manteve em 0,78 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras 43, 90, 91 e 92.

Figura 90: Ambiente primeiro pavimento teatro banheiro masculino S15.



Fonte: Autor (2022).

Figura 91: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento teatro banheiro masculino S15 atual.



Fonte: Autor (2022).

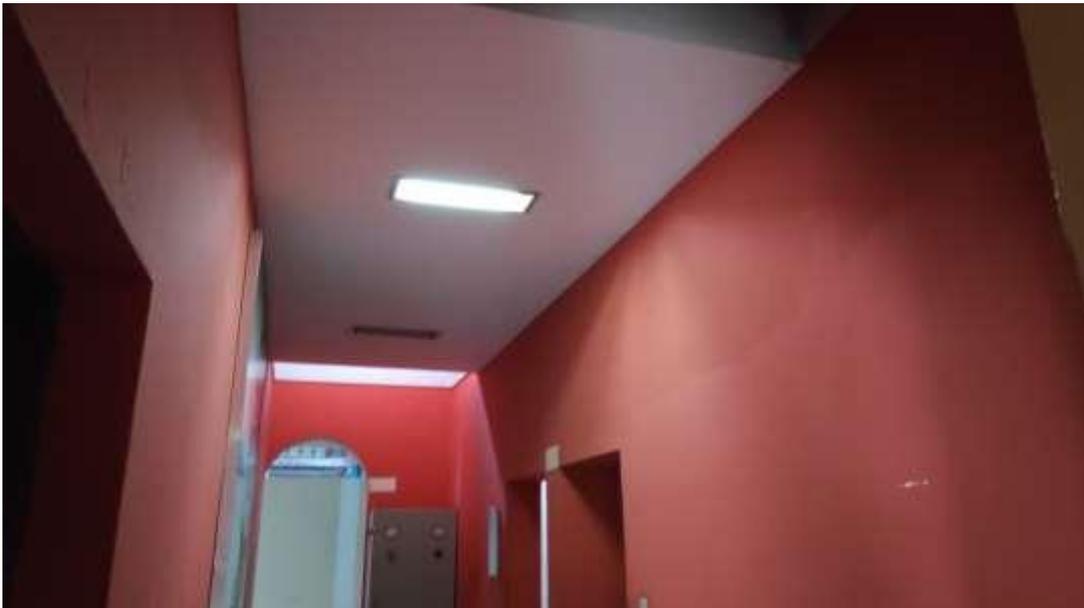
Figura 92: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento teatro banheiro masculino S15 proposto.



Fonte: Autor (2022).

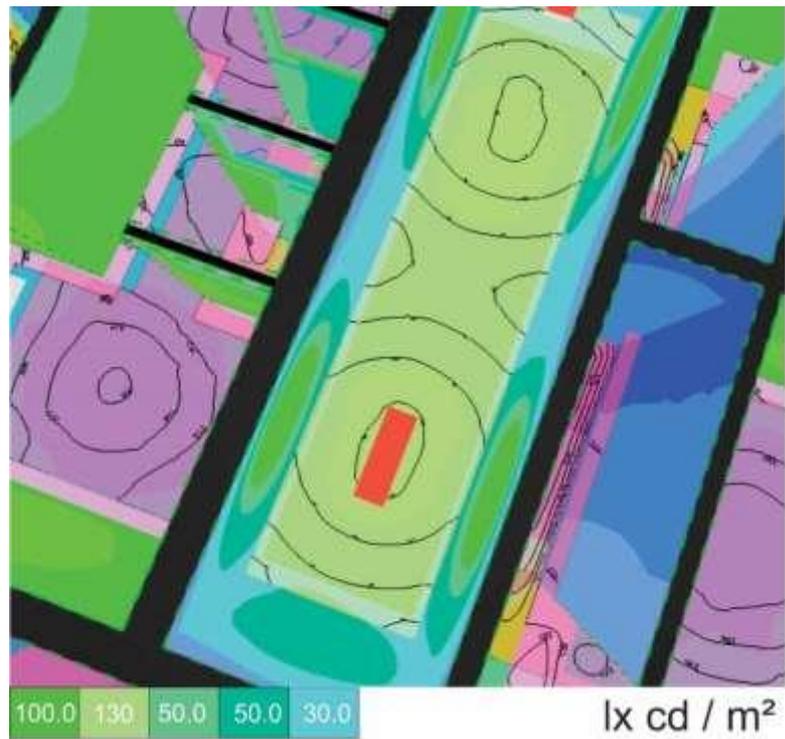
No ambiente S16 denominado como primeiro pavimento circulação 3, com luminárias chanfradas foi proposta à troca das lâmpadas fluorescentes tubulares com a potência de 16 W por lâmpadas tubulares LED com potência de 8,5 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 93 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 112 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,59 Emin/Emed, passou para 0,60 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras 43, 93, 94 e 95.

Figura 93: Ambiente primeiro pavimento circulação 3 S16.



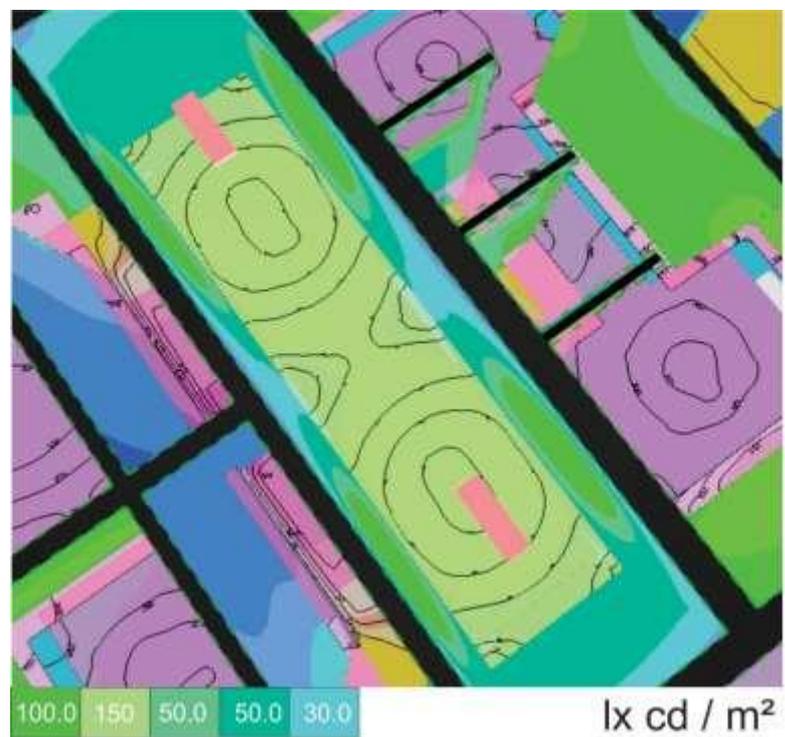
Fonte: Autor (2022).

Figura 94: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento circulação 3 S16 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 95: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento circulação 3 S16 proposto.



Fonte: Autor (2022).

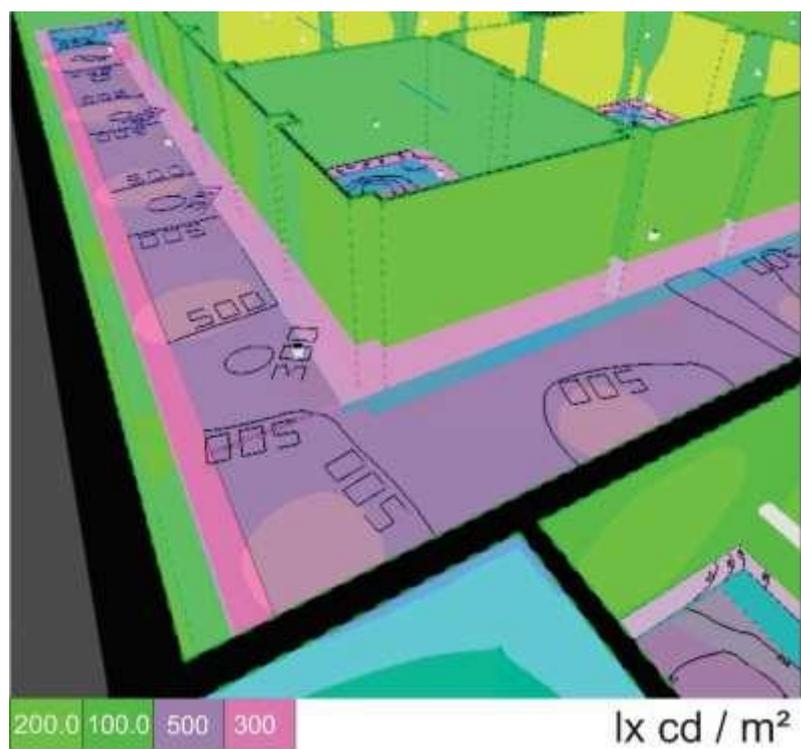
No ambiente S17, denominado como primeiro pavimento circulação 4, com luminárias difusoras foi proposta a troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 40 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 502 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 139 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,46 Emin/Emed, passou para 0,31 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 43, 96, 97 e 98.

Figura 96: Ambiente primeiro pavimento circulação 4 S17.



Fonte: Autor (2022).

Figura 97: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento circulação 4 S17 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 98: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento circulação 4 S17 proposto.



Fonte: Autor (2022).

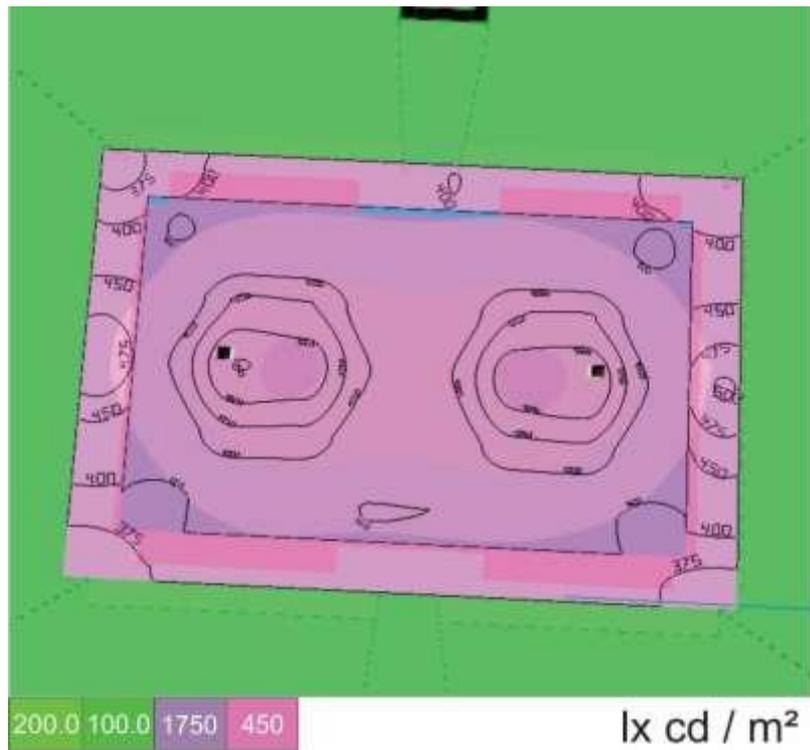
No ambiente S18, denominado como primeiro pavimento desenho, com luminárias plafon foi proposta à troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 100 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 500 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 880 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 502 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,52 Emin/Emed, passou para 0,71 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 43, 99, 100 e 101.

Figura 99: Ambiente primeiro pavimento desenho S18.



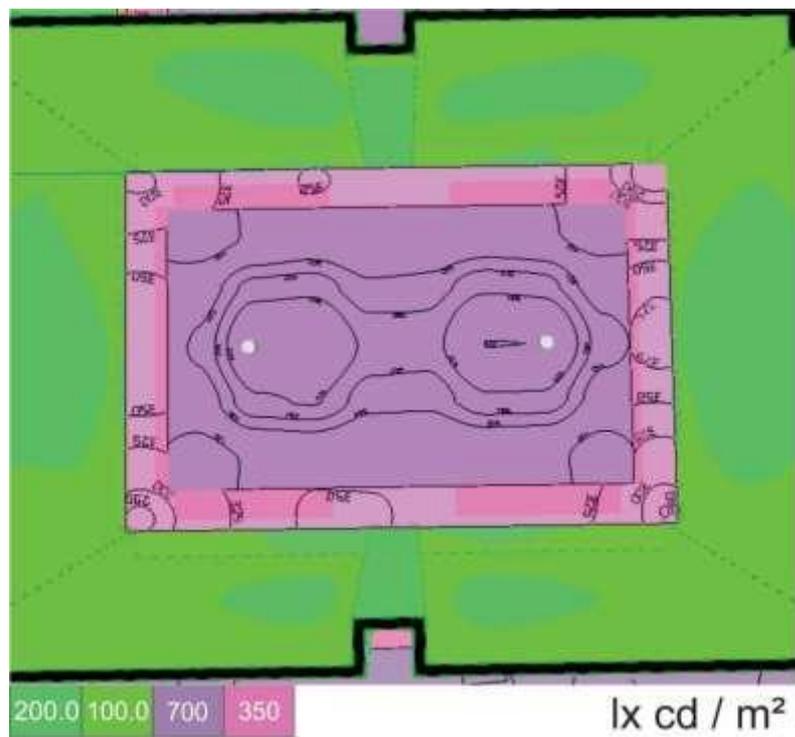
Fonte: Autor (2022).

Figura 100: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento desenho S18 atual.



Fonte: Autor (2022).

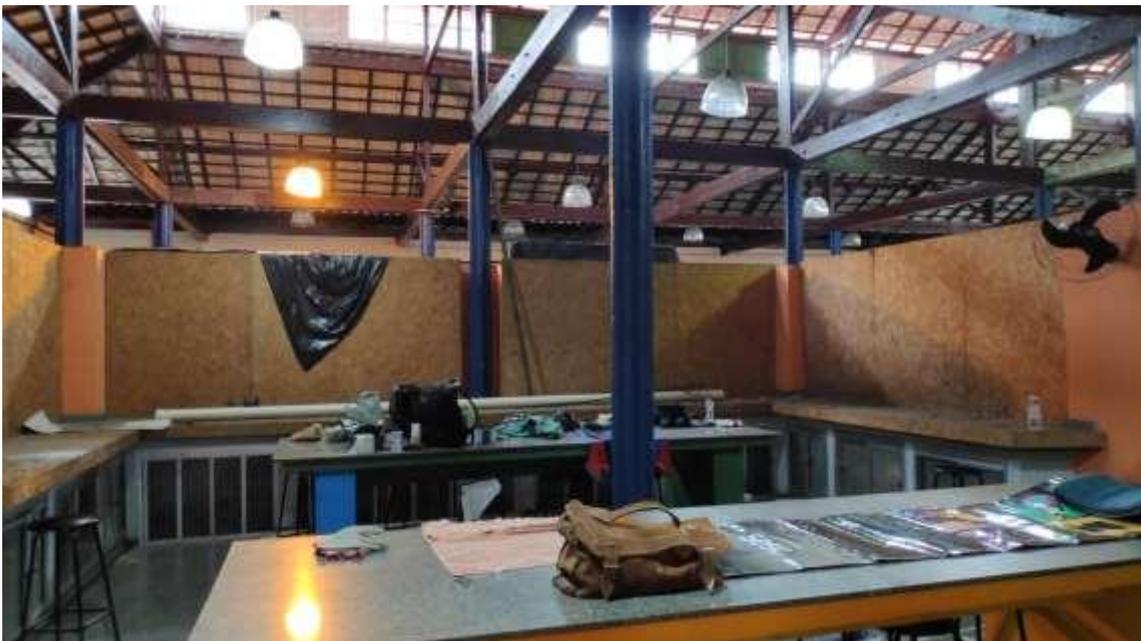
Figura 101: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento desenho S18 proposto.



Fonte: Autor (2022).

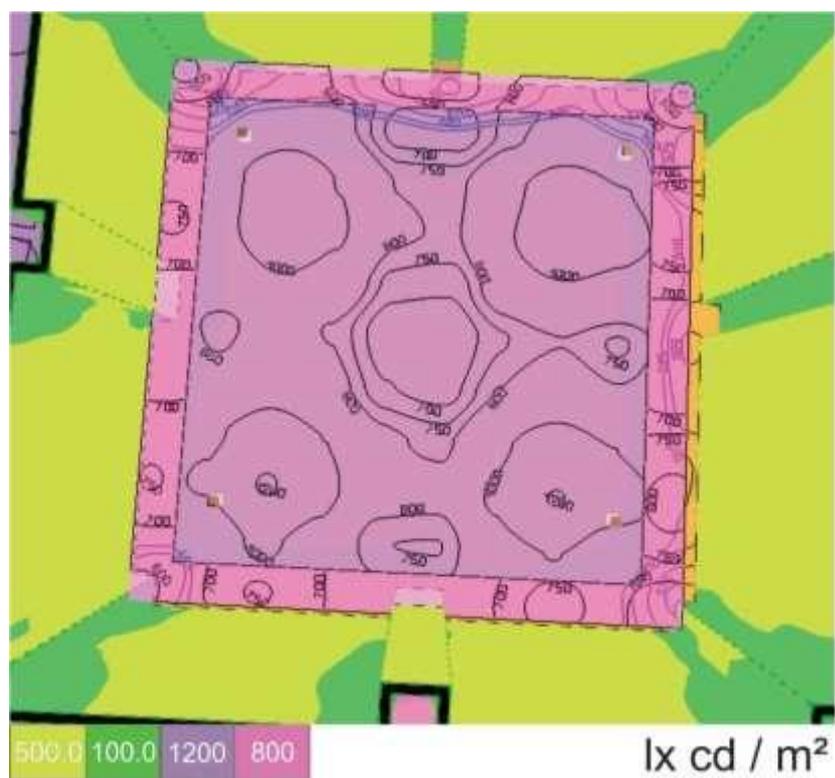
No ambiente S19, denominado como primeiro pavimento cerâmica, com luminárias difusoras, foi proposta à troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 100 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 500 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 900 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 538 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,72 Emin/Emed, passou para 0,86 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 43, 102, 103 e 104.

Figura 102: Ambiente primeiro pavimento cerâmica S19.



Fonte: Autor (2022).

Figura 103: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento cerâmica S19 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 104: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento cerâmica S19 proposto.



Fonte: Autor (2022).

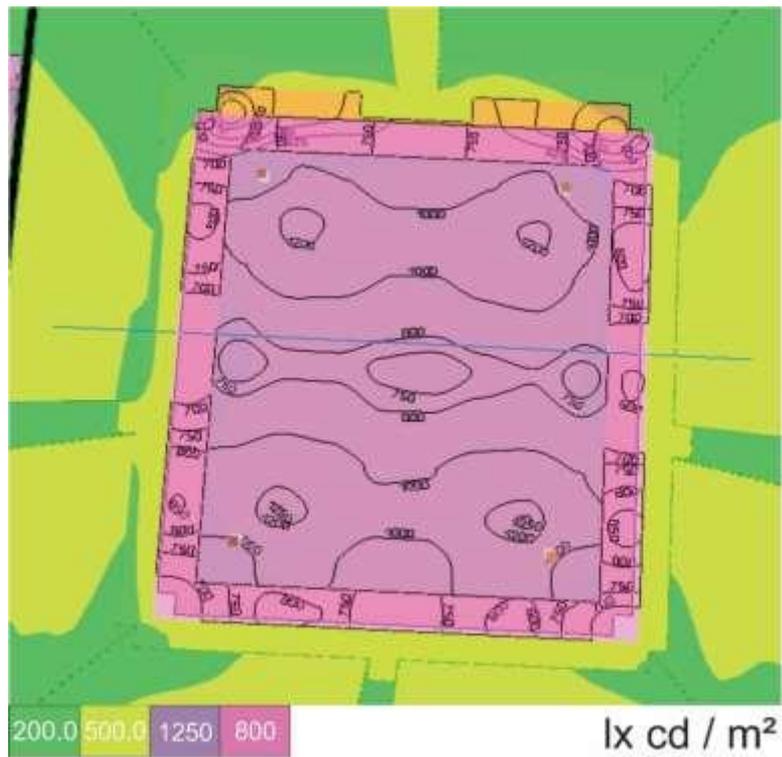
No ambiente S20, denominado como primeiro pavimento gravura, com luminárias plafon foi proposta à troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 100 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 500 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 976 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 518 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,73 Emin/Emed, passou para 0,88 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 43, 105, 106 e 107.

Figura 105: Ambiente primeiro pavimento gravura S20.



Fonte: Autor (2022).

Figura 106: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento gravura S20 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 107: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento gravura S20 proposto.



Fonte: Autor (2022).

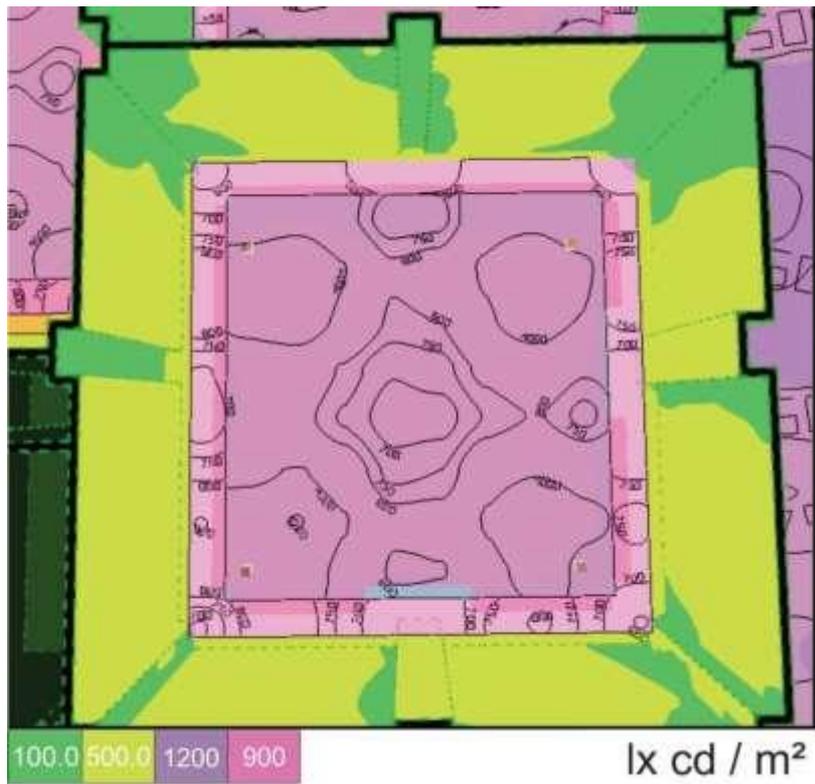
No ambiente S21 denominado como primeiro pavimento Pintura, com luminárias plafon foi proposta à troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 100 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 500 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 911 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 543 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,74 Emin/Emed, passou para 0,88 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 43, 108, 109 e 110.

Figura 108: Ambiente primeiro pavimento pintura S21.



Fonte: Autor (2022).

Figura 109: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento pintura S21 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 110: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento pintura S21 proposto.



Fonte: Autor (2022).

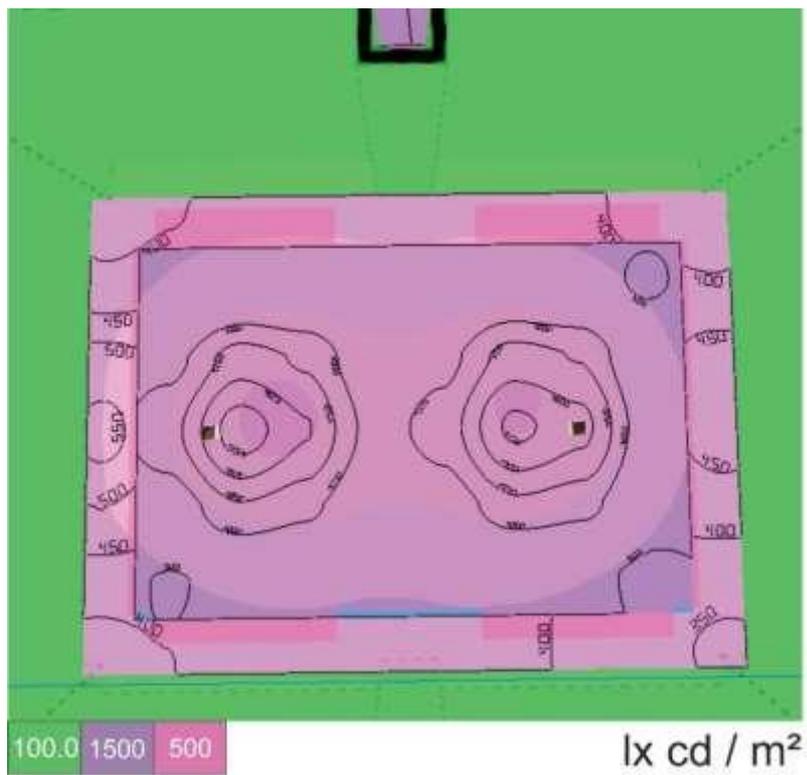
No ambiente S22 denominado como primeiro pavimento sala livre, com luminárias plafon foi proposta à troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 100 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 500 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 889 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 501 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,51 Emin/Emed, passou para 0,68 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 43, 111, 112 e 113.

Figura 111: Ambiente primeiro pavimento sala livre S22.



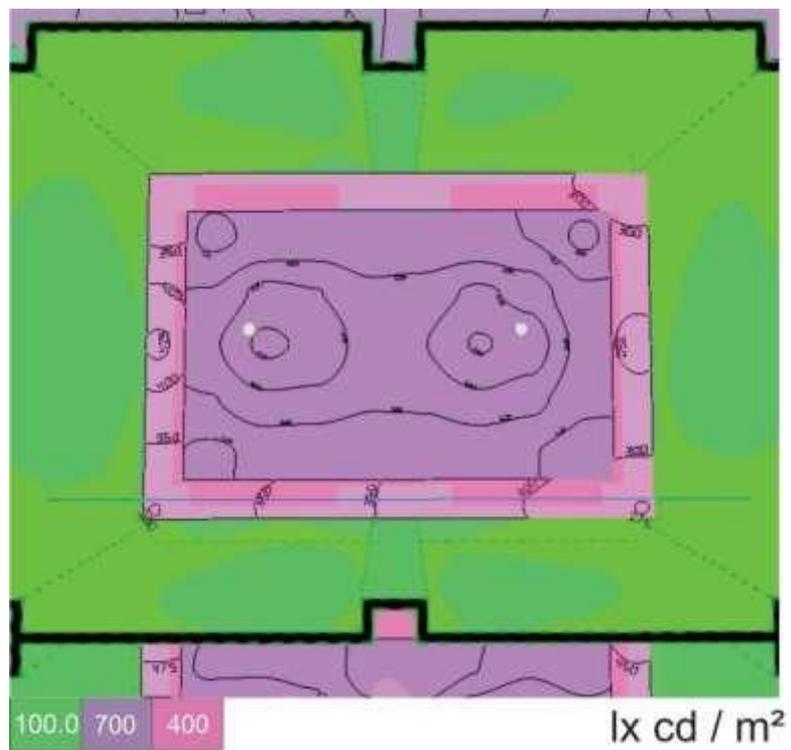
Fonte: Autor (2022).

Figura 112: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento sala livre S22 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 113: Simulação *Dialux* ambiente primeiro pavimento sala livre S22 proposto.



Fonte: Autor (2022).

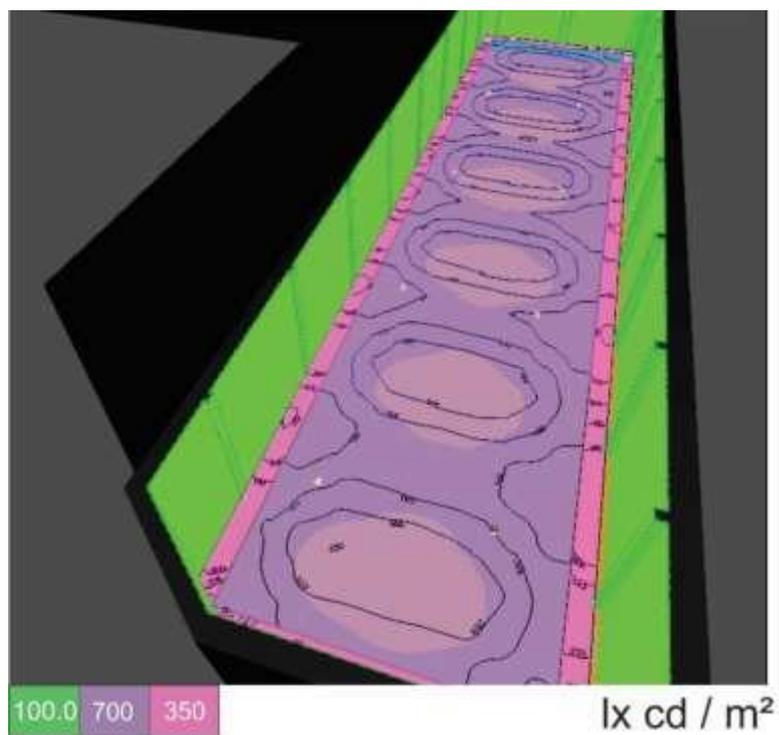
No ambiente S23 denominado como segundo pavimento arte contemporânea, com luminárias plafon foi proposto à troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 100 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 300 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 501 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 307 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,59 Emin/Emed, passou para 0,75 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 44, 114, 115 e 116.

Figura 114: Ambiente segundo pavimento arte contemporânea S23.



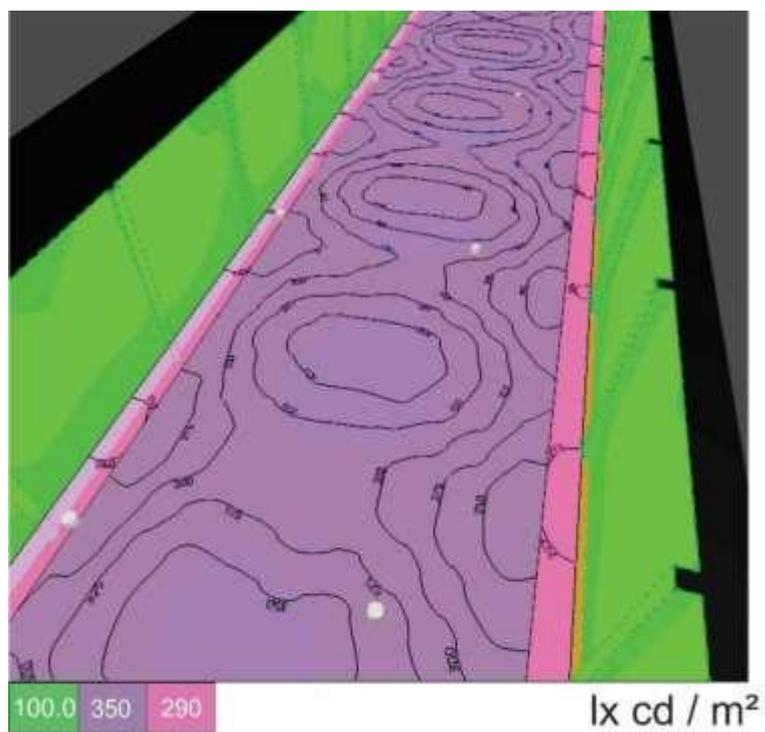
Fonte: Autor (2022).

Figura 115: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento arte contemporânea S23 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 116: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento arte contemporânea S23 proposto.



Fonte: Autor (2022).

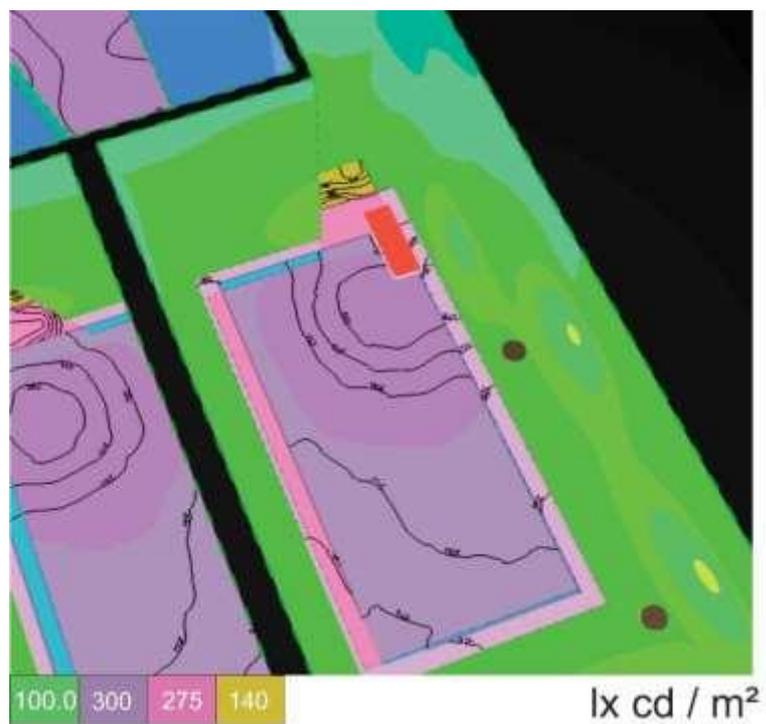
No ambiente S24 denominado como segundo pavimento banheiro masculino, com luminárias plafon e chanfradas, sendo que as luminárias plafon foram propostas à troca das lâmpadas fluorescentes compactas de 25 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 20 W, e as luminárias chanfradas com lâmpadas fluorescentes tubular de 16 W, foi proposto à troca por tubulares LED de 8,5 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 200 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 230 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 263 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,74 Emin/Emed, passou para 0,71 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 44, 117, 118 e 119.

Figura 117: Ambiente segundo pavimento banheiro masculino S24.



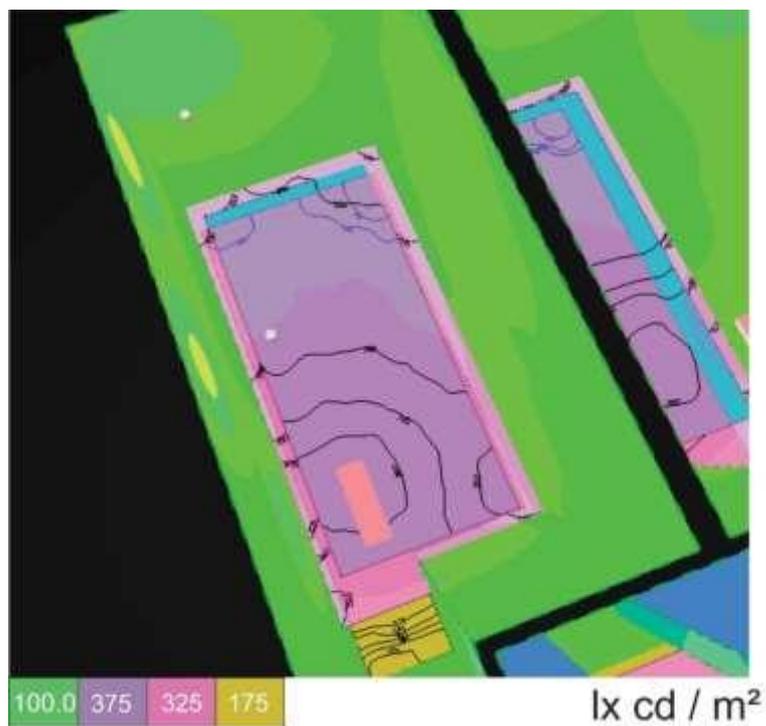
Fonte: Autor (2022).

Figura 118: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento banheiro masculino S24 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 119: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento banheiro masculino S24 proposto.



Fonte: Autor (2022).

No ambiente S25 denominado como segundo pavimento banheiro feminino, com luminárias plafon e chanfradas, sendo que as luminárias plafon foram propostas à troca das lâmpadas fluorescentes compactas de 25 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 20 W, e as luminárias chanfradas com lâmpadas fluorescentes tubular de 16 W, foi proposta à troca por tubulares LED de 8,5 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 200 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 223 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 255 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,71 Emin/Emed, e manteve-se em 0,71 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 44, 120, 121 e 122.

Figura 120: Ambiente segundo pavimento banheiro feminino S25.



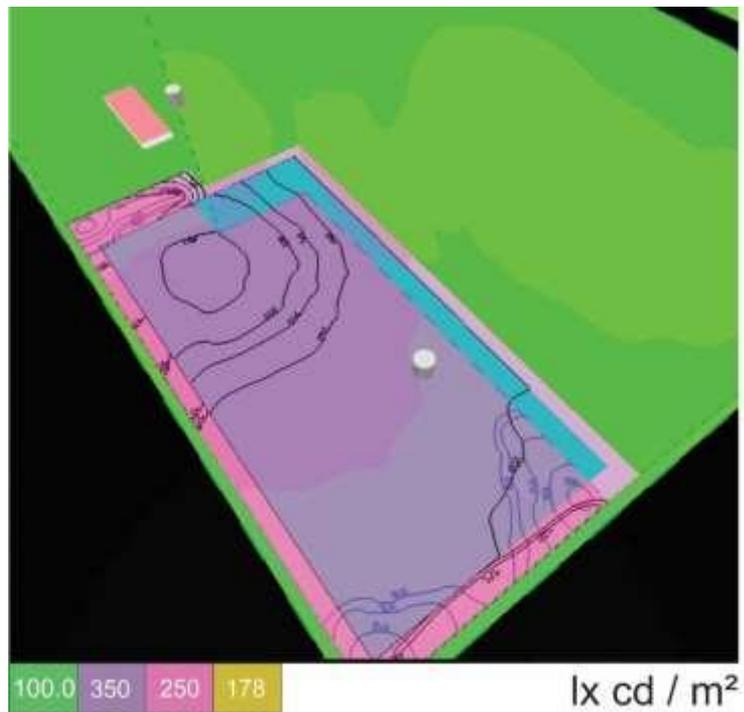
Fonte: Autor (2022).

Figura 121: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento banheiro feminino S25 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 122: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento banheiro feminino S25 proposto.



Fonte: Autor (2022).

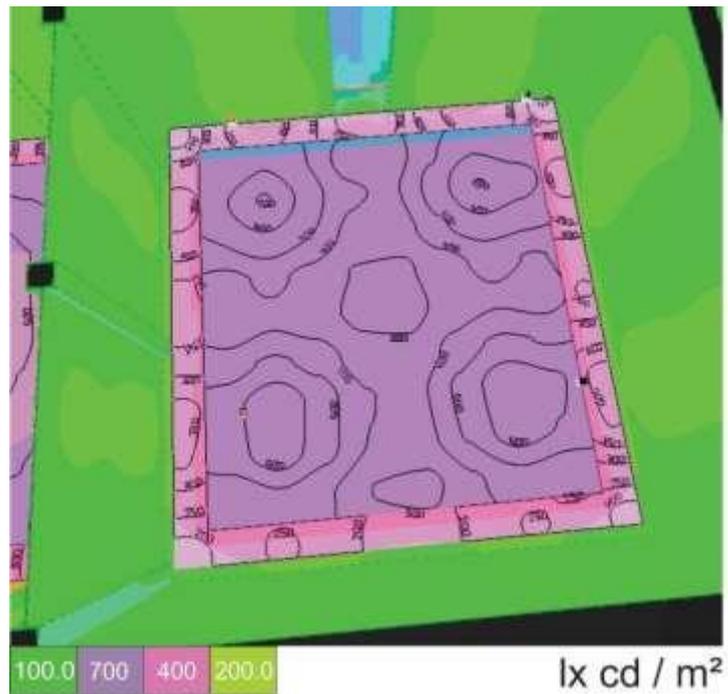
No ambiente S26 denominado como segundo pavimento hall 1, com luminárias difusor foi proposta à troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 100 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 463 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 228 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,59 Emin/Emed, passou para 0,80 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 44, 123, 124 e 125.

Figura 123: Ambiente segundo pavimento hall 1 S26.



Fonte: Autor (2022).

Figura 124: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento hall 1 S26 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 125: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento hall 1 S26 proposto.



Fonte: Autor (2022).

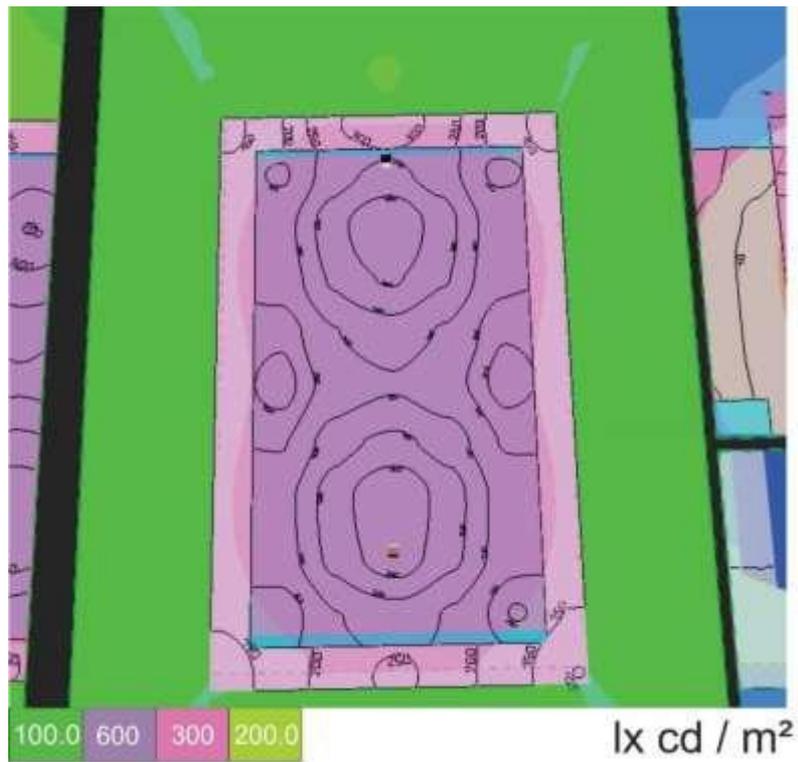
No ambiente S27 denominado como segundo pavimento hall 2, com luminárias difusor foi proposta à troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 100 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 417 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 203 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,55 Emin/Emed, passou para 0,72 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 44, 126, 127 e 128.

Figura 126: Ambiente segundo pavimento hall 2 S27.



Fonte: Autor (2022).

Figura 127: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento hall 2 S27 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 128: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento hall 2 S27 proposto.



Fonte: Autor (2022).

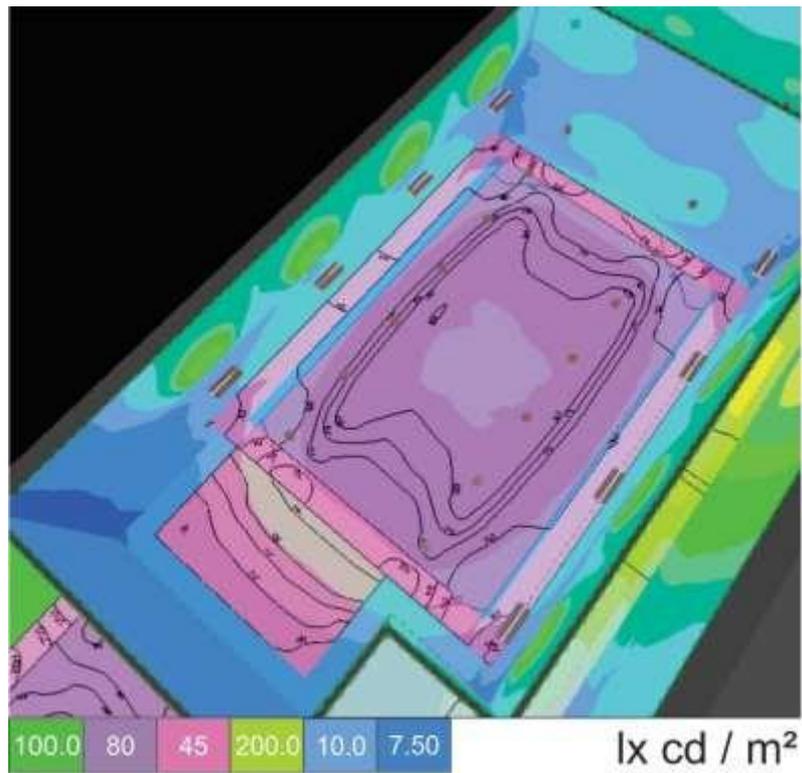
No ambiente S28 denominado como segundo pavimento videoteca, com luminárias spot e chanfradas, sendo que as luminárias spot foram propostas à troca das lâmpadas halógenas de 50 W por lâmpadas spot LED com potência de 8,5 W, e as luminárias chanfradas com lâmpadas fluorescentes tubular de 16 W, foi proposta à troca por tubulares LED de 8,5 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 200 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 73 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 204 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,69 Emin/Emed, e manteve-se em 0,66 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 44, 129, 130 e 131.

Figura 129: Ambiente segundo pavimento videoteca S28.



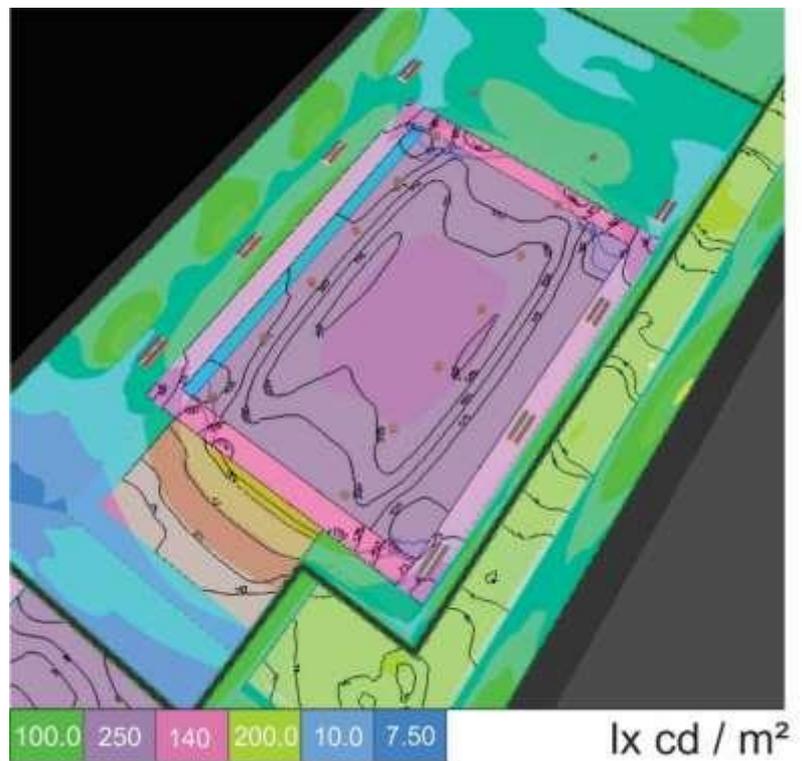
Fonte: Autor (2022).

Figura 130: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento videoteca S28 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 131: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento videoteca S28 proposto.



Fonte: Autor (2022).

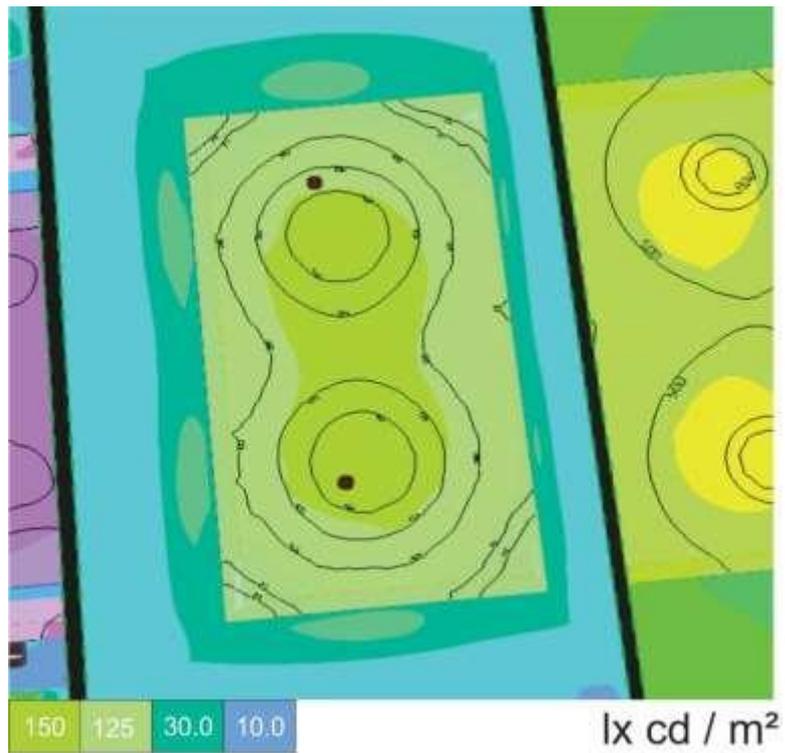
No ambiente S29 denominado como segundo pavimento sala 1, com luminárias plafon foi proposta à troca das lâmpadas fluorescentes compactas com a potência de 25 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 20 W, a iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 108 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 129 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,56 Emin/Emed, passou para 0,64 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 44, 132, 133 e 134.

Figura 132: Ambiente segundo pavimento sala 1 S29.



Fonte: Autor (2022).

Figura 133: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento sala 1 S29 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 134: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento sala 1 S29 proposto.



Fonte: Autor (2022).

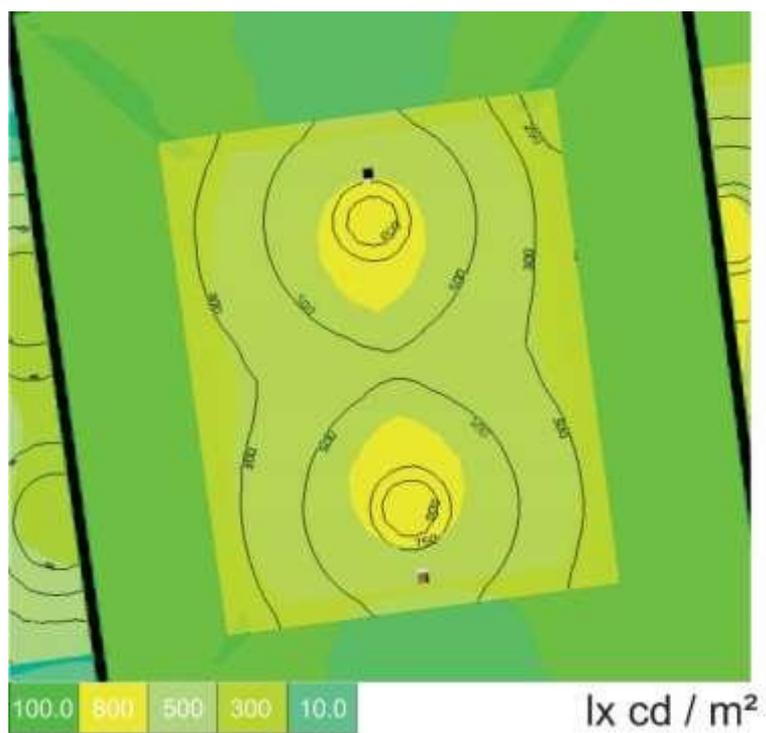
No ambiente S30 denominado como segundo pavimento depósito, com luminárias difusoras foi proposta a troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 40 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 460 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 117 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,51 Emin/Emed, passou para 0,64 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 44, 135, 136 e 137.

Figura 135: Ambiente segundo pavimento depósito S30.



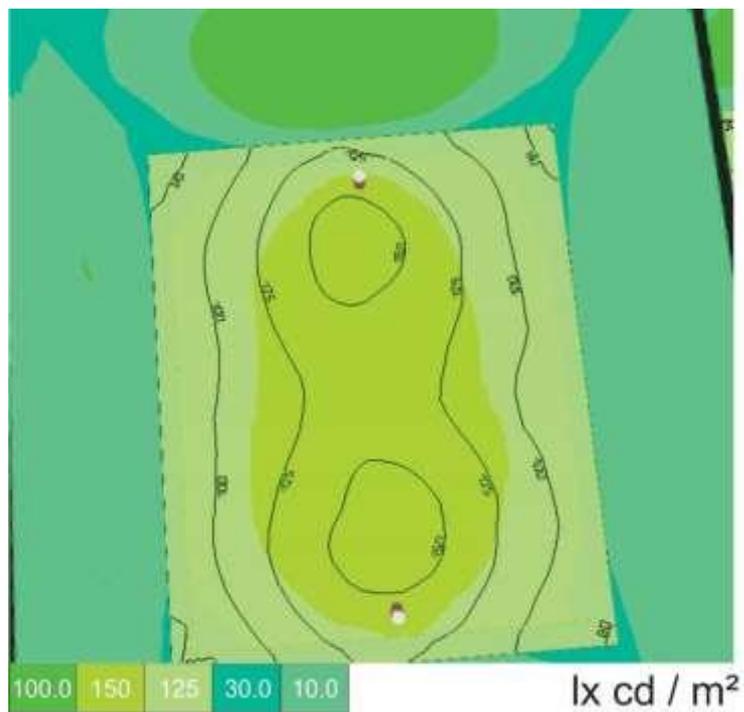
Fonte: Autor (2022).

Figura 136: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento depósito 1 S30 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 137: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento depósito 1 S30 proposto.



Fonte: Autor (2022).

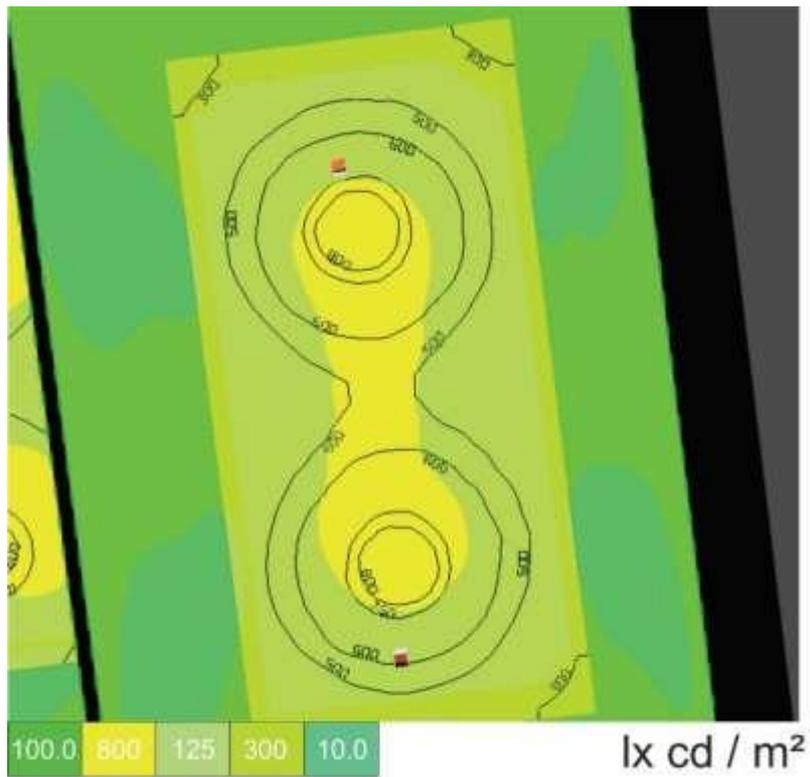
No ambiente S31 denominado como segundo pavimento sala 2, com luminárias difusor foi proposta à troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 40 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 512 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 127 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,52 Emin/Emed, passou para 0,63 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 44, 138, 139 e 140.

Figura 138: Ambiente segundo pavimento sala 2 S31.



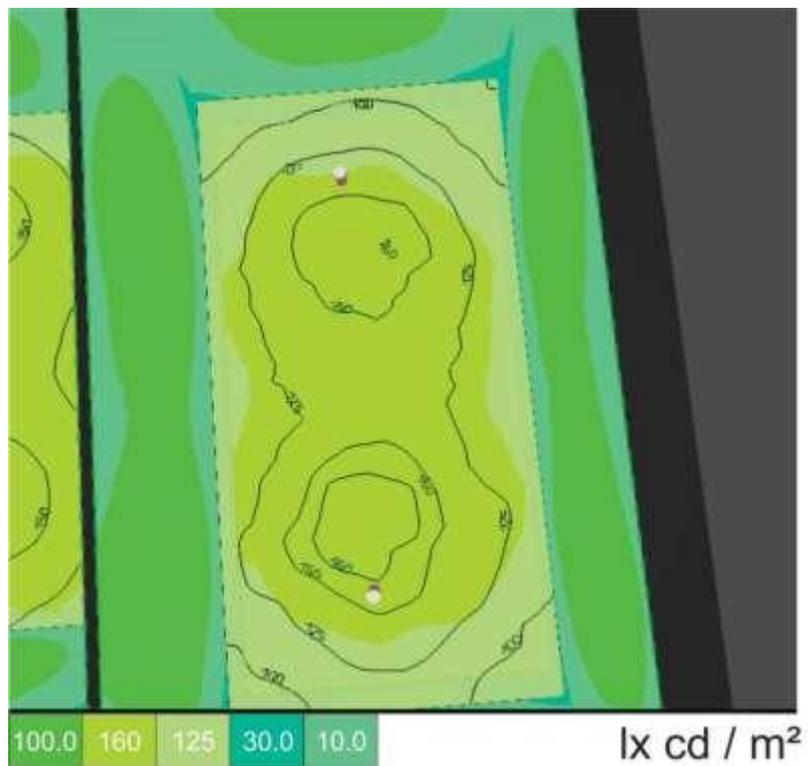
Fonte: Autor (2022).

Figura 139: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento sala 2 S31 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 140: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento sala 2 S31 proposto



Fonte: Autor (2022).

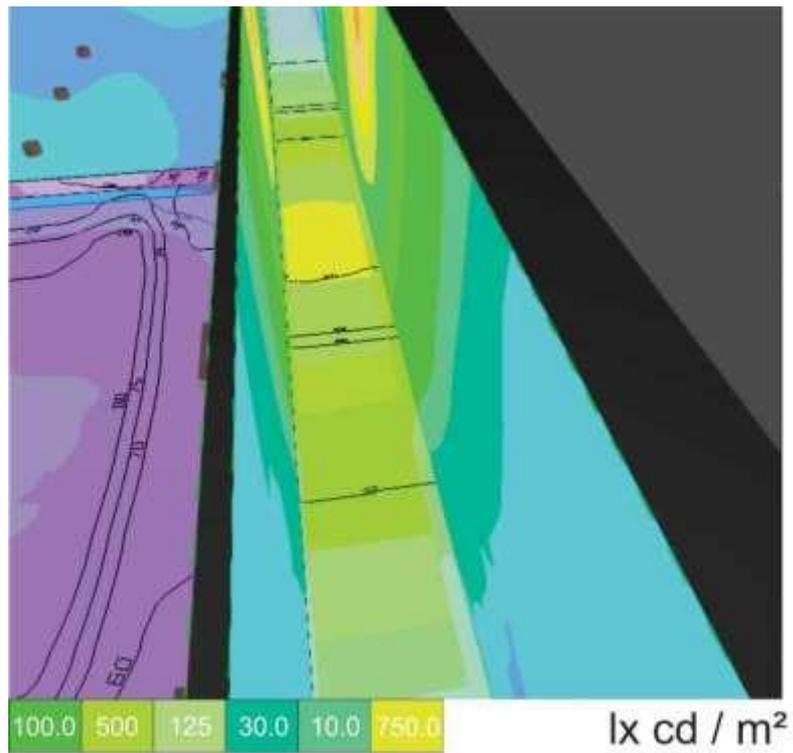
No ambiente S32 denominado como segundo pavimento corredor 1, com luminárias difusor foi proposta à troca das lâmpadas de vapor metálico com a potência de 250 W por lâmpadas de bulbo LED com potência de 20 W, a iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 193 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 115 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,07 Emin/Emed, passou para 0,73 Emin/Emed. (vide tabela 06,07) e figuras, 44, 141, 142 e 143.

Figura 141: Ambiente segundo pavimento corredor 1 S32.



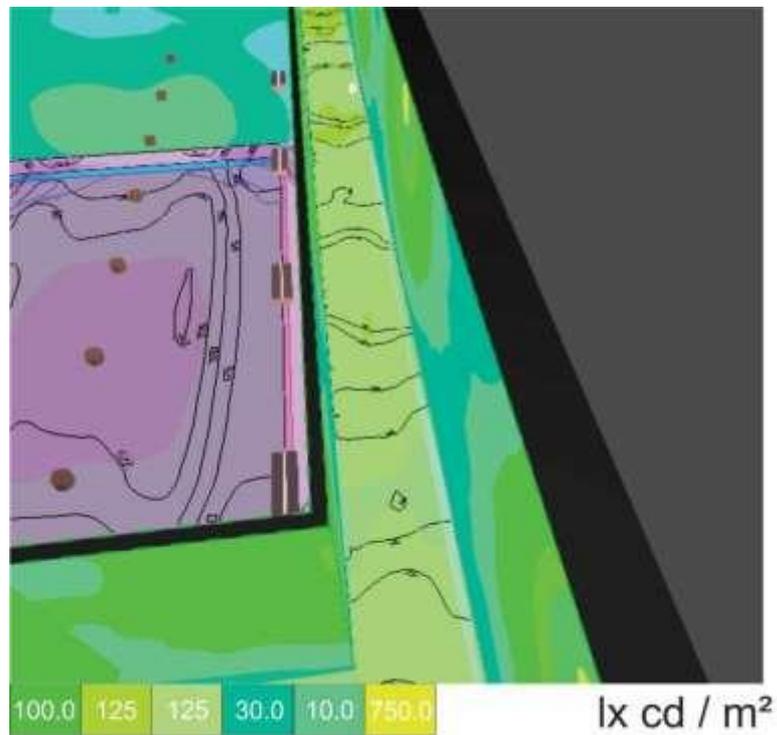
Fonte: Autor (2022).

Figura 142: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento corredor 1 S32 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 143: Simulação *Dialux* ambiente segundo pavimento corredor 1 S32 proposto.



Fonte: Autor (2022).

i) Mercado Municipal:

Conforme mencionado anteriormente, o Mercado municipal apresentou algumas modificações de layout em comparação com a planta baixa de origem. Embora tenha apresentado dificuldades na etapa de levantamento, foi possível fazer as medições das lâmpadas e estabelecer a simulação. As tabelas 08 e 09 estabelecem os resultados obtidos de acordo com levantamento dos equipamentos e a simulação proposta pelo *software Dialux*, e as figuras 144 e 145 ilustram a planta baixa do primeiro e segundo pavimento.

Tabela 08: Resultados do levantamento das lâmpadas e luminárias no local para o Mercado Municipal.

Simulação	Setor	Ambiente	Luminárias	Lamp. por luminária	Total	Luminária	Lâmpada Atual	Potência (W)	Lâmpada Proposta	Potência (W)	
S1	Primeiro pavimento	Área da feira	75	2	150	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	18	
S3	Primeiro pavimento	Escada 130521	1	2	2	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	18	
S3	Primeiro pavimento	Escada	2	1	2	Pendente	Mista	250	Bulbo LED	100	
S3	Primeiro pavimento	Escada	1	1	1	Refletor	Mista	250	Refletor LED	100	Foi necessário mudar a posição de um refletor para luminária pendente
S3	Primeiro pavimento	Escada 130911_1	1	1	1	Refletor	Mista	250	Refletor LED	75	
S5	Segundo pavimento	Área da feira	37	1	37	Garden	Mista	250	Bulbo LED	50	
S5	Segundo pavimento	Área da feira	4	2	8	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	18	
S4	Primeiro pavimento	Mezanino - área computadores	4	1	4	Spot	Fluorescente Compacta	25	Downlight LED	12	
S4	Primeiro pavimento	Mezanino - área computadores	14	2	28	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	18	
S4	Primeiro pavimento	Mezanino - estante	8	1	8	Spot	Fluorescente Compacta	25	Downlight LED	12	
S4	Primeiro pavimento	Mezanino - estantes superior	8	1	8	Spot	Fluorescente Compacta	25	Downlight LED	12	
S2	Primeiro pavimento	Auditório	17	2	34	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	18	
S2	Primeiro pavimento	Auditório	8	1	8	Chanfrada	Fluorescente Compacta	25	Downlight LED	12	
S6	Segundo pavimento	Administração	56	2	112	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	18	
S7	Segundo pavimento	Administração anexo	30	2	60	Chanfrada	Fluorescente Tubular	32	Tubular LED	18	

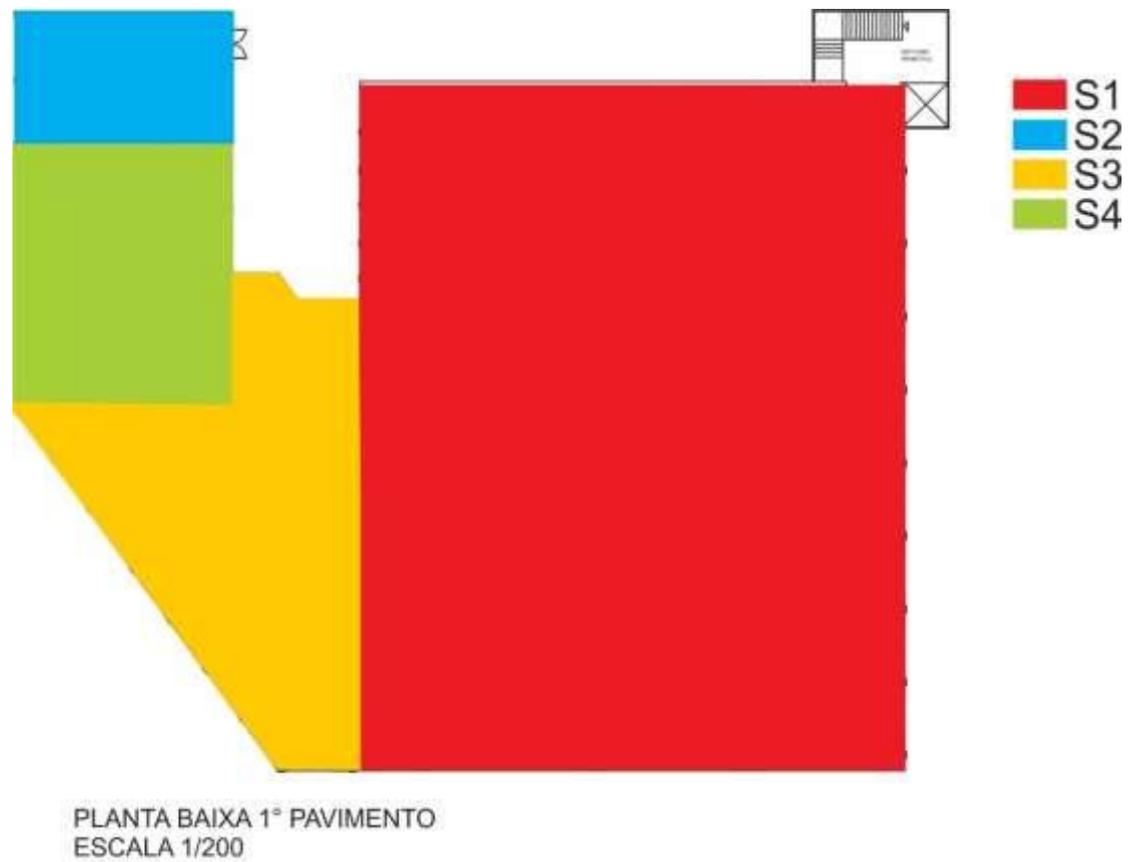
Fonte: Autor (2022).

Tabela 09: Resultados da Simulação *Dialux* obtida por meio de medição no local para o Mercado Municipal.

Ambiente	Referência Norma	Iuminância Norma (lux)	Iuminância Atual (lux)	Iuminância Proposta (lux)	Uniformidade Atual (min/med)	Uniformidade Proposta (min/med)
Primeiro pavimento - área da feira	1. Áreas gerais (corredores)	100	175	200	0,34	0,35
Primeiro pavimento - área da feira	1. Áreas gerais (corredores)	100	200	229	0,32	0,36
Primeiro pavimento - auditório	22. Escritórios (sala de reunião)	500	475	557	0,72	0,72
Primeiro pavimento - escada externa	1. Áreas gerais (corredores)	100	103	119	0,33	0,60
Primeiro pavimento - mezanino (computadores)	22. Escritórios (escrever, teclado etc)	500	562	624	0,63	0,62
Primeiro pavimento - mezanino (arquivo inferior)	22. Escritórios (arquivamento)	300	357	375	0,67	0,57
Primeiro pavimento - mezanino (arquivo superior)	22. Escritórios (arquivamento)	300	436	448	0,58	0,41
Segundo pavimento - área da feira	1. Áreas gerais (corredores)	100	156	179	0,65	0,64
Segundo pavimento - administrativo (lateral 1)	22. Escritórios (escrever, teclado etc)	500	505	575	0,63	0,63
Segundo pavimento - administrativo (lateral 2)	22. Escritórios (escrever, teclado etc)	500	505	571	0,63	0,63
Segundo pavimento - administrativo (circulação)	1. Áreas gerais (corredores)	100	209	271	0,56	0,57
Segundo pavimento - administrativo anexo (trabalho 1)	22. Escritórios (escrever, teclado etc)	500	522	515	0,67	0,67
Segundo pavimento - administrativo anexo (trabalho 2)	22. Escritórios (escrever, teclado etc)	500	544	540	0,62	0,63
Segundo pavimento - administrativo anexo (circulação)	1. Áreas gerais (corredores)	100	277	293	0,58	0,60

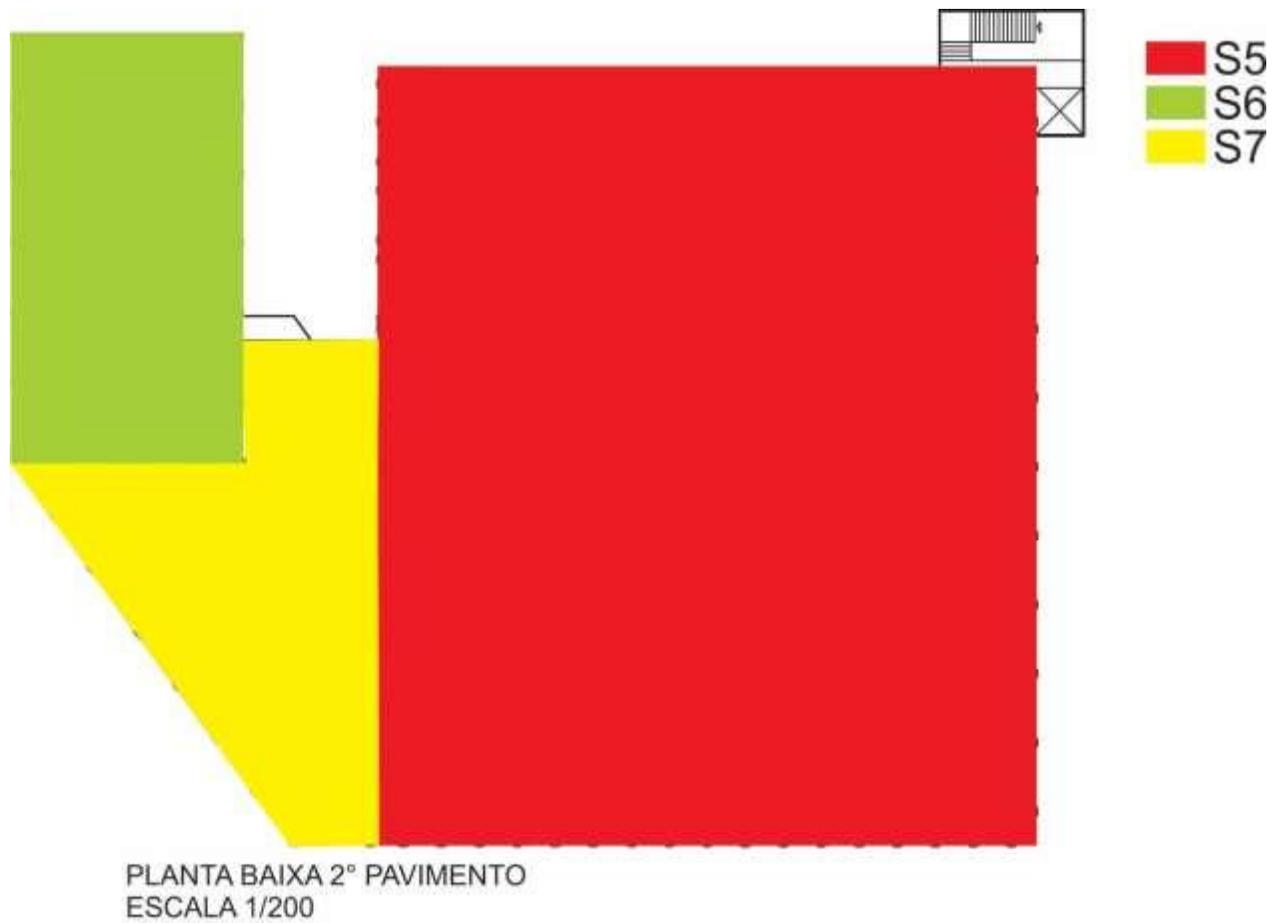
Fonte: Autor (2022).

Figura 144: Planta baixa primeiro pavimento Mercado Municipal.



Fonte: Autor (2022).

Figura 145: Planta baixa segundo pavimento Mercado Municipal.



Fonte: Autor (2022).

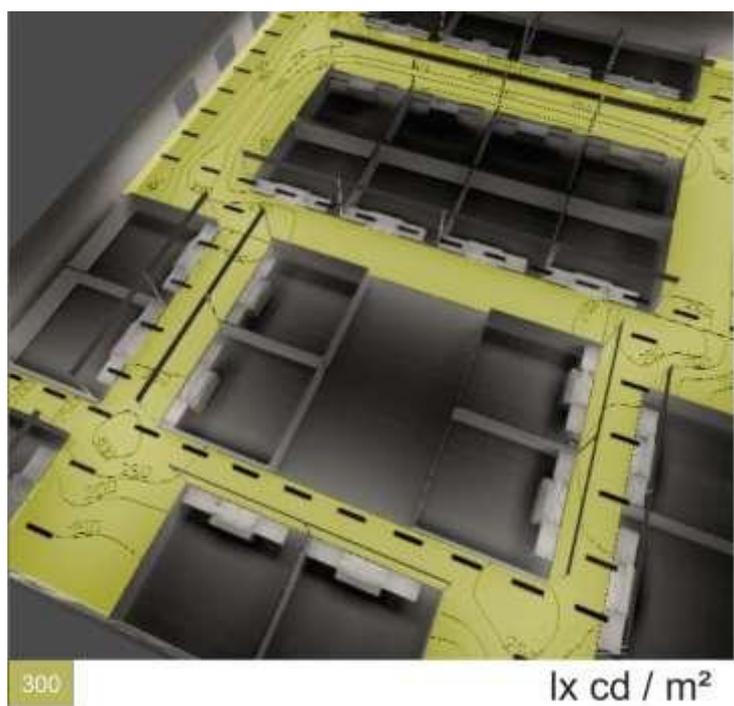
De acordo com as tabelas 08 e 09 de resultados, no ambiente S1, denominado como ambiente de feira do primeiro pavimento, com luminárias chanfradas, foi proposta a troca das lâmpadas fluorescentes tubulares com a potência de 32 W por lâmpadas tubulares LED com potência de 18 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013) é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 175 lux a 200 lux, e a iluminância proposta pela simulação ficou em 200 a 229 lux. O índice de uniformidade, que no estado atual era de 0,34 Emin/Emed, passou para 0,35 Emin/Emed. (Vide figuras 144, 146, 147 e 148).

Figura 146: Ambiente área de feira S1.



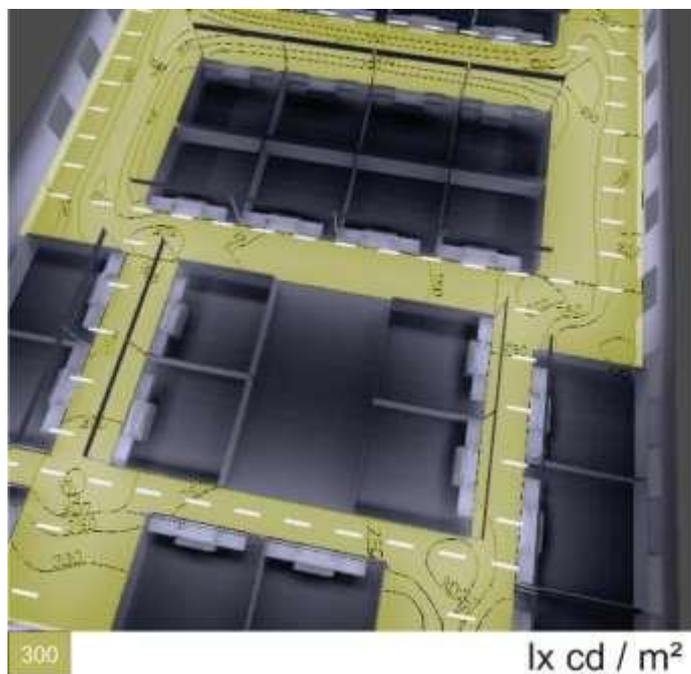
Fonte: Autor (2022).

Figura 147: Simulação *Dialux* ambiente área de feira primeiro pavimento S1 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 148: Simulação *Dialux* ambiente área de feira primeiro pavimento S1 proposto.



Fonte: Autor (2022).

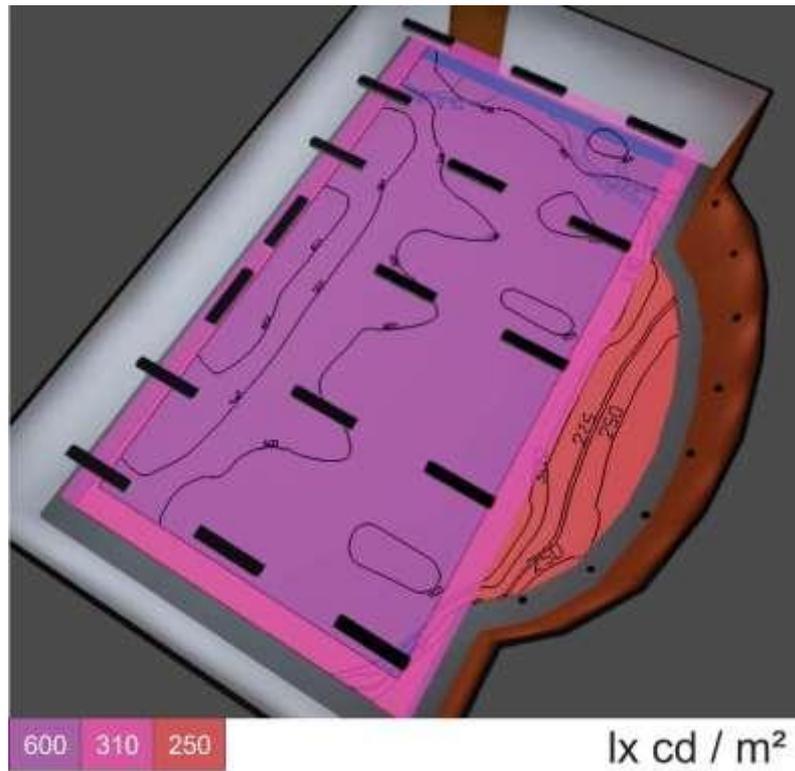
No ambiente S2, denominado como auditório, com luminária fluorescente tubular de 32 W, sendo proposta a troca para lâmpada tubular LED de 18 W e fluorescente compacta de 25 W, foi proposta também a troca por lâmpadas Downlight LED 12 W, e a iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), para o auditório foi de 500 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 475 lux a iluminância proposta pela simulação ficou em 557 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,72 Emin/Emed, manteve em 0,72 Emin/Emed. (vide tabelas 08, 09) e figuras 144,149, 150 e 151.

Figura 149: Ambiente Auditório.



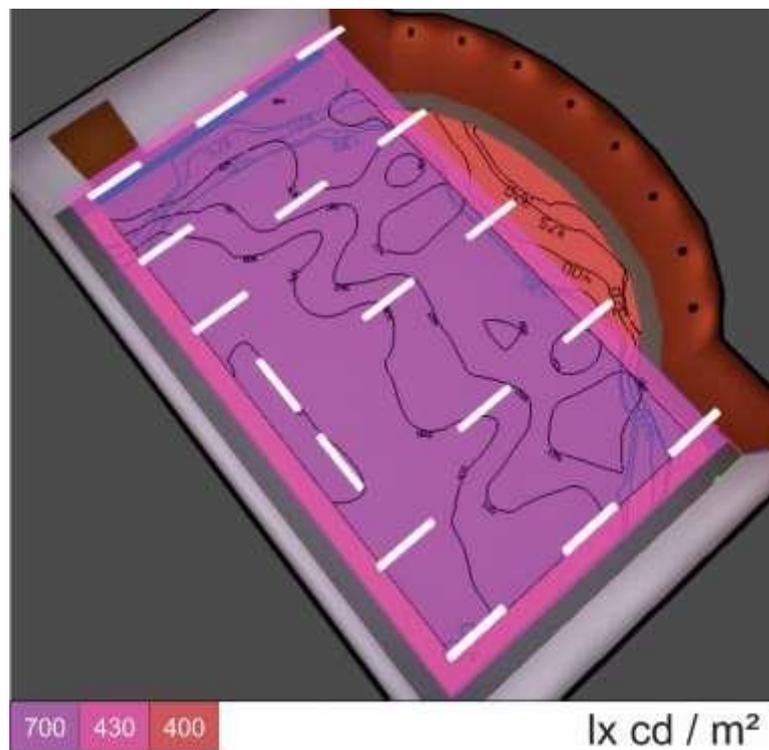
Fonte: Autor (2022).

Figura 150: Simulação *Dialux* ambiente auditório S2 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 151: Simulação *Dialux* ambiente auditório S2 proposto.



Fonte: Autor (2022).

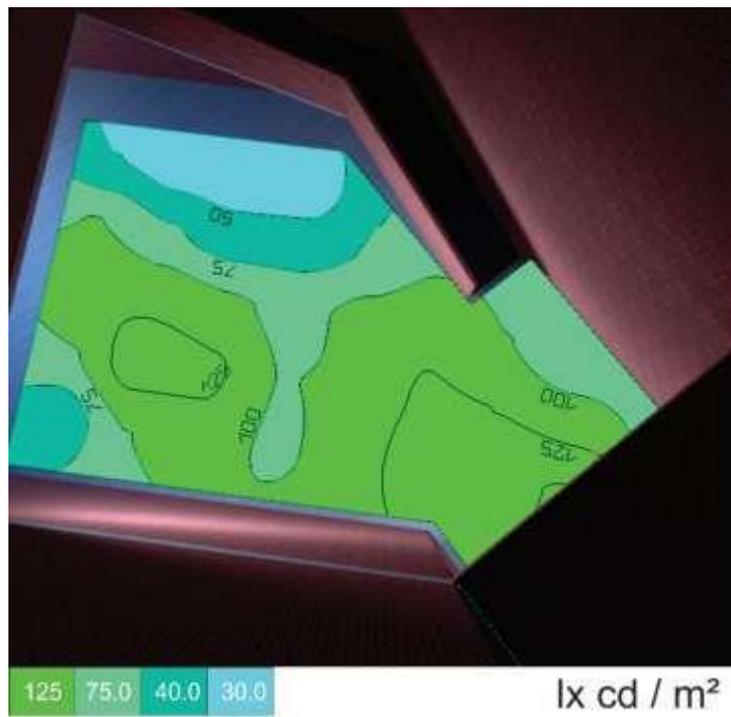
No ambiente S3 denominado como escada de luminárias chanfradas, foi proposta a troca das lâmpadas fluorescentes tubulares com a potência de 32 W por lâmpadas tubulares LED com potência de 18 W, para as luminárias pendente com lâmpada atual mista de 250 W para lâmpada de bulbo LED de 100 W, para a luminária de refletor com lâmpada mista de 250 W foi proposto lâmpada de refletor LED de 100 e 75 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 103 lux a iluminância proposta pela simulação ficou em 119 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,33 Emin/Emed, passou para 0,60 Emin/Emed. (vide tabelas 08, 09) e figuras 144, 152, 153 e 154.

Figura 152: Ambiente Escada S3.



Fonte: Autor (2022).

Figura 153: Simulação *Dialux* ambiente auditório S3 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 154: Simulação *Dialux* ambiente auditório S3 proposto.



Fonte: Autor (2022).

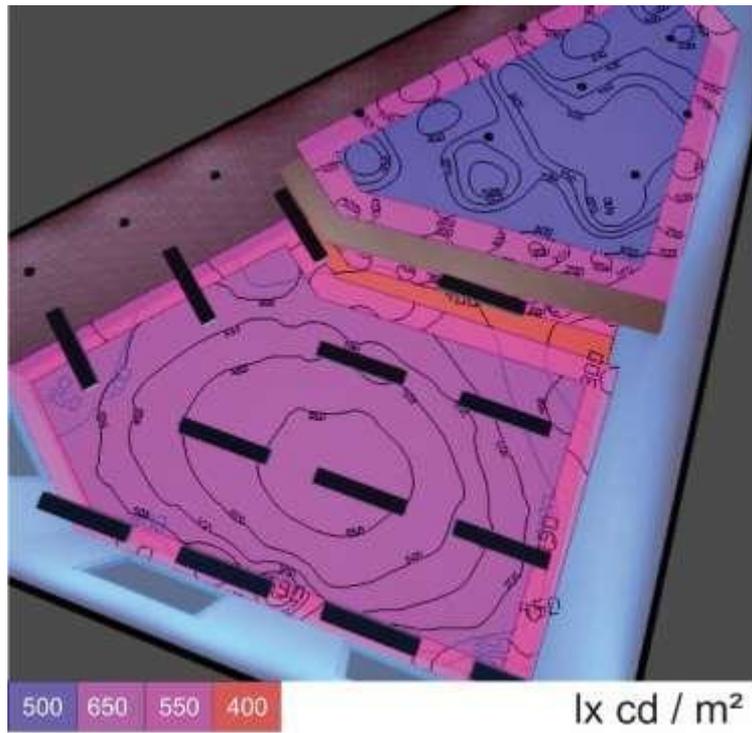
No ambiente S4, denominado como mezanino da área de computador, com luminária fluorescente compacta de 25 W, e fluorescente tubular de 32 W, sendo proposta a troca por lâmpadas *Downlight* LED 12 W, e para lâmpada tubular LED de 18 W, também no mesmo ambiente S4 foi denominado a área de mezanino de estantes e mezanino de estantes superior, spot com lâmpada fluorescente compacta de 25 W, sendo proposta a troca por lâmpadas *Downlight* LED 12 W. A iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), para o mezanino da área de computador foi de 500 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 562 lux a iluminância proposta pela simulação ficou em 562 lux. Desta forma o índice de uniformidade que no estado atual era de 0,63 Emin/Emed, passou para 0,62 Emin/Emed. Para o mezanino de estantes a iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), foi de 300 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 357 lux, a iluminância proposta pela simulação ficou em 375 lux. O índice de uniformidade, que no estado atual era de 0,67 Emin/Emed, passou para 0,57 Emin/Emed. Já no mezanino superior, a iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), foi de 300 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 436 lux, e a iluminância proposta pela simulação ficou em 448 lux. O índice de uniformidade, que no estado atual era de 0,58 Emin/Emed, passou para 0,41 Emin/Emed. (vide tabelas 08, 09) e figuras 144, 155, 156 e 157.

Figura 155: Ambiente Mezanino.



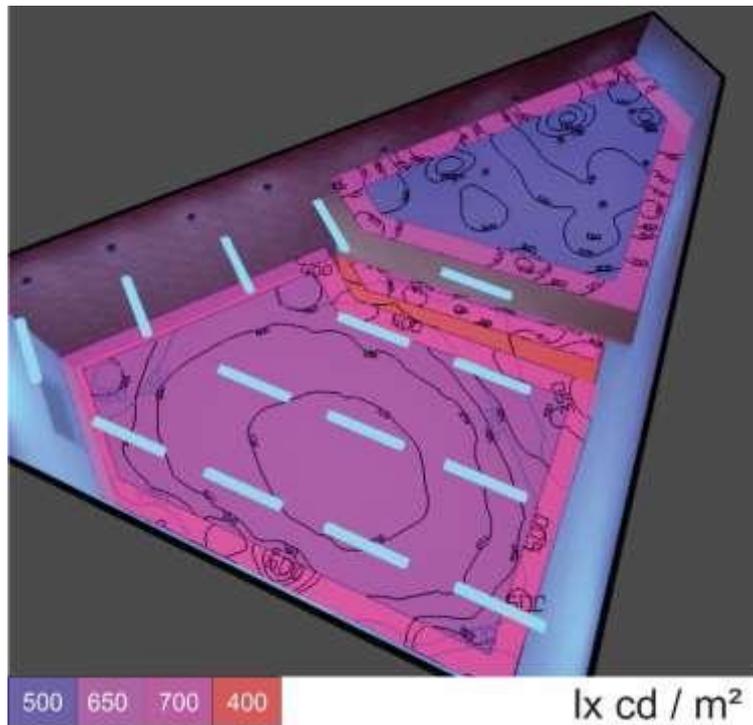
Fonte: Autor (2022).

Figura 156: Simulação *Dialux* ambiente mezanino S4 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 157: Simulação *Dialux* ambiente mezanino S4 proposto.



Fonte: Autor (2022).

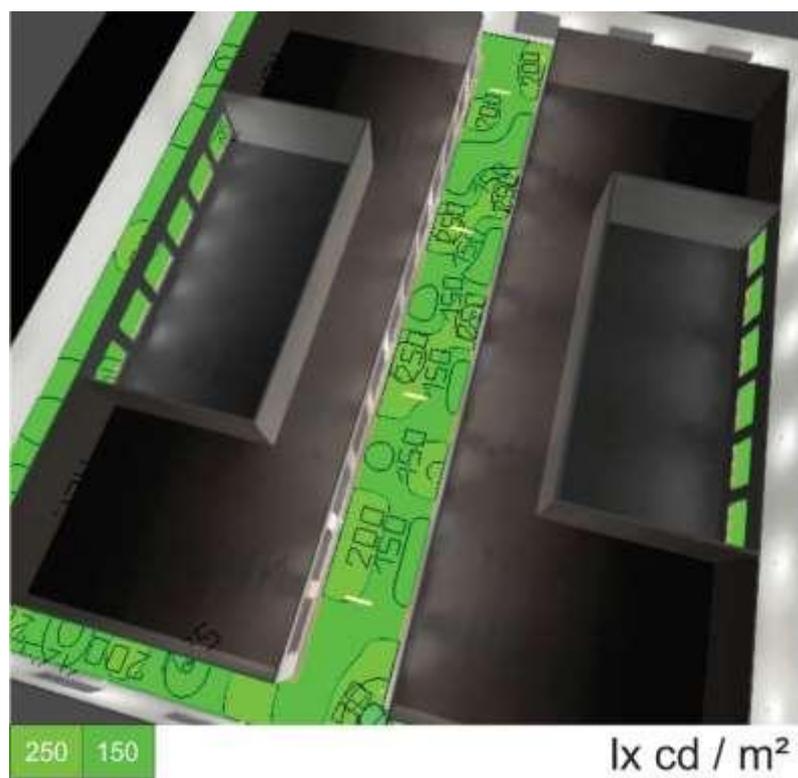
No ambiente S5, denominado como área de feira do segundo pavimento, com luminária Garden mista de 250 W, foi proposta a troca por lâmpadas bulbo LED com potência de 50 W, e para as luminárias chanfradas com lâmpada fluorescente tubular 32 W para lâmpada tubular LED de 18 W. A iluminância estabelecida pela norma, NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), é de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 156 lux a iluminância proposta pela simulação ficou em 159 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,65 Emin/Emed, passou para 0,64 Emin/Emed. (vide tabelas 08, 09) e figuras 145, 158, 159 e 160.

Figura 158: Ambiente área de feira segundo pavimento.



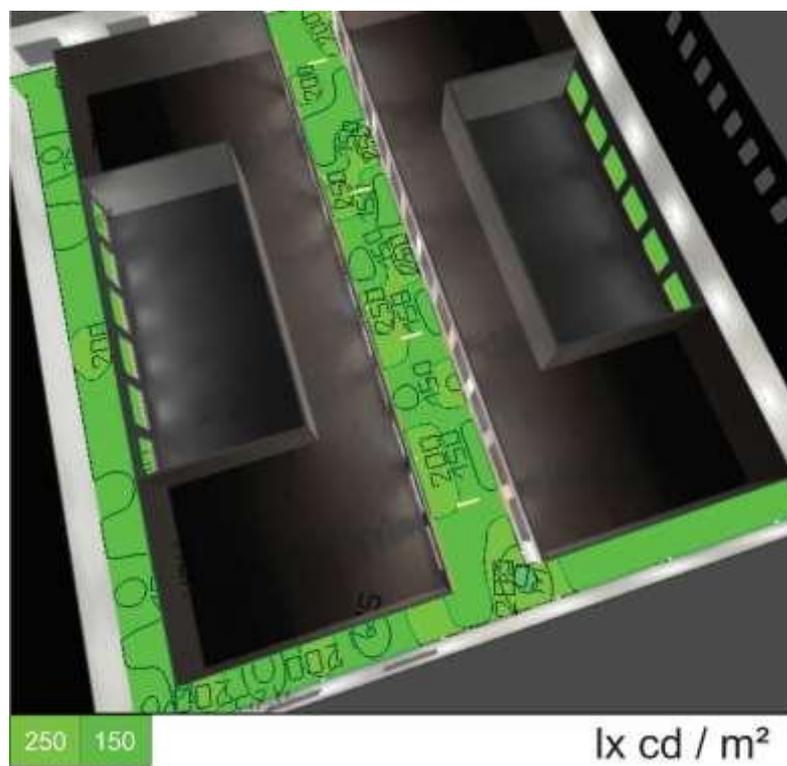
Fonte: Autor (2022).

Figura 159: Simulação *Dialux* ambiente área de feira segundo pavimento S5 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 160: Simulação *Dialux* ambiente área de feira segundo pavimento S5 proposto.



Fonte: Autor (2022).

No ambiente S6, denominado como administração, com luminária chanfradas de lâmpada fluorescente tubular 32 W, sendo proposta a troca para lâmpada tubular LED de 18 W, e a iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), para o administrativo lateral 1 foi de 500 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 505 lux, e a iluminância proposta pela simulação ficou em 575 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,63 Emin/Emed e manteve-se em 0,63 Emin/Emed.

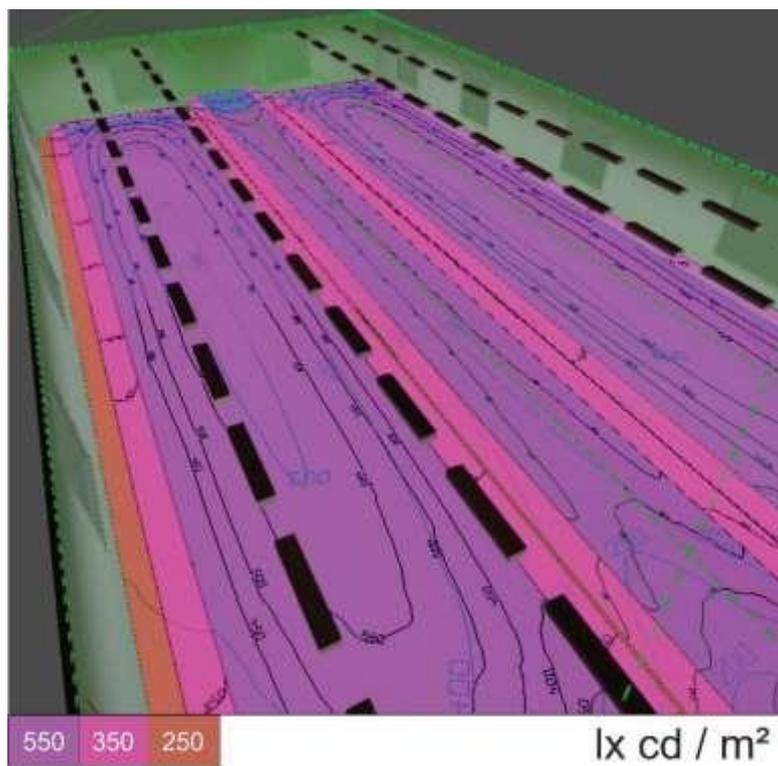
Para o administrativo lateral 2 a iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), foi de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 505 lux, e a iluminância proposta pela simulação ficou em 571 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,63 Emin/Emed e se manteve em 0,63 Emin/Emed. Para o administrativo lateral 2 a iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), foi de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 505 lux, e a iluminância proposta pela simulação ficou em 571 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,63 Emin/Emed e se manteve em 0,63 Emin/Emed. (vide tabelas 08, 09) e figuras 145,161, 162 e 163.

Figura 161: Ambiente Administração.



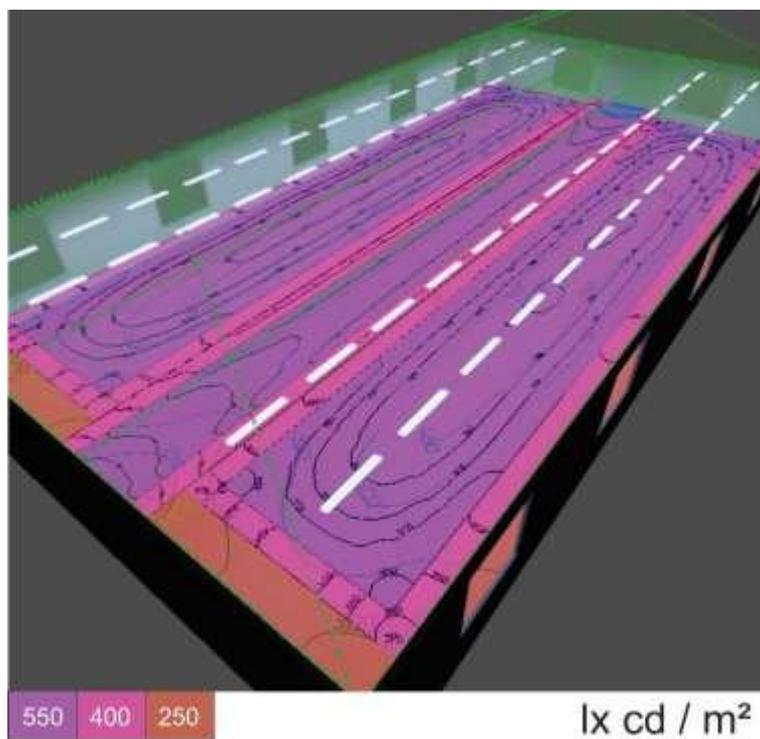
Fonte: Autor (2022).

Figura 162: Simulação *Dialux* ambiente administração S6 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 163: Simulação *Dialux* ambiente administração S6 proposto.



Fonte: Autor (2022).

Para o administrativo anexo de trabalho 1 denominado ambiente S7 a iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), foi de 500 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 522 lux, e a iluminância proposta pela simulação ficou em 515 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,67 Emin/Emed e se manteve em 0,67 Emin/Emed.

Para o administrativo anexo de trabalho 2 a iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), foi de 500 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 544 lux, e a iluminância proposta pela simulação ficou em 540 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,62 Emin/Emed e manteve-se em 0,63 Emin/Emed.

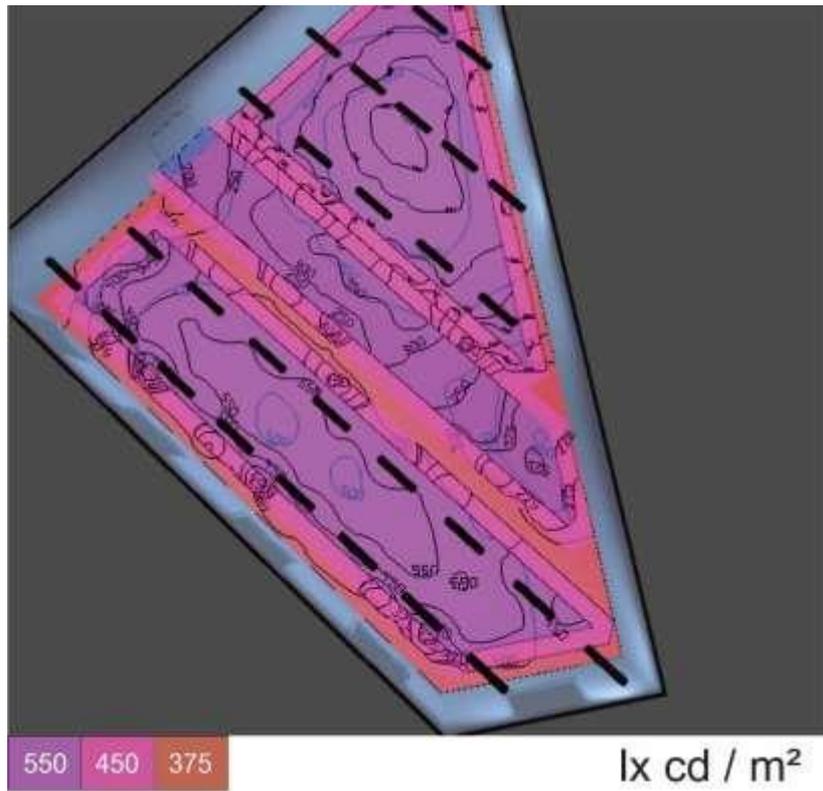
Para o administrativo anexo de circulação a iluminância estabelecida pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), foi de 100 lux, sendo que a iluminância atual foi medida com 277 lux, e a iluminância proposta pela simulação ficou em 293 lux. O índice de uniformidade que no estado atual era de 0,58 Emin/Emed e manteve-se em 0,60 Emin/Emed. (vide tabelas 08, 09) e figuras 145, 164, 165 e 166.

Figura 164: Ambiente Administração.



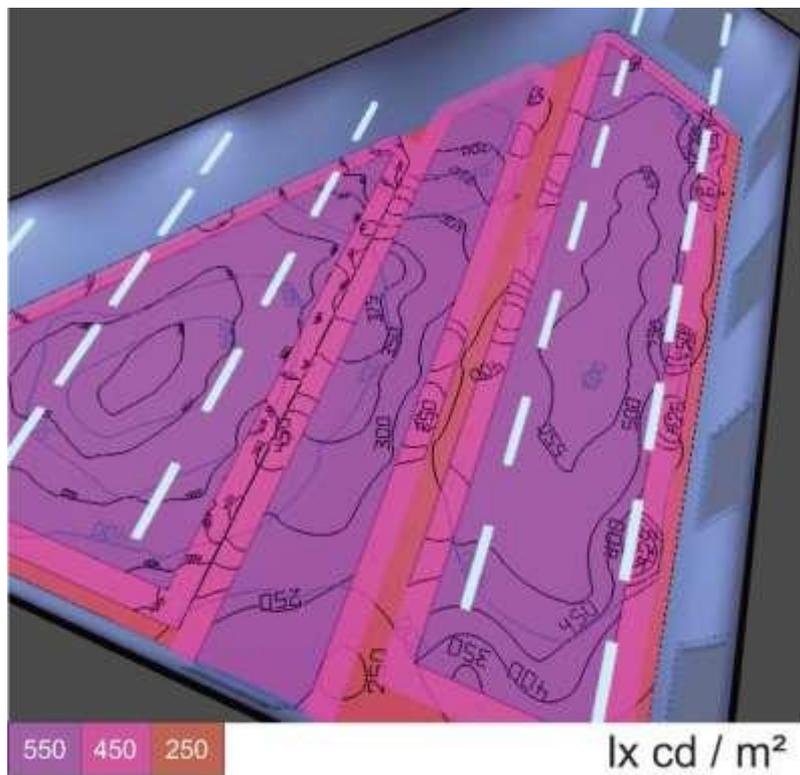
Fonte: Autor (2022).

Figura 165: Simulação *Dialux* ambiente administrativo anexo S7 atual.



Fonte: Autor (2022).

Figura 166: Simulação *Dialux* ambiente administrativo anexo S7 proposto.



Fonte: Autor (2022).

Diante dos resultados das simulações, foi preciso optar por lâmpadas que pudessem diminuir a iluminância para se aproximar das condições estabelecidas pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), e, ao mesmo tempo, proporcionar um índice de uniformidade que estabeleça condições confortáveis para os usuários. Há de se notar que a iluminância atual em alguns ambientes já tinha registrado índices elevados acima das condições estabelecidas pela norma NBR CIE/ISO 8995-1 (ABNT, 2013), muitas das vezes devido a ambientes com lâmpadas inadequadas, com lâmpadas diferentes, ou muitas das vezes por interferência da luz natural nos ambientes internos.

Em outros casos, principalmente em situações em que os índices de iluminância estavam baixos, foi preciso estabelecer o aumento da iluminância no ambiente. Desta forma o presente trabalho contribuiu para uma melhor adequação das lâmpadas equilibrando os ambientes, contribuindo para uma melhor condição de conforto dos usuários e proporcionando um sistema mais econômico e eficiente, vale destacar que cada ambiente possui suas peculiaridades de iluminação para os usuários sendo assim é preciso adotar uma maior flexibilidade nos projetos de iluminação para atender melhor estas demandas. Desta forma em muitos ambientes foi possível notar a redução da potência elétrica (watts) com melhoria da iluminação (lux), representando melhoria da eficiência energética.

No CCBM a somatória da potência elétrica no estado atual é de 5.036 W, e no estado proposto foi reduzida para 1719,5 W. No mercado municipal a somatória da potência elétrica no estado atual é de 1324 W, e no estado proposto foi reduzida para 499 W.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A temática do *retrofit* em patrimônio histórico se torna ampla na capacidade de experimentação de processos tecnológicos para ter bons resultados a favor da durabilidade e conservação do patrimônio cultural. Mediante a todo esse contexto, o presente trabalho procurou colaborar para o incentivo ao estudo de novas experimentações que possam contribuir com novas soluções para o comprometimento com a sustentabilidade.

A escolha abordada pela pesquisa está relacionada aos métodos de *retrofit* de iluminação nas edificações tombadas do Centro Cultural Bernardo Mascarenhas e Mercado Municipal na cidade de Juiz de Fora, MG. Mediante a situação desfavorável sobre o estado epidemiológico, a pesquisa não ficou comprometida, foi possível atender a todas as etapas da metodologia e aplicabilidade do estudo. O resultado das simulações via *software* foi favorável ao estudo que se propôs, as lâmpadas propostas nas edificações foi capaz de proporcionar um melhor conforto e uma economia de energia no sistema de iluminação dos ambientes internos. Sendo assim, foi possível estabelecer um novo cenário mais sustentável para os ambientes. Desta forma, entende-se que a pesquisa abre espaço para que estudos futuros possam, inclusive, possibilitar a experimentação de outros procedimentos tecnológicos, inclusive materiais, além de técnicas, simulações e integração de estratégias. Sendo assim, a pesquisa contribui como ponto inicial para o estudo entre novas experimentações de *retrofit* de iluminação em patrimônio histórico.

Através do processo de revisão bibliográfica foi possível estabelecer os principais conceitos sobre a temática de *retrofit* e iluminação, além de apresentar aspectos históricos sobre a história da luz na arquitetura para cada período arquitetônico.

Na segunda etapa, a pesquisa, através das simulações, demonstrou-se como o sistema atual de iluminação nos ambientes é obsoleto, e foi possível levantar dados favoráveis ao melhor desempenho de iluminação interna das edificações.

Deste modo, concluiu-se que a incorporação de novas tecnologias traz vantagens tanto em nível de desempenho e conforto, como em nível da economia. Sendo assim, o estudo alavanca as possibilidades de intervenção no patrimônio histórico sem comprometer a identidade cultural dos objetos arquitetônicos, com

possibilidades que possam ser sustentáveis e que possam trazer resultados satisfatórios para a conservação e eficiência energética das edificações.

Desta forma a pesquisa foi capaz de separar experimentos específicos para cada ambiente no intuito de mostrar as vantagens desse processo de adição e substituição dos equipamentos (lâmpadas), além de identificar a situação atual dos ambientes decorrentes do mau uso do sistema de iluminação. A importância da pesquisa está relacionada à sustentabilidade do patrimônio histórico edificado e com a tecnologia de novas estratégias e equipamentos para emprego de métodos que possam contribuir com novos experimentos, além de fomentar novos estudos e contribuir com aspectos econômicos e garantir a originalidade e durabilidade das edificações, mantendo os aspectos estéticos.

A pesquisa também contribui para as sugestões de trabalhos futuros, um deles é análise de conforto térmico, por exemplo, envoltórias, fachadas e coberturas, materiais. Melhorar sistema de ar condicionado e ventilação natural, por exemplo. alguma intervenção na iluminação externa (entorno, praças), poder trabalhar com a integração de projetos que possa de uma forma complementar as estratégias para um melhor resultado final no processo de intervenção.

REFERÊNCIAS:

AALOK. Disponível em: <https://aalok.com.br/blog/>. Acesso em 29/09/2021.

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

ALAM, R., FONTAINE, D. M., BRANCHINI, B. R., MAYE, M. M. Designing Quantum Rods for Optimized Energy Transfer with Firefly Luciferase Enzymes. **Nano Letters**, Vol. 12 (6), pp. 3251-3256, Jun 2012.

ALMEIDA, F, A, de. **Narrativas preservacionistas na cidade: a trajetória da defesa do patrimônio histórico de Juiz de Fora através de manifestações populares na década de 1980**. Dissertação. Juiz de Fora, UFJF. 2021.

ANGELA ABDALLA. Disponível em: <http://angelaabdalla.blogspot.com/2010/09/tecnicas-de-iluminacao.html>. Acesso em 29/09/2021.

ARCHDAILY. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/925601/iluminacao-para-espacos-de-trabalho-exemplos-de-sistemas-uniformes-localizados-e-mistos>. Acesso em: 29/09/2021.

ARCHDAILY. Disponível em: https://www.archdaily.com/790877/from-productivism-to-scenography-the-relighting-of-norman-fosters-hongkong-and-shanghai-bank/577d0495e58eced6c1000001-from-productivism-to-scenography-the-relighting-of-norman-fosters-hongkong-and-shanghai-bank-photo?next_project=no. Acesso em: 29/12/2021.

ARQUITETIZZE. Disponível em: <https://arquitetizze.com.br/saiba-quais-sao-as-vantagens-de-utilizar-lampadas-led/>. Acesso em 29/09/2021.

BARBOSA, L.A.G. **Iluminação de museus, galerias e objetos de arte**. Universidade Estácio de Sá, projetos de iluminação. Rio de Janeiro. 2007.

BARBOSA, C.V.T. **Percepção da Iluminação no Espaço da Arquitetura: Preferências Humanas em Ambientes de Trabalho**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós- Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

BASTOS, Felipe C. **Análise da Política de Banimento de Lâmpadas Incandescentes do Mercado Brasileiro**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

BENYA, James R.; LEBAN, Donna J. **Lighting retrofit and relighting: a guide to green lighting solutions**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

BEM IN PARIS. Disponível em: <https://beminparisblog.com/basilica-de-saint-denis-necropole-dos-reis-da-franca/basilica-saint-denis-vitrais-laterais/>. Acesso em: 28/12/2021.

BRAGA, F. S. et al. **Análise comparativa da eficiência energética e qualidade da energia em lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LEDs**. 2014. XII SEPA - Seminário Estudantil de Produção Acadêmica. UNIFACS, 2014.

CADDET - CENTRE FOR THE ANALYSIS AND DISSEMINATION OF DEMONSTRATED ENERGY TECHNOLOGIES - **Saving energy with efficiency lighting in commercial buildings**. CADDET Energy Efficient. Maxi brochure 01. The Netherlands, 1995. 24 p.

CAMILA KLEN. Disponível em: <https://www.cklein.com.br/biblioteca-nacional-da-franca-as-minhas-impressoes-sobre-as-adaptacoes-desse-edificio-historico/>. Acesso em: 28/12/2021.

CASAGRANDE, C.G. Desafios da iluminação pública no Brasil e nova técnica de projetos luminotécnicos fundamentada na fotometria mesópica. Tese de doutorado. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, 2016.

CASAGRANDE, C.G. Iluminação Pública: Panorama, Tecnologias Atuais e Novos Paradigmas. 1ª edição. Editora Viseu. Maringá, PR, 2021.

CASAGRANDE, C.G.; ALMEIDA, P.S.; BRAGA, H. A.C. Tecnologias Modernas para Iluminação de Interiores: Uma Visão Geral Parte 1: Passado e Presente. 2014.

CASAGRANDE, C.G.; ALMEIDA, P.S.; BRAGA, H. A.C. Tecnologias Modernas para Iluminação de Interiores: Uma Visão Geral Parte 3: O que o Futuro nos Reserva. 2014.

CHOU, Y. **A iluminação de supermercados**: um elemento de diferenciação dos produtos. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Curso de pós-graduação em arquitetura. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2006.

CONTO, L. De. Retrofit de iluminação: Tecnologias avançadas tornam edificações mais sustentáveis e proporcionam conforto aos usuários. **LUME arquitetura**, São Paulo, artigo edição 58. p.62-70,2012.

COSTA, L.L.L. **A luz como modeladora do espaço na Arquitetura**. Dissertação (Mestrado em arquitetura). Universidade de Beira Interior. Engenharia. Covilhã, outubro de 2013.

CRUZ, M.R.da. **Iluminação em Museus**: A luz como ferramenta de comunicação para o público idoso. Monografia apresentada ao curso de Museologia da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

DICA DA ARQUITETA. Disponível em:
<http://www.dicadaarquitectura.com.br/2015/02/iluminacao-natural.html>. Acesso em: 2021.

FOLHA DE SÃO PAULO. Capela Sistina Subterrânea. Disponível em:
<https://piaui.folha.uol.com.br/materia/capela-sistina-subterranea/>. Acesso em:
28/12/2021.

GUIA DE ENGENHARIA. Disponível em:
<https://www.guiadaengenharia.com/luminotecnica/>. Acesso em: 29/09/2021.

DIPAC. **Processo de tombamento da Fábrica Bernardo Mascarenhas nº3649/82.**
Juiz de Fora: PJF/DIPAC (1982).

DOCPLAYER. Disponível em: <https://docplayer.com.br/54920548-Iluminacao-natural-na-arquitetura-breve-retrospectiva-historica.html>. Acesso em: 28/12/2021.

DONG, L. **Toward optoelectronic textiles.** SPIE Optics East 2006 Conference Proceedings. Published online SPIE Newsroom, April 2012.

DORIGO, A.L; CARI, A.L. **Estudo da viabilidade de realização de retrofit sustentável em edificação existente.** USJT - arq.urb - número 11 | primeiro semestre de 2014.

DORNERLLES, Laura De Leão, et al. Place and memory indicator: Methodology for the formulation of a qualitative indicator, named place and memory, with the intent of contributing to previous works of intervention and restoration of heritage spaces and buildings, in the aspect of sustainability. **Sustainable Cities and Society** n, 54 Mar 2019.

EDEN, J. G., PARK, S. J., HERRING, C. M; BULSON, J. M. Microplasma light tiles: thin sheet lamps for general illumination **Journal of Physics D: Applied Physics**, Vol. 44, issue 22, 2011.

ELEKTRO. **Manuais Elektro de eficiência energética. Brasil. 2014.** Disponível em:<
<https://docplayer.com.br/5824181-Manuais-elektro-de-eficiencia-energetica-segmento-industrial-uma-publicacao-da-elektro-eletricidade-e-servicos-s-a.html> >. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

ENERGIA E TECNOLOGIA. **Novas tecnologias. Conheça as lâmpadas ESL.**
Disponível em: <http://gini2i.wordpress.com>. Acesso em 22/12/2021, publicado em 01/12/2010.

ESTÊVÃO; MARA. **Arquitetar a luz em Alberto Campo Baeza e João Luís Carrilho da Graça.** Universidade de Évora. 2013.

FLICKR. Disponível em:
<https://www.flickr.com/photos/alo003/49372661826/in/photostream/>. Acesso em:
29/12/2021.

FULL TRAVEL. Disponível em: <https://www.fulltravel.it/guide/cappella-sindone->

torino/53266/. Acesso em: 28/12/2021.

G1. Lâmpadas incandescentes deixam o mercado nacional no dia 1º de julho. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/noticia/2016/06/comeca-valer-na-6-proibicao-de-venda-de-lampadas-incandescentes.html>. Acesso em: 24/12/2021.

GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação:** Estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina. 1997. 246 p. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil). Curso de pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina, 1997.

GHISI, E. ; LAMBERTS, Roberto. Influência das características reflexivas da luminária e da refletância das paredes na potência instalada em sistemas de iluminação. In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 1998, Florianópolis. **Anais do VII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído - ENTAC**, 1998. p. 391-399.

FOTOS HABITISMO. Disponível em:

https://fotos.habitissimo.com.br/foto/iluminacao-geral-do-galpao_1694933. Acesso em: 29/09/2021.

HAVINGA, Lisanne; COLENBRANDER, Bernard; SCHELLEN, Henk. Heritage significance and the identification of attributes to preserve in a sustainable refurbishment. **Journal of Cultural Heritage** Volume 43 Mai–Jun 2020 Pag 282-293.

HISTÓRIA DAS ARTES. Disponível em: <https://www.historiadasartes.com/sala-dos-professores/museu-guggenheim-nova-york/>. Acesso em: 28/12/2021.

INCÊNDIO NO MERCADO MUNICIPAL. Disponível em:

<http://mauricioresgatandoopassado.blogspot.com/2016/02/incendios-0-fotos.html>. Acesso em: 24/01/2022.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Microlâmpadas de plasma superam eficiência dos LEDs.** Disponível em: www.inovacaotecnologica.com.br. Acesso em: 22/12/2021. Artigo de 25/11/2011, 2011.

IPHAN. Brasília: Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta, 2005.

LUMIDEAS. Soluções Eletroluminescentes. Disponível em: www.lumideas.com.br. Acesso em: 22/12/2021.

KHODEIR, Laila M.; ALY, Dalia.; TAREK, Shaimaa. **Integrating HBIM (Heritage Building Information Modeling) Tools in the Application of Sustainable Retrofitting of Heritage Buildings in Egypt** Procedia Environmental Sciences Volume 34 2016 Pag 258-270.

KRASNHAK, L.B. **Proposta de retrofit no sistema de iluminação e estudo de geração fotovoltaica em um dos blocos da UTFPR.** Monografia (Especialização no

Curso de Pós-Graduação em Construções Sustentáveis), Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Curitiba, 2016.

KREBS, Paola. **Retrofit de edificações preservadas e tombadas**. Coordenadoria de iniciação científica e integração acadêmica da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba 2017.

KRUGER, E.; MIRANDA, P. L. K.; CERVELIN, S. Otimização do consumo de eletricidade em uma instituição de ensino superior. **Revista Eletricidade Moderna**, São Paulo, n. 335, p. 196-214, fev. 2002.

MEDEIROS, L.D.; FARIA, I.N.; SAIDON, M. Arquitetura e Lighting Design: a luz como elemento influenciador na saúde e nas sensações. **Revista Belas artes**, n.23, Jan-Abr, 2017. São Paulo, 2017.

MENDONÇA, Ana Cristina. **Retrofit: arquitetura sustentável?** Pontifícia Universidade católica de Minas Gerais-curso Arquitetura e Urbanismo. Belo Horizonte, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Guia prático de eficiência energética: reunindo a experiência prática do projeto de etiquetagem:** Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura. Brasília: MMA, 2014. 93 p.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional 2013 – Ano Base 2012. Relatório Final.** Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Esplanada nos Ministérios – Bloco U – Brasília - DF, 2013.

MORATORI, D. A.; Centro Cultural Bernardo Mascarenhas: Reabilitação, desenvolvimento sustentável e educação patrimonial. In: VIII MESTRES E CONSELHEIROS: Agentes Multiplicadores do Patrimônio - Os Desafios do Patrimônio Imaterial, 2016, Belo Horizonte, MG. **Anais do 8º Fórum Mestres e Conselheiros: Agentes Multiplicadores do Patrimônio.** Os Desafios do Patrimônio Imaterial. Belo Horizonte, 2016. p. 1-16.

MORATORI, D. A.; BARBOSA, M. T. G. Análise da reabilitação do Centro Cultural Bernardo Mascarenhas baseado nos critérios do Desenvolvimento Sustentável. In: 2º Congresso Brasileiro de Patologia das Construções, 2016, Belém, PA. **Anais do 2º Congresso Brasileiro de Patologia das Construções.** São Leopoldo: Casa leiria, 2016. p. 149-157.

MORATORI, D. A.; PAIVA, C. R. Paisagem Cultural e Patrimônio Industrial: Processo de salvaguarda de núcleo histórico arquitetônico do século XIX em Juiz de Fora/MG. In: 4º Colóquio Ibero-americano Paisagem cultural, patrimônio e projeto: Desafios e perspectivas, 2016, Belo Horizonte. **Anais do 4º Colóquio Ibero-americano Paisagem cultural, patrimônio e projeto: Desafios e perspectivas,** 2016.

MORATORI, D. A.; PAIVA, C. R.; BARBOSA, M. T. G. **Analysis of rehabilitation**

of the Centro Cultural Bernardo Mascarenhas considering the concept of sustainable development. In: SBE16 Brazil & Portugal - Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment, 2016, Vitória - Espírito Santo. **Anais do SBE16 Brazil & Portugal - Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment**, 2016. v. 1. p. 295-304.

MOREIRA, V. A. **Iluminação Elétrica**. Editora Edgard Blücher, 1ª edição, São Paulo, 1999.

MOREIRA, J. F. C. **Método para Retrofit em Sistemas de Iluminação de Hospitais Públicos**: Estudo de Caso no Hospital Público Regional de Betim. 2010. Dissertação (mestrado em engenharia civil), Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Brasil.

NASCIMENTO, F.de.V. **Gestão da eficiência da iluminação artificial integrada à iluminação natural em ambientes internos**: Estudo do retrofit luminiotécnico. Monografia (Especialista em Gestão de Projetos na Construção). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.

NETO, E. P. **Cor e iluminação nos ambientes de trabalho**. Livraria Ciência e Tecnologia Editora Ltda. São Paulo, 131 p. (1980).

PARK, S. J., READLE, J. D., PRICE, A. J., YOON, J. K. and EDEN, J. G. Lighting from thin (<1 mm) sheets of microcavity plasma arrays fabricated in Al/Al₂O₃/ glass structures: planar, mercury-free lamps with radiating areas beyond 200 cm². **Journal of Physics D: Applied Physics**, Vol. 40, pp. 3907–3913, Julho 2007.

PASSEI DIRETO. Disponível em:

<https://www.passeidireto.com/arquivo/93115997/arquitetura-comforto-ambiental>.

Acesso em: 31/12/2021.

PEREIRA, F. O. R. **Iluminação natural no ambiente construído**. Curso ministrado durante o III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Gramado, Rio Grande do Sul, 76 p. (1995).

PEREIRA, C.M. **Centro Cultural Bernardo Mascarenhas**: de Ícone Industrial à Espaço de Cultura. **Vox Musei**: Livro de Resumos, p. 159-173. 2013.

PINTO, S.R. **Análise das condições de iluminação das bibliotecas públicas municipais na cidade de São Paulo**: diretrizes para um melhor aproveitamento da luz natural e redução do uso da iluminação artificial. Dissertação de Mestrado Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São, Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura. São Paulo, 2008.

PLANOS DE AULA. Disponível em:

<https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/6ano/historia/sequencia/formacao-da-grecia-antiga/806>. Acesso em: 28/12/2021.

PHILIPS. **Guia Prático Philips**. 2012.

POOLE, A. D.; GELLER, H. **O Novo mercado de serviços de eficiência energética no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), 1997. 50 p.

PROCEL. Rio de Janeiro, RJ, 2008b. **Manual de iluminação eficiente**. Rio de Janeiro: 2002. 1. ed. 39 p. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/elb/procel/main.asp?TeamID={60F8B9E9-77F5-4C5B-9E94-B1CC0CEF1EAB}>>. Acesso em: 09 Set. 2021.

PUXE UMA CADEIRA. Disponível em: <https://www.puxeumacadeira.com.br/quartier-pantheon-beleza-classica/>. Acesso em: 28/12/2021.

QUINTINO, J.V; BONÍCIO, M. **Iluminação direta, indireta e difusa: saiba tudo!** Telhanorteblog, São Paulo, 26 de fev de 2020.

REGINO, A.A. **Conservação de energia elétrica através da readequação do sistema de iluminação**. 2002. 189 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2002.

RODRIGUES, P. **Manual de Iluminação Eficiente. 1ª ed. 2002**. Disponível em: http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/Manual_Iluminacao.pdf. Acesso em: 01 de setembro de 2021.

ROSITO, L. H., SIQUEIRA, M. C., DAVID, R. M. e BLASO, S. L. M. Iluminação Pública no Brasil – histórico conceituação e regulamentação. In: **Iluminação Eficiente – Iniciativas da Eletrobrás Procel e Parceiros**. Vasconcellos, L. E. M e Limberger, M. A. C. (Organizadores). Eletrobrás Procel, Rio de Janeiro, 2013.

SILVA, L.D.da. **Análise de eficiência energética de lâmpadas incandescentes, fluorescentes e leds considerando as normas NBR 5410 ISO 8995-1**. Monografia (Engenharia elétrica) Coordenação de Engenharia Elétrica – COELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco. 2016.

SOBREIRA, S.G.A. **Eficiência energética aplicada a iluminação**. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação), Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP - Escola de Minas - Colegiado do curso de Engenharia de Controle e Automação – CECAU. Ouro Preto, 2017.

SOUZA, A.P.A.de. **Uso de energia em edifícios: Estudo de casos em escolas municipais ou estaduais de Itabira, Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia), Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2005.

ST. PETERS BASÍLICA TICKETS. Disponível em: <https://www.st-peters-basilica-tickets.com/pt/getting-there/>. Acesso em: 28/12/2021.

TELHA NORTE. Disponível em: <https://blog.telhanorte.com.br/tag/luz-indireta/>. Acesso em 29/09/2021.

TRIBUNA DE MINAS. Disponível em:

<https://tribunademinas.com.br/noticias/cidade/15-12-2020/prefeitura-premia-vencedores-do-concurso-fabrica-mascarenhas.html>. Acesso 29/09/2021.

VIAGEM E TURISMO. Disponível em:

<https://viagemeturismo.abril.com.br/atracao/galleria-vittorio-emanuele-ii/>. Acesso em: 30/12/2021.

VIVADecora. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/iluminacao/tipos-de-iluminacao/>. Acesso em: 29/09/2021.

WILLING, P. Aplicações de sistemas de iluminação. **Revista o setor elétrico, capítulo IV, Edição 75 – Abril de 2012. São Paulo.**